

Université Paris 8

Master Arts

Mention : *Arts Plastiques et Art Contemporain*

Spécialité : *Arts et Technologies de l'Image Virtuelle*

**LES TECHNIQUES DE RIGGING  
OPTIMISÉES AU SERVICE D'UNE  
SIMULATION MUSCULO-SQUELETIQUE**

**SIMOHAMED OUARCH**

Mémoire de Master 2

2013- 2014

## **Remerciements :**

**Je souhaiterais tout d'abord formuler mes hommages à l'ensemble de l'équipe pédagogique du département d'Arts et Technologies de l'Image virtuelle.**

**Et je suis particulièrement reconnaissant des personnes suivantes**

**Chu-Yin Chen, Marie-Hélène Tramus, Cédric Plessiet et Anne-Laure George-Molland.**

**Un mémoire appartient certes à son auteur, mais l'ouvrage manque de sa substance sans le précieux concours des personnes qui vous ont accompagné et soutenu tout au long de l'année...**

**Je ne vous ai pas non plus oublié chers camarades de classe et professeurs des années précédentes.**

**Bref : un grand merci à vous tous !**

# SOMMAIRE

## I - Historique et état de l'art :

### 1 – Historique artistique:

- A – Les représentations anatomico-artistique à travers l’histoire:.....6
- B – Forme particulière de la représentation anatomique : L’écorché.....8

### 2 – Evolution artistico-anatomique de la représentation du corps à travers les forces qui s’y exercent :

- A – Représentation des forces mécaniques à l’œuvre dans un corps.....9
- B – La biomécanique comme nouvelle étape de représentation plus affinée du corps.....11

### 3 – Historiques des techniques contemporaines:

- A – Les outils modernes de simulation du corps en mouvement:.....13
- B – Représentation virtuelle d’une simulation musculaire et osseuse.....14

### 4 – Étude de cas d’un quadrupède (le cheval) :

- A – Trouver son modèle de référence: avoir la bonne inspiration.....15
- B – Les intérêts du modèle de référence choisi.....16

## II – Etat de l’art technique :

### 1 – Quel apport le Rigging et le script peuvent avoir dans l’optimisation du Pipeline de production générant ces simulations musculo-squelettique?

- A – Intervention du Rigging dans le processus de production.....18
- B – Le *Rig* automatisé.....19

### 2 – Focus sur les techniques de simulation musculo-squelettique optimale :

- A – La structure de *Joint* et de contrôleur.....21
- B – La simulation musculaire Maya.....21
- C – L’optimisation du workflow *Rigging* par le code.....24

## III – Expérimentations :

<b>1 – Recherches et Expérimentations: les techniques de Rigging et de Script.</b>	
A – Résumé du carnet de bord.....	25
B – Problématiques Rencontrées.....	27
<b>2 – Exploitation des expérimentations: Focus sur la structure Osseuse.</b>	
A – Structure des Jambes Avants et Arrières.....	29
B – Structure de La Colonne vertébrale.....	30
C – La Structure Joint de du cou et du Head.....	31
<b>3 – Exploitation des expérimentations: Simulations musculaires.....</b>	<b>32</b>
<b>4 – Projet intensif 3 Semaines : Mise en pratique des résultats.....</b>	<b>36</b>
<b>5 – Exploitation des expérimentations: Optimisation du Worflow Rigging.</b>	
A – Auto Switch IK FK Script.....	43
B – CFX Auto Overlapping.....	44
C – Elaboration de l'AutoRig: synthèses des expérimentations précédentes.....	46

<b>Conclusion.....</b>	<b>48</b>
------------------------	-----------

<b>Glossaire.....</b>	<b>50</b>
-----------------------	-----------

<b>Références Bibliographiques.....</b>	<b>52</b>
-----------------------------------------	-----------

**NB** : Tous les termes techniques employés lors de mon mémoire seront signalés en italique. Le lecteur est alors prié de se référer au glossaire présent en annexe du mémoire pour la définition du vocabulaire technique.

## Introduction :

Avant l'aboutissement d'une œuvre artistique virtuelle qui sera diffusée dans le monde pour une audience de plusieurs millions de spectateurs, toute une équipe d'artistes-graphistes et de développeurs s'activent pour réaliser une production originale et novatrice à la fois.

Cette équipe de graphistes en question, planche sur une véritable chaîne de production, codifiant de A à Z la naissance de l'image virtuelle jusqu'à sa diffusion au public.

Dans cette chaîne de production que l'on nomme parfois en termes anglo-saxon : le *Workflow*, mes recherches se sont focalisées sur une partie très technique de cette chaîne de production, mais pourtant indispensable, je veux parler du *Rigging*.

Cette étape à laquelle je m'attèle, décrit la création d'un système qui permettra à l'animateur de donner vie au personnage.

Le *Rigging* est tellement important qu'il en est devenu un véritable métier à part entière. Les enjeux de ce système, consistent dans l'art de produire le meilleur travail prémâché aux graphistes de l'étape suivante.

C'est précisément cette volonté de simplifier le travail à l'extrême et cette recherche de simulation de plus en plus identique à la réalité ou juste spectaculaire, qui a amené le code à démultiplier les possibilités du *Rigging*.

Mon mémoire va décortiquer et révéler l'ensemble de ces meilleurs techniques au service des simulations osseuses et dynamiques musculaires de créatures diverses. Ce souci de coller au plus près de la justesse du mouvement est presque vieux comme le monde, puisque des artistes et anatomistes, et non des moindres, ont permis de saisir de mieux en mieux les forces mécaniques naturelles qui régissent l'ensemble des corps organiques. Le premier volet traitera donc à la fois de l'évolution des techniques de simulation anatomique sur un plan historique, mais également quelques artistes ou anatomistes majeurs ayant contribué en partie à rendre ce qu'est le *Rigging* aujourd'hui.

### **Sur quels champs d'expérimentations devra se porter la création d'un système *Rigging* opérationnel et efficient ?**

Ceci demandera l'élaboration d'un protocole rigoureux, exigeant de respecter scrupuleusement chaque étape de création, et de rechercher les meilleures techniques et outils disponibles.

### **Pourquoi une optimisation du *Rigging* est nécessaire voire impérative dans une production artistique ?**

A condition de bien saisir l'esprit d'une chaîne de production artistique, le *Rigger* gardera constamment en tête, que son travail même hyper technique (car il réalise le squelette et

la déformation musculaire des personnages, et non l'animation elle-même qui incombe à l'animateur) doit répondre d'objectifs primordiaux de : rapidité, facilité de mise en œuvre pour l'animateur dans l'étape suivante du *Workflow* et innovation. Plus qu'un état d'esprit c'est quasiment une philosophie de travail que le *Rigger* appliquera consciencieusement d'après un cahier des charges. Ce procédé de travail théorique sera passé en revue lors du second chapitre général de mon mémoire.

**Comment dans un Workflow, le système de *Rigging* peut-il être efficace, organisé et opérationnel?**

La réponse à cette question majeure ne peut à mon sens, être sérieusement détaillée, qu'à travers l'illustration d'expérimentations concrètes appuyant l'idée qu'un système *Rigging* efficace, ne peut être trouvé qu'après moult tests et développements. C'est la dernière partie de mon mémoire qui traitera de ce sujet crucial.

Sachant que dans les studios de production influents, les nouveaux outils responsables de l'amélioration du déroulement de la création artistique sont bien souvent considérés comme de véritables valeurs ajoutées à l'enseigne dans un contexte de concurrence féroce.

*NB : Tous les termes techniques employés lors de mon mémoire seront signalés en italique. Le lecteur est alors prié de se référer au glossaire présent en annexe du mémoire pour la définition du vocabulaire technique.*

# I - Historique et état de l'art :

## 1 - Historique artistique :

### A - Les représentations anatomico-artistique à travers l'histoire:

*Nous pouvons remonter dès l'antiquité notamment par la civilisation grecque et romaine à des représentations humaines et animales cherchant l'harmonie et la perfection. Mais c'est véritablement à partir du moyen âge tardif, voire à la renaissance, que des artistes vont s'inspirer avec énergie du développement de la recherche anatomique de plus en plus autorisée après des siècles de censure, Parmi ces pionniers de la mécanique du corps, il est impossible de ne pas citer le plus illustre d'entre eux : Léonard De Vinci.*

Depuis le jour où l'homme préhistorique dessina les premiers animaux sur les parois de sa grotte, l'humanité s'est intéressée à l'art du dessin animal. Depuis lors jusqu'à maintenant l'Homme puise son inspiration dans la nature. Paradoxalement, malgré sa connaissance de l'anatomie animale, dont chaque civilisation a pu bénéficier à travers chaque période, l'être humain a toutefois mis du temps à bien cerner le mécanisme du mouvement animal. Prenons l'exemple d'un des plus anciens animaux domestiqués par l'Homme : le cheval. Les anciennes représentations de cet équidé le représentaient ainsi : les pattes avant levées trop haut, avec les genoux trop avancés. Les pattes arrière font penser à des membres qui viennent juste de quitter le sol. Cette position là ne correspond absolument pas à une course, un galop ou encore un trot. Mais n'anticipons pas trop vite l'évolution de l'anatomie, et revenons aux principaux événements remarquables qui ont caractérisé la progression de cette discipline au cours de l'histoire humaine...



"Saint Georges et le Dragon" Raffaello Sanzio, 1504

### Histoire Anatomique :

Les plus anciens procédés connus dans l'histoire décrivant la structure anatomique du corps remonte à l'Egypte antique, notamment avec la technique d'embaumement. Nous savons qu'un peu plus tard dans la Grèce antique on interdisait l'étude anatomique sur des défunts, les observations étaient alors réalisées sur des animaux



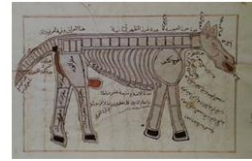
Le savoir anatomique connaît un nouveau progrès, grâce au médecin romain Galien, qui en 130 après Jésus Christ, décrit les fonctions des muscles et des articulations, comme les viscères de la cavité thoracique ou le tronc cérébral. Il est important de s'arrêter sur l'œuvre de Galien car pendant plus d'un millénaire, son travail restera le cadre de référence ultime mais sans révision critique de son procédé scientifique.

Le moyen âge va rester une période trouble pour la progression de la recherche dans le domaine anatomique. Épisodiquement, certains savants seront autorisés, toujours à titre exceptionnel et temporaire, à travailler sur des condamnés à mort et des écorchés. Ces autorisations sont très limitées dans le temps et peu fréquentes en raison de la censure de

l'époque: l'église catholique. Galien reste **donc** la seule source d'étude officielle dans le domaine anatomique.

### La compréhension de l'anatomie du corps dans la civilisation Arabo-musulmane :

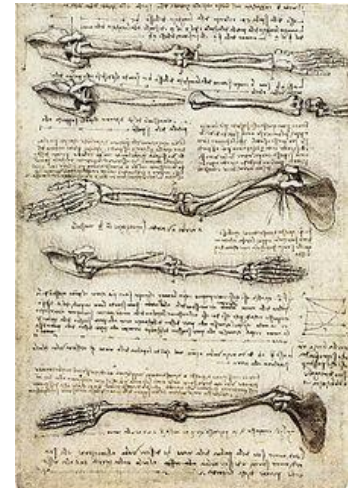
Point de jonction historique entre l'antiquité et la naissance de l'anatomie moderne durant la renaissance en Europe, les médecins du monde musulman ont contribué de leur part à une diffusion du savoir anatomique en Europe grâce à leur maîtrise de la chirurgie, premier préalable à l'initiation de l'anatomie.



Ahmed ibn al-Husayn,  
"Kitab al Baytara"

### La compréhension du corps pendant la Renaissance :

Des traités anatomiques vont ensuite fleurir, on peut penser à celui d'André Vésale "*de corporis hamani fabrica libri septem*" (1543) ainsi que l'illustre Ambroise Paré qui produit le célèbre traité de *l'anatomie universelle* en 1561 et sera reconnu comme un ouvrage majeur par ses pairs. Un autre événement majeur à retenir et qui va aider grandement la diffusion du savoir anatomique dans toute l'Europe, est l'imprimerie qui à partir du XVIème siècle va créer les conditions d'une collaboration de plus en plus étroite entre les artistes et les anatomistes. Résultat : les dessins anatomiques vont gagner en précision. Des artistes célèbres tels que Léonard De Vinci, Michel Ange ou Paul Véronèse vont pleinement profiter de l'essor de ce savoir-faire.



Étude de Léonard de Vinci sur  
les positions du bras, vers 1510

À la fin du XVII<sup>e</sup> siècle, le corps médical change enfin sa perspective sur le corps humain et le considère comme une véritable «machine autonome et organisée». Notamment grâce à des savants comme Sténon qui en 1667, identifie formellement le cœur humain comme un muscle et non plus le siège de l'âme.



Leçon d'anatomie du docteur Tulp, par Rembrandt, 1632.

### La compréhension du corps au XVIII<sup>e</sup> siècle :

Le premier traité d'anatomie moderne dans le sens où le lecteur trouvera un véritable protocole descriptif rigoureux est daté de 1732 avec *l'Exposition anatomique de la structure du corps humain*.

### La compréhension du corps au XIX<sup>e</sup> siècle :

Le XIX<sup>e</sup> siècle dans l'histoire de l'anatomie va être le précurseur de l'anatomie moderne avec la naissance de nouvelles branches comme l'anatomie topographique et l'anatomie chirurgicale applicable.

### La compréhension actuelle du corps:

Notre maîtrise de la mécanique organique, nous autorise pleinement à s'orienter vers le domaine du directement applicable sur la chirurgie assistée par ordinateur, mais plus encore à travers un immense champ d'application à peine exploité: l'anatomie au service de domaines jusque-là insoupçonné, le cinéma d'animation.



## B –Forme particulière de la représentation anatomique : L'écorché :

Technique de représentations du corps par les écorchés entre anatomie et art :

Lorsque les artistes s'intéresseront de plus en plus activement à l'anatomie, ils devront "fatalement" devoir eux aussi travailler avec des corps morts. Pour s'inspirer efficacement de ces modèles inertes, ils vont devoir utiliser un ensemble de techniques inédites et spectaculaires où les corps morts devront être figés en station debout par le moyen de cordes et de poulies. Les artistes leur font littéralement prendre des "poses" comme on le ferait pour des modèles vivants. Les œuvres artistiques représentant les corps humain ou animal vont bien sûr s'enrichir de l'observation des artistes sur ces corps disséqués. La restitution artistique globale des muscles et structures osseuses va alors s'en trouver affinée. L'utilisation des écorchés va éclairer d'une toute nouvelle perspective la compréhension des savants sur la mécanique humaine. Ces autorisations d'observations directes des corps humains vont ouvrir tellement de nouvelles possibilités que certains artistes deviendront de véritable anatomiste reconnu et certains d'entre eux, à l'inverse, deviendront des artistes confirmés, comme Léonard De Vinci. Les artistes disposent donc des corps morts d'une façon telle qu'ils puissent rappeler les gestes quotidiens des corps animés. D'où la référence dans les livres anatomiques (exemple: *De humani corporis fabrica libri septem* 1543) de ces fameuses cordes qui apparaissent comme un clin d'œil à ces pratiques. Intéressons-nous à un peintre très célèbre, s'étant justement inspiré des corps macabres pour réaliser des œuvres picturales puissantes

André Vésale, *De humani corporis fabrica*,  
Bâle, 1543



El Greco



Saint Jérôme (1610-1614)



Saint Sébastien  
(1577-1578)



Saint Sébastien  
(1600)

Les trois corps masculins ci-dessous montrent une utilisation intéressante et vraiment subtile de l'exploitation de cadavres à travers leur structure musculaire et osseuse calqué sur des modèles vivants. Pour être plus clair, Gréco a littéralement reconstitué des corps morts sur des personnages censés représenter la vie éternelle. Et on arrive finalement à cette situation paradoxale où les arts visuelles vont produire des œuvres marquantes et vivantes à partir de corps morts ou inertes !

## 2 – Evolution artistico-anatomique de la représentation du corps à travers les forces qui s’y exercent :

### A - Représentation des forces mécaniques à l’œuvre dans un corps:

L’anatomie a pris un essor véritable à partir du 15<sup>ème</sup> siècle, et c’est à cette période charnière que je vais me situer pour développer mon propos. En réalité, le rapport se noue très tôt entre artiste et anatomiste, et ce au début du 15<sup>ème</sup> siècle.

Cette image de tableau n’est pas une image d’anatomie mais concerne une série de production artistique qui déjà au 15<sup>ème</sup> siècle s’inspire et tire une partie des travaux qui ont déjà été conduit en anatomie. Même si dans cette image on peut examiner dans le détail les structures anatomiques et constater qu’ils ne sont pas d’une grande précision avancée. Notamment Antonio Pollaiolo qui représente des combattants avec une dynamique musculaire plutôt fantaisiste.



"Combattimento degli Ignudi", Antonio Pollaiolo 1470

#### Technique de restitution du mouvement :

Un dessin de Léonard qui a été perdu, et repris par Rubens (voir dessin à droite). On voit bien que la préoccupation de ces artistes, était de restituer à travers la perspective des galbes musculaires, des intensités de mouvement qui rentrent et qui sortent.



#### Restitution de la dynamique et des appuis :

Il y a, à travers la position même du corps, le sentiment que le geste qui restitue une force, qui était jusque-là, pensé et voulu, traduit les sentiments les plus intimes du personnage dessiné. Il y a une telle force de restitution de la dynamique

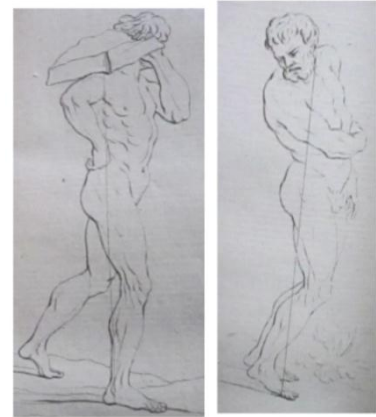
physique que cela se ressent sur une perspective purement émotionnelle et artistique. Seuls, les artistes de génie sont capables de concilier à un tel degré, la froideur anatomique avec une chaleur esthétique indéniable.

#### Les lignes de forces en questions :

L’artiste porte beaucoup d’intérêts aux ligne de forces. Les peintres par exemples, vont chercher les lignes d’efficacité sur un corps. Ils ne se contentent plus de dessiner les proportions telles que les inventeurs comme Léonard De Vinci et Albrecht Durer l’ont déjà montré. Ils se posent en fait la question des forces présentes au sein du geste lui-même et donc des lignes dynamiques qui traversent en quelques sorte le geste. Ce procédé est tout à fait magnifiquement expliqué dans un texte qui est longtemps resté à l’état de manuscrit et dont Léonard De Vinci était l’auteur. Ce traité de la peinture sera repris plus tard par Poussin. Le traité s’appelle tout simplement :

*Trattato della pittura.*

Le dessin de droite de l'homme à la pierre est réalisé par Léonard De Vinci. Sur celui encore plus à droite, c'est Poussin d'après l'inspiration directe de Léonard De Vinci et reprend la technique de la ligne de force verticale qui permet d'équilibrer la proportion d'un corps en mouvement dynamique



Dans cette peinture de Albrecht Dürer à gauche, nous avons une autre illustration de la conscience d'un peintre sur les lignes de force en général. Ici, il est intéressant de relever la mise en évidence des appuis de la poussée exercée sur la jambe arrière ainsi que l'appui de la jambe avant dans une position relativement avancée. Ce tableau respecte ce que l'on pourrait nommer, la logique physique. Seul un artiste maîtrisant ces fameuses lignes de force peut arriver à un tel résultat pictural,

Albrecht Dürer, *Hercule et les oiseaux*

Poussin est très conscient que si l'on veut montrer une position dynamique, il faut décentrer (ce qui ne s'appelle pas encore le centre de gravité) par rapport aux appuis, afin de montrer quelque chose qui renvoie à une sorte d'effets de déséquilibres entraînant le mouvement. Vous avez alors, une position, qui par le choix délibéré de l'artiste donne le sentiment du mouvement.



Tableau de poussin : *Bacchanale devant la statue de Pan*, vers 1631-1632, Nicolas Poussin,

Certains peintres, pour donner à leur dessin de personnage, une position dynamique illustrée par des positions déséquilibrées. On voit bien que chez eux, il y a une conscience aigüe de la dynamique et du mouvement. On peut constater une quasi mécanique de la disposition du mouvement. En apparence c'est un galop, alors que d'un point de vue biomécanique c'est une fantaisie pure !

(*St. George and the Dragon* 1502)



## B – La biomécanique comme nouvelle étape de représentation plus affinée du corps :

Ce qu'on entend par les forces qui agissent dans le déplacement d'un être organique, recouvre des termes tels que, le centre de gravité, la force de poussée, les lignes directrices, les volumes de corps, etc. Il s'agit donc de comprendre quelles sont les énergies invisibles à l'œil nu, mais pourtant indispensables à définir, pour réaliser des représentations de dynamiques musculaire.

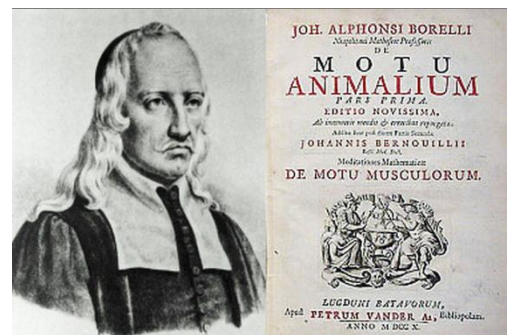
Nous avons dans les dessins de droite un regard de l'artiste, sur le corps, dans les articulations, la tension musculaire. Mais aussi, et c'est vraiment la marque d'un génie, nous avons la combinaison d'autres éléments de biomécanique pure c'est-à-dire le poids et les appuis. Je n'ai pas choisi par hasard de vous montrer ces plans de Léonard de Vinci puisque nous avons l'exemple d'un artiste ayant compris que dans une œuvre on peut désormais associer les éléments anatomique les plus poussés de l'époque (muscles et os) avec l'intégration de vecteur plus physique qui règlent chaque organisme vivant (Ligne directrice, Ligne de force, Volume du corps).



Léonard de Vinci Dessin anatomiques(1487-1515)

Pourquoi avec une telle maîtrise des facteurs anatomiques et physique d'un corps la communauté de savant n'a t'elle pas profité du savoir de Léonard De Vinci ? La réponse est simple : les nombreux plans, ébauches et dessins du génie n'ont été redécouvert qu'au 19ème siècle !

Les anatomistes du 17ème siècle ont été les premiers à suggérer le mouvement de contraction des muscles. Giovanni Alfonso Borelli mathématicien et physiologiste italien, a cependant, d'abord suggéré que « les muscles n'exercent pas le mouvement vital autrement que par pouvoir » Il a également été le premier à nier l'influence du corps sur les mouvements des muscles. Ses études se sont également étendues au-delà des muscles et de la locomotion. En particulier, il a comparé l'action du cœur à celle d'un piston. Pour que cela fonctionne correctement, il découle l'idée que les artères doivent être élastiques. Pour ces découvertes, Borelli est étiqueté comme le père de la biomécanique moderne. L'American Society of Biomécanique utilise le Prix Borelli comme sa plus haute distinction pour la recherche dans ce domaine.

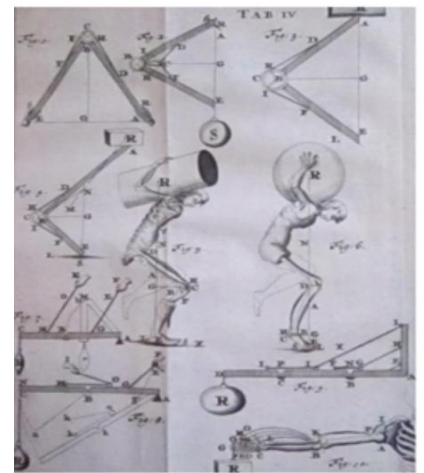
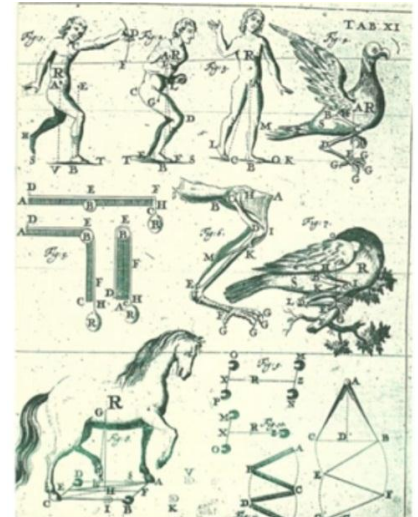


### Restituer le mouvement des muscles par la théorie des leviers :

Pour le peintre, Il faut restituer quelque chose qui est dans le mouvement, qui conserve le dispositif de la proportion, car le mouvement c'est une histoire de leviers, Mais ce n'est pas comme ça que ce le représente les hommes de la Renaissance, dans la mesure où il n'ont pas l'image de la mécanique et l'image des leviers qui n'émergent qu'au 17ème siècle. Ils ont une vision complètement différente, selon laquelle le vrai mouvement est celui qui doit représenter ce qui est aux yeux de la Renaissance le critère du mouvement parfait

A travers ces deux croquis, il apparait clairement que Borelli possédait des sommes de connaissance avancées à propos des forces physiques en œuvre chez un animal ou chez l'être humain. Il nous montre ici avec brio qu'à partir de la représentation d'un levier dynamique, les anatomistes peuvent désormais se figurer plus aisément les lignes de forces qui rentrent en actions lors de chaque position fixe d'un corps. Grâce aux travaux de Borelli la définition de la biomécanique prend toute sa puissance. La biomécanique c'est alors un champ d'application qui va recouvrir des notions telles que les forces, les leviers, les appuis, les polygones de sustentations. Dans cette perspective, sur le croquis de gauche, la représentation de deux hommes supportant un poids sur leurs épaules nous apporte un éclairage sur les forces, même primaires qui animent le corps humain. Grâce à l'utilisation conjointe de la technique du levier et l'utilisation de la ligne de force, sont mis en évidence les éléments suivants :

- 1 - La répartition des forces s'exerçant sur la structure osseuse et musculaire (l'homme de droite concentre une bonne partie de l'énergie du poids sur le genou).
- 2 - Les centres de gravité sont clairement visibles (le centre de gravité de l'homme de gauche est beaucoup plus basculé à l'arrière permettant ainsi une meilleure répartition de la charge sur son corps).
- 3 - Comme le montre Borelli, ce principe des leviers est quasiment applicable à tout être vivant.



*De motu animalium*, Détails du traité d'anatomie de Giovanni Alfonso Borelli.

### 3 – Historiques des techniques contemporaines:

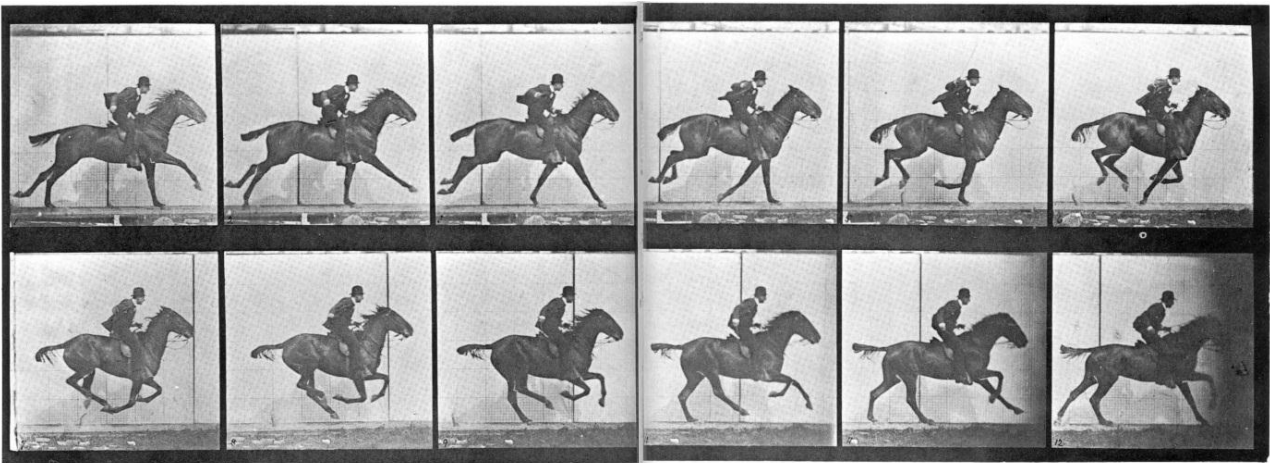
#### A – Les outils modernes de simulation du corps en mouvement:

##### Les techniques de fragmentation de l'image: décortiquer le mouvement.

Illustrer une réalité qu'on n'arrive pas à voir, a toujours été difficile à réaliser

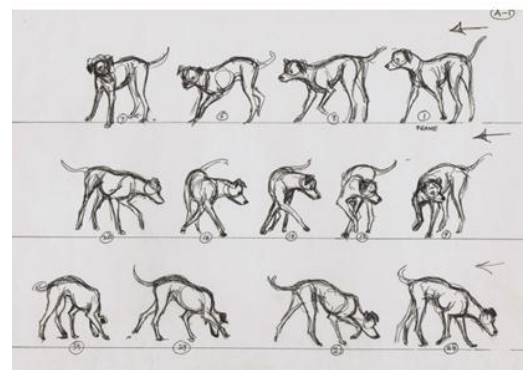
L'impuissance de la représentation du galop par exemple, ou le mouvement et les positions de course, sont totalement incorrectes et difficiles à représenter.

En 1878, Eadweard Muybridge détaille pour la première fois le galop, le trot, le pas, l'amble et le saut du cheval dans une série de photographies qui, repassées les unes à la suite des autres, parvient à séquencer le mouvement et à former une séquence d'animation. Il installe son dispositif de la manière suivante



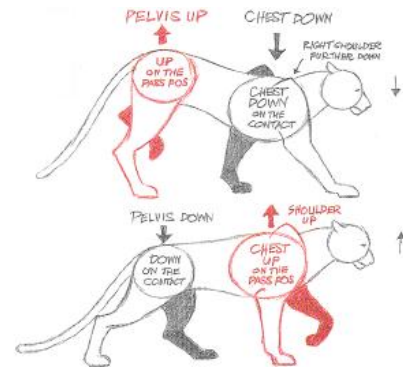
Il utilise douze (puis vingt-quatre) appareils à déclenchement successif placés en ligne à une quinzaine de centimètres les uns des autres. Des sujets, en l'occurrence un athlète sautant à la perche et un cavalier franchissant un obstacle avec sa monture, déclenchent les appareils en passant devant. Le résultat est fascinant et précis. Ces photos offrent une vue totalement inhabituelle sur un geste ordinaire. Ces prises de vue en série vont alors apporter de nouvelles connaissances à la science et à l'art et établir un pont entre les deux domaines en réunissant l'utilité scientifique à l'esthétique. Des artistes comme Rodin, Bouguereau, Whistler, Eakins et Degas vont grandement s'inspirer des travaux de Muybridge dans la création de leurs œuvres, car la représentation de la mécanique du mouvement notamment celle d'un animal, a souvent manqué de précisions à travers l'histoire.

Parmi les artistes qui se sont inspiré des travaux de Muybridges pour représenter fidèlement la mécanique du corps, il y a les grands maitres de l'animation traditionnelle comme Milt Kahl et Ken Harris qui misent tout sur ces photos aux séquences décomposées et qu'ils considèrent plus précis qu'un métrage à vitesse réelle. Tous deux affirment avoir passé, des centaines d'heures à étudier la mécanique d'espèce animal très variée, en s'intéressant à leur structure anatomique, à leur pas, à leur course et à leur poids, tout en se posant la question sur le procédé de représentation.



Milt Kahl, 1001 Dalmatiens, (1961)

Depuis que les artistes et les anatomistes se sont assurés de constater une démarche commune entre la représentation du corps humain et celui de l'animal, nous saisissons beaucoup mieux l'amplitude de marche d'un animal de constitution moyenne tel que le cheval ou le chien. Nous pouvons appliquer le même principe aux autres animaux et ainsi adapter une structure de quadrupède selon la taille, le poids, la silhouette et le rythme d'espacement au sol des empreintes de pieds.



Et dans la quête de la recherche du réalisme maximal dans le mouvement animal, les graphistes devront effectuer, des recherches en aval : il faut des heures et des heures d'observation du modèle en question pour en saisir l'essence de son mouvement. Cela nécessite bien souvent des observations répétées en pleine nature.

## B – Représentation virtuelle d'une simulation musculaire et osseuse :

L'avènement de l'ordinateur dans la création d'image numérique a complètement révolutionné les représentations anatomiques, les défis techniques et les besoins constants de créer plus de réalisme d'immersion, notamment dans l'industrie du divertissement. Le cinéma et le jeu vidéo ont rendu ces représentations de plus en plus proches de la perfection. Les grands studios inventent et développent constamment des outils internes toujours plus avancés, dans le but d'optimiser les rendements d'images virtuelles et de surpasser la concurrence.



Au lieu d'énumérer les nombreux *Framework* révolutionnaires développés durant ces deux dernières décennies par les grands studios, je vais plutôt parler de l'un des simulateurs musculo-squelettique les plus avancés à ce jour : TISSUE.



Il est le dernier simulateur à avoir remporté le prestigieux Oscar scientifique et technique en 2013. Je trouve ce simulateur complet et très intéressant par le degré de réalisme qu'il est capable de produire. Pour résumer, TISSUE est une *Framework* de simulation biologique développée par Weta Digital et basée sur une technologie biomécanique incluant la *MRI* (l'imagerie par Résonance magnétique), qui permet une génération avancée d'anatomie complexe.



Contrairement à d'autres programmes qui se basent uniquement sur le *Skin*, TISSUE lui, permet d'avoir en plus le contrôle sur la chair. Le système TISSUE est composé de plusieurs *Layers* de muscles, de graisses, de peaux et de tendons dont les formes sont définies par le *TD* et fixées à une structure osseuse. Une fois ces *Layers* paramétrés, elles sont combinées ensemble pour produire le cache polygonale final. Ces dernières, donnent lors du mouvement de la structure anatomique, une déformation élastique crédible qui conserve les volumes tout en interagissant avec les lois de la physique classique telle que la gravité.



C'est ce degré de détail qui fait la différence dans l'industrie graphique. Cela a permis à Weta d'obtenir un résultat impressionnant de réalisme lors des rendus de créatures notamment dans des *Blockbusters* tels que : *Avatar*, *Prometheus*, *La Planète des Singes : Les origines* et *Le Hobbit*.



#### 4 - Étude de cas d'un quadrupède (le cheval) :

*Dans cette section du mémoire, je souhaite évoquer mon choix de se porter sur un modèle type en particulier plutôt qu'un autre. En effet les chapitres suivants de mon travail s'attarderont sur les expériences proprement dites, réalisées sur la base de mon modèle de référence. Ici, j'ai choisi d'expliquer pourquoi je veux travailler sur les quadrupèdes et en particulier le cheval.*

*Auparavant j'avais réalisé plusieurs Rigging de différentes créatures mais jamais sur des quadrupèdes, et ce mémoire était l'occasion de l'expérimenter.*

#### A – Trouver son modèle de référence: avoir la bonne inspiration :

Pour la réalisation de ces expérimentations, parmi tous les quadrupèdes, mon choix s'est porté sur le cheval d'après des critères purement personnels. En effet étant adolescent, je me souviens avoir étudié en classe un poème arabe en langue originale, qui donnait, rien qu'à la lecture orale, une saisissante description du mouvement d'un cheval. Ce fut tellement illustratif que j'en ai gardé un souvenir fort.

##### Texte original de la Mu'allaqât d'Imrul-Kais

امروء القيس :  
مكراً مفرّاً مقبلي مديبر معاً  
كجلمودٍ صخرٍ خطه السيل من غل  
كمنيت يزل اللبد عن خال منيه  
كما زلت الصقواء بالمتنزل  
على الدبل جياش كأن الهيرامة  
إذا جاش فيه حميه علي مرجل  
سح إذا ما السابحات على الوى  
نزن العبار بالكديد المزل  
يزل العلام الخف عن صهواته  
ويطوي بأثواب العنيف المتقل  
ندري كخذروف الوليد أم  
تتابع كفيه بخيط مؤصل  
له أطلا طبي وساقا نعامه  
وإرخاء سرخانٍ وثقريب ثقل  
ضليل إذا استأبرته سد فرجه  
بضاب فوق الأرض ليس بأعزل  
أن على المتئين منه إذا انكسى  
مدالك عروس أو صلاحية حنظل

##### Traduction de la Mu'allaqât\* d'Imrul-Kais :

«... A l'aube du jour quand l'oiseau est encore dans son nid je pars sur un coursier au poil ras, au pied leste et léger, à l'élan plus vite que l'élan des bêtes sauvages, coursier robuste et puissant. Coursier parfait à la charge, à la retraite, à la poursuite, à la fuite ; c'est un quartier de roc que d'une hauteur lance le torrent. Alezan brillant, la selle lui glisse incertaine sur son dos poli, comme glisse la pluie sur la face polie de la pierre. Maigre, ardent, il semble lorsque le feu le transporte, qu'il bouillonne comme la chaudière sur un brasier. Il vole encore, il vole léger, alors que les plus rapides coursiers las et brisés après leur course fournie, font jaillir une poussière épaisse du sol ferme et dur qu'ils battent de leurs pieds alourdis....



Il a le flanc sec et fin de la gazelle, la jambe osseuse et haute de l'autruche, le trot dégagé et facile du loup, le galop juste et battant le pied sur la trace de la main comme le jeune renard à la course. De fortes côtes lui charpentent une large poitrine, vue par derrière sa queue luxuriante et touffue remplit l'intervalle des jambes, presque jusqu'à terre, tombant droite et parfaite. Pendant l'élan de la course, son dos durci semble être une de ces pierres polies sur laquelle la fiancée broie ses parfums, ou sur laquelle on brise la coloquinte.... L'œil peut à peine embrasser d'un seul coup toutes les beautés de mon coursier ; à peine le regard a-t-il admiré la tête que l'on se hâte, d'enthousiasme, à lui admirer les jambes ».

## B - Les intérêts du modèle de référence choisi :

Les chevaux sont des animaux domestiques qui font partie intégrante de la vie de l'Homme dans les sociétés humaines. Par conséquent, il est intéressant de représenter un sujet que l'on connaît bien et qui concerne les humains. De plus simuler un quadrupède en général et un cheval en particulier est tout de même un challenge pour l'artiste.

D'un point de vue plus mécanique, le *Rigger* n'est pas en reste. En effet, simuler la structure de quatre jambes n'est pas identique à une simulation portant sur deux jambes. Les difficultés techniques sont dans

ce cas précis croissantes, car il faut en plus coordonner le mouvement des jambes avants avec les jambes arrières pour avoir une séquence de mouvement logique. Cela donne une patte avant droite dirigée en avant du corps en parallèle avec la patte arrière gauche qui est également dirigée en avant du corps. Idem pour la patte avant gauche qui entraîne la patte arrière droite vers le même mouvement.

Ce rythme de marche naturelle du cheval va provoquer une charge de travail supplémentaire d'un point de vue de la mise en place d'un système *Rigging*.

### **La Simulation d'un cheval = Label de qualité implicite du Rigueur.**

Pour les *Riggeurs*, il y a des créatures plus ou moins faciles à structurer d'un point de vue biomécanique et anatomique. Il y a donc professionnellement parlant, une sorte de reconnaissance implicite dans le métier de *Riger* à travailler sur des créatures plus exigeantes que d'autres et c'est précisément le cas du cheval.

A ce propos une remarque très pertinente a été formulée par un génie de l'animation: Richard Williams. Il a constaté que le pas d'un cheval pouvait faire l'objet d'un calque superposant le rythme de marche d'une autruche sur les pattes arrière du cheval et le rythme de marche d'un humain sur les deux pattes avant du cheval. Cette curiosité anatomique, si on peut l'appeler ainsi, fonctionne quasi parfaitement. Il n'y a qu'à regarder l'animation en temps réelle et c'est vraiment bluffant !

C'est grâce à toutes ces trouvailles de passionnés que l'intérêt porté sur le cheval m'est apparu évident



### **Le mariage de l'art équestre avec l'art vidéo ludique.**

Et enfin étant passionné également par l'univers vidéo-ludique, j'ai voulu m'assurer que la simulation virtuelle d'un cheval dans l'expérience d'un jeu vidéo pouvait donner un résultat vraiment saisissant. J'ai trouvé ma réponse dans le jeu : RED DEAD REDEMPTION. Ce chef d'œuvre plonge immédiatement le joueur dans une ambiance de western vraiment épique, restituant à merveille, l'impression de chevauchée intense à travers des étendues sauvages absolument prenantes. Un tel niveau de réalisme dans l'épopée Far West du début du 20ème siècle devait absolument se parer d'une exigence identique concernant la restitution de la majesté du cheval. Les développeurs de ce jeu ont réussi un coup de maître en créant un niveau de simulation des chevaux, tout simplement jamais atteint jusque-là. Le travail de l'équipe de Rockstar est tellement abouti que 3 ans plus tard, ce jeu n'a quasiment pas pris une ride.



## II – Etat de l’art technique :

### 1 - Quel apport le Rigging et le script peuvent avoir dans l'optimisation du Pipeline de production générant ces simulations musculo-squelettique?

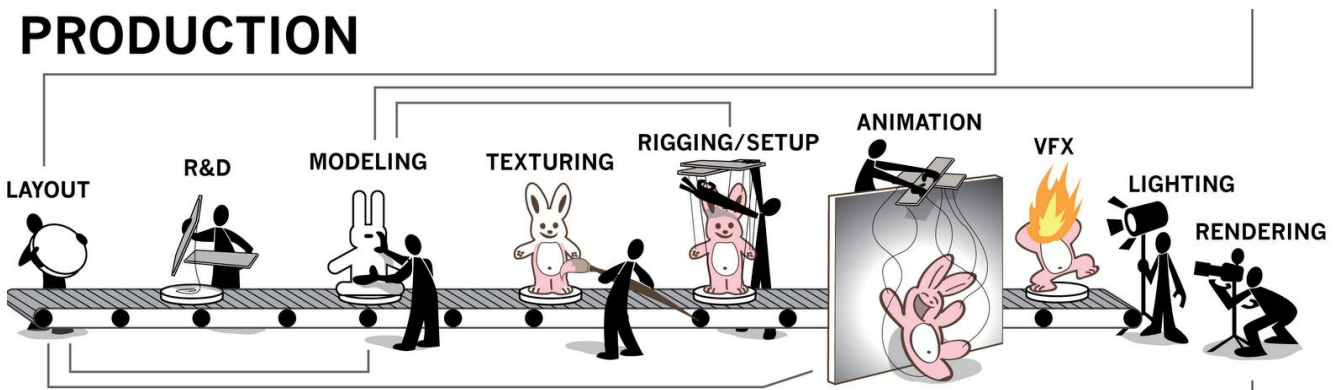
#### A - Intervention du Rigging dans le processus de production :

Malgré que le *Rigging* soit une étape indispensable pour la réalisation d’une production visuelle, ce système de contrôle n’est pas connu du grand public qui a l’impression que le travail de l’animateur seul suffit à réaliser une animation.

Pourtant, son intervention dans la chaîne de production est déterminante dans la qualité de l’animation et la simulation du corps des personnages.

Si je devais définir personnellement le *Rigging* je dirais que c’est une somme de connaissances techniques et une façon de travailler une géométrie inerte, pour la transformer en une créature vivante et articulée.

En effet, cette étape du *Workflow* a pour but de concevoir un système de contrôle autorisant les animateurs à réaliser librement les mouvements qu’ils souhaitent produire. Tout en générant des déformations, pouvant être, soit organiques, soit exagérées et ”cartoon-esque”. Tout dépend des décisions prises lors de la Pré-Production.



Dans l’industrie d’effets visuels, le Rigger peut être nommé par différents noms : *Characters Rigger*, *Setup Artist* ou encore des TD (*Technical Director*).

En France on les appelle plus communément : des *Rigger*.

Ces graphistes qui possèdent cette spécialisation de *Rigging*, se doivent d’avoir un large savoir technique, du soft 3d qu’ils utilisent, ainsi que des connaissances sur les disciplines suivantes :

- L’anatomie artistique.
- Le *Modeling*.
- L’animation.
- Le développement.
- Les FX (*Dynamics*, *Maya HAIR*, *Cloths...*).

Parce que le *Rigging*, est un système niché au cœur de la chaîne de production, la communication et l’interaction avec les autres spécialisations de cette même chaîne sont vitales pour l’aboutissement d’une œuvre virtuelle de qualité...

#### La coordination entre le Rigger et le Modeler :

Une bonne partie des résultats des déformations que le *Rigger* permet à l’animateur de faire, dépend grandement de la qualité de modélisation du *Mesh*. Celui-ci devait, en plus d’avoir une forme adaptée aux animations et aux designs prédéfinis par la production, faciliter le travail du *Rigger* lors du *Skinning*.

Un maillage harmonieux permet de produire des déformations cohérentes lors du mouvement. A cet effet, le modelleur doit consulter le *Rigger* lors de la création du *Mesh*, pour des réajustements éventuels du maillage. Et cela en fonction des zones d'articulations, ou des zones de contractions musculaires entre autres.

L'objectif de ces échanges et améliorations est de permettre au *Rigger* de réaliser pour l'animateur, un système offrant la possibilité de produire des formes agréablement fluides et cohérentes lors du mouvement.

### **La coordination entre le Rigger et l'animateur :**

L'un des aspects les plus importants de la création d'un système de *Rigging* est de déterminer les souhaits des animateurs. C'est-à-dire d'anticiper leurs besoins, notamment les types de contrôleurs qu'ils souhaitent, et enfin de connaître les difficultés qu'ils rencontrent afin d'apporter des solutions.

Les animateurs considèrent qu'un *Rig* est efficace, quand ils ont à leurs dispositions:

#### **des contrôles...**

- Intuitifs à utiliser, offrant le maximum de possibilités de mouvement.
- Repérables et faciles à sélectionner dans le *Viewport*.
- Différenciables les uns les autres.
- Correctement nommés, et entrant dans une nomenclature organisée et précise.
- Faciles d'accès, pas besoins de boutons additionnels pour les utiliser.
- Logiques et compréhensibles, par leur formes et leur positionnements.
- Proches de la zone du *Mesh* qu'ils contrôlent.
- Complètes et optimaux dans les réglages qu'ils offrent.
- Limités à leurs fonctionnalités, et ne gardant que les *Attributs* essentiels.
- Difficile de bouleverser le système de *Rigging*, lors de leurs utilisations.
- Simple à initialiser.

#### **des déformations du corps...**

- Logiques et cohérentes d'un point de vue anatomique, ou bien complément exagérées.
- Faciles à activer et à modifier.
- Générées automatiquement lorsqu'on souhaite les activer.
- Sans le moindre bug.

En plus de la sélection des contrôleurs, il y a aussi les *GUI's* (Graphique User Interface). Ces derniers ajoutent un degré de précision et une facilité de contrôle supplémentaire lors de l'utilisation du *Rigging*, avec une interface plus visuelle et organisée. Et pour plus d'efficacité Les *GUI's* sont conçus pour apporter une complémentarité aux contrôleurs existants.

## **B – Le Rig automatisé :**

Au vu de la concurrence acharnée entre les studios, les besoins d'une production requièrent souvent de travailler avec une solution d'*Auto-Rig*, car c'est une option très souvent envisagée à cause des courts délais dont disposent les studios.

L'intérêt et l'avantage principal de l'utilisation d'un outil *Auto-Rig*, est l'énorme gain de temps qu'il dégage lors de la création du *Rig*.

En effet, il est plus judicieux d'automatiser par le biais d'un langage de programmation, une étape de création fastidieuse et répétitive. Exemple : La mise en place d'une ossature réalisée par un procédé manuel va prendre une semaine. Le même procédé de création assisté de l'*Auto-Rig* prendra beaucoup moins de temps.

L'*Auto-Rig* efficace doit obligatoirement offrir à l'utilisateur, la possibilité de placer aisément les articulations dans le *Modeling* du personnage, en l'aidant avec une interface graphique

organisée et intuitive qui lui fragmente les principales étapes de créations de l'*Auto-Rig*. Ces étapes se répartissent souvent en trois :

- 1 – Le *Template* : étape où l'on place les articulations des joints, son interface et la Prévisualisation du Rig.
- 2 – Le *Build* : Lancement de la génération du Rig, en exploitant toutes les données de positions fourni par le *Template*.
- 3 – Le *Rig* : étape de *Skinning* et de test de la structure générée.

Au cours de ma mission professionnelle durant l'été 2013, au studio Teamto, j'ai eu l'occasion de travailler avec un *Auto-Rig* avancé qui permettait aux graphistes, de créer toutes les structures de *Rig* possibles, pour l'adapter à n'importe quelle créature de leurs productions !

Sur la majorité des personnages confiés par le superviseur général du projet, l'équipe *Rigging* Teamto (dont je faisais partie) procédait en suivant ces étapes:

**La première étape** consistait à installer le *Template* sur le dernier *Mesh* validé par l'équipe *Modeling*, en plaçant d'abord des points d'ancrages de telle sorte à obtenir une articulation adéquate avec la forme du personnage, tout en anticipant le mouvement et l'aspect que prendrait le *Mesh* lors de l'animation. On orientait dans cette étape les différents membres du corps tout en définissant le nombre exact des *Joints* qu'on voulait obtenir.

**La deuxième étape** consistait à générer le *Rig* une fois que la structure des Joints était bien définie. L'objectif étant d'avoir un mouvement organique et une meilleure gestion de l'influence sur le corps après le skin. Il fallait aussi prendre en compte le mouvement et la dynamique qui allait être installée par la suite.

**La troisième étape** était le passage au *Build*, qui consistait à faire le *Skinning* du *Mesh* référencé à notre *Rig*. Les valeurs d'influence devaient être équilibrées et précises pour chaque vertex, l'objectif étant d'avoir un maillage régulier, quel que soit le type d'animation. C'est dans cette optique, qu'on faisait passer tous les tests de mouvements et de formes que pouvaient permettre nos contrôleurs. Au fur et à mesure du *Skin* et des tests effectués, des petits défauts apparaissaient de temps à autres, par exemple des *vertex* aux valeurs *Weight* un peu rebelles, refusant de suivre la rangée et l'harmonie des autres *Vertex*. Une fois repérés, ces *Vertex* étaient automatiquement remis à l'ordre et à l'alignement conforme au maillage.

**La quatrième étape** consistait à rajouter un *Rig* secondaire, notamment pour les queues et les antennes de certains personnages avec éventuellement des techniques de *Maya Dynamics* et une *User interface* pour les animateurs.

**La cinquième étape** consistait à installer un *Template* spécial pour le visage, en respectant la physionomie de notre personnage et comme pour le corps on plaçait les points d'ancrage en anticipant cette fois-ci les expressions et la forme que prendrait le visage une fois le contrôleur utilisé.

## 2 - Focus sur les techniques de simulation musculo-squelettique optimale :

### A - La structure de *Joint* et de contrôleur :

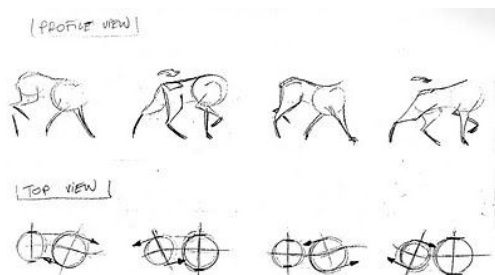
Avant d'entreprendre la réalisation de l'ossature d'une créature, une bonne préparation au préalable est recommandée.

En effet, avant de positionner les *joints* à l'intérieur du *Modeling* personnage, il faudrait définir précisément l'animation qu'on voudrait obtenir et connaître le comportement du personnage. Il faut décortiquer et analyser les intentions de mouvements du corps,

voire même cerner la psychologie du personnage.

A l'aide de support comme les travaux de pré-production, notamment l'*animatique* et le *Character design*, on pourra créer une bonne structure *Rigging*. Une bonne connaissance de l'anatomie est donc nécessaire avant de créer les *joints*.

#### Le diagramme du placement de joint :



Une fois qu'on a dessiné les axes sur le design des personnages et qu'on a bien défini la position des *Joints*, il reste à placer ces derniers, puis les hiérarchiser à l'aide d'une nomenclature.

Character design, (Dessins des axes), Balto (1995)

### B – La simulation musculaire Maya :

Pareil pour l'emplacement squelettique, la connaissance anatomique est un grand plus pour le *Riggeur* et plus particulièrement du comportement et de la forme du muscle.

Nombreux sont les procédés informatiques et techniques capables de simuler la dynamique musculaire d'une manière plus ou moins fidèle.

Les plus avancés sont capables de donner l'illusion aux spectateurs que le muscle est saisissant de réalisme, et qu'il prend en compte les diverses propriétés anatomiques telles que le volume du membre, sa réaction et même sa fixation avec le cadre squelettique.

Les plus simples, ne nous offrent pas autant de possibilités, mais permettent quand même d'avoir des déformations crédibles. L'inconvénient de ces outils amenant des résultats plus réalistes mais plus complexes à manipuler est, qu'il faut au préalable se familiariser avec leur documentation.

Je vais ci-dessous énumérer les techniques et outils *Opensource* qui permettent aux *Riggers* d'avoir de bons résultats de dynamique musculaire :

#### Les Nurbs Deformers :

Cette technique consiste à additionner les influences *Weight* d'un ou plusieurs *Nurbs* aux influences *Weight* des *Joints* contrôlant la zone du *Mesh* que l'on souhaite déformer. Pour régler correctement l'influence de ce *Nurbs Deformer*, on peignait sur le *Mesh* leurs

valeurs "Weigth", comme si l'on faisait du *Skinning*.

Ce qui était pratique, c'est qu'on exploitait l'outil de *Skinning* interne de Maya pour réaliser notre effet. L'autre avantage avec cette technique, c'est qu'on pouvait, évidemment, sculpter les *Nurbs*, de telle sorte à les adapter aux différentes formes musculaires.

Pour rendre cet effet opérationnel, une astuce consistait à créer des *Set driven Key* entre l'orientation du *Joint* et la taille du *Nurbs*. On pouvait ainsi contrôler et activer une contraction musculaire par la simple articulation des *Joints*.

J'ai trouvé que l'inconvénient était de placer plusieurs *Nurbs*, pour obtenir une simulation musculaire complexe, ce qui nécessitait une lourde gestion de tous les *Set drivenKey*.

### **Le Sculpt Deformer :**

C'est une sphère déformante proposée par Maya, qui exerce une pression sur les *Vertex* du *Mesh*. Cet effet offre plusieurs possibilités de réglages, notamment celui de définir un rayon *Falloff* qui permet d'atténuer ou d'augmenter l'influence de la sphère déformante. Cette technique est peu utilisée par les *TD*, car les résultats qu'elle produit sont difficiles à gérer car la réaction des *Vertex* est imprévisible. Néanmoins, son utilisation peut s'avérer intéressante dans certains cas, tout dépend du niveau de complexité de l'effet que l'on souhaite produire.

Par ailleurs le *Sculpt Déformer* est souvent parenté, au *Joint* à côté de la zone traitée, afin qu'il suive le mouvement de ce dernier.

### **Les Jiggles Deformers:**

L'avantage d'utilisation de ce *Deformer Maya* est sa rapidité de mise en place.

Il offre des paramètres de réglages de dynamique musculaires intéressants, notamment pour le poids de la matière, sa rigidité et son tonus musculaire. Néanmoins cette technique quand bien même est rapide à installer, ne prend pas en compte la collision d'objets externe sur sa zone musculaire.

### **Dynamics: Soft Body :**

Cette technique met l'accent sur des simulations physiques visuellement réalistes du mouvement, en prenant en compte les propriétés des objets déformables. Cette technique est souvent appliquée dans les jeux vidéo et le cinéma.

Contrairement à la simulation des *Rigid bodies*, la forme *Softbody* autorise la transformation des volumes d'un corps. Néanmoins cette technique prévoit que le corps conserve sa forme, dans une certaine mesure. Le champ d'application de la dynamique des *SoftBody* est très large. Il peut être utilisé pour simuler des reliefs musculaire, de la graisse et même des cheveux et de la végétation ainsi que d'autres matériaux déformables, tels que des vêtements et des tissus.

En général, ces méthodes fournissent des effets organiques poussés, et c'est pour cela que j'ai sélectionné cette technique, pour l'appliquer avec les autres dans mes expérimentations (Voir Chapitre III, Section 2).

### **Maya Muscle :**

L'utilisation de *Maya Muscle* pousse la déformation du *Mesh* à un niveau davantage supérieur. Si le maillage du *Modeling* est cohérent anatomiquement, on obtient à coup sûr des effets musculaires crédibles.

Dès la finalisation du système *Rig*, on applique *Maya Muscle*, pour avoir ces déformations avancées. On commence par générer les *Muscleshapes* qu'on parente au *Joint* correspondant. Une fois qu'on a placé tout le système de musculature, et paramétré les *Muscleshapes*, on génère ces derniers, puis on peaufine les résultats au fur et à mesure

en modifiant principalement les paramètres suivants :

- Le *Sticky weights* ( l' équivalent du *SkinClusters* de maya)
- Le *Sliding deformation* (niveau d'enveloppement du muscle par le *Mesh*)
- Le *Skin Sliding* (Attache direct des vertex aux muscles).

Personnellement je trouve qu'il y a pas mal de réglages techniques pour arriver au résultat escompté. Contrairement à d'autres outils, la dimension artistique est ici complètement absente. C'est pour ce motif que je n'ai pas sélectionné cette technique dans mes expériences à venir.

### **Plugin Comets :**

Cet outil permet au *Rigger*, de définir précisément la forme musculaire de sa créature, en sculptant la pose qu'il souhaite. On peut trouver ce Plugin en *OpenSource* dans le site de son créateur : Michael Comet (actuellement superviseur *Rig* à Pixar Animation Studios).

Une bonne étude de la doc s'avère être nécessaire pour utiliser cet outil avancé.

En général 4 sculptes de pose suffisent pour créer un effet organique avancé sur un muscle important tel que l'épaule ou la jambe.

Le *Riggeur* par contre devra plus compter sur ses connaissances anatomiques et artistiques pour réaliser une forme musculaire crédible sur la pose qu'il a créée.

Et c'est pour ce côté artistico-technique, que j'ai préféré travaillé avec ce *plugin*.

### **Blends Normals :**

C'est une astuce très intéressante, que j'aurai souhaité ajouter au *Mesh* utilisé pour les expérimentations (Chapitre III) de recherche mais je manquais de temps.

La technique consiste, un peu comme le *plugin Comet's*, à sculpter les poses du cheval puis à les intégrer au *Mesh* principal. Mais la différence résidait dans le fait que la sculpture se faisait sur un logiciel de modélisation avancé, tel que *Mudbox* et *Zbrush*.

Ces derniers sont capables d'afficher une quantité impressionnante de polygones, par exemple *Mudbox* peut monter jusqu'à un million.

Les différentes sculptures du modèle étaient achevées avec un degré de détail musculaire supérieur, en considération du nombre de *polygones*.

A la fin du *Sculpt*, l'utilisateur doit alors produire des *Normals Map* de chacune des poses, qui exporté et appliqué à la modèle basse résolution sur Maya, conservera une illusion de relief semblable aux modèles hautes résolutions sculpté sur *Zbrush* ou *Mudbox*.

Mais contrairement à l'outil *Comet's*, il faut organiser soi-même, le séquençement des poses sculptées sur *Zbrush* ou *Mudbox*, en l'occurrence les *Normals Map*.



## C – L'optimisation du workflow *Rigging* par le code :

La programmation de Maya autorise les utilisateurs à accomplir des tâches identiques à partir de la conception et de l'exécution d'un programme et à ajouter leurs propres accessoires et fonctionnalités. Ce processus peut être développé en utilisant 3 interfaces de programmation : API maya , Python, MEL, C++ ,

En travaillant avec la *Framework* du système Maya, il est important de comprendre comment il fonctionne. Chaque système impose un ensemble de contraintes à propos de ce que vous pouvez et ne pouvez pas faire. Alors que Maya est indubitablement flexible sur vos réalisations.

### **Création de GUI's :**

Le code nous donne la possibilité de customiser les interfaces standards Maya ou de faire le choix de créer nos propres interfaces graphiques personnalisées.

Toute l'interface graphique de Maya est conçue et contrôlée en utilisant soit le *Python*, soit le *Mel*, le *C++* ou le *Qt*.

En élargissant sur une perspective beaucoup plus générale concernant l'ensemble chaîne de production, la *GUI* permet de standardiser une méthode de travail sur laquelle se baseront tous les graphistes du studio.

### **Création de Plugins:**

Un plugin en général, va être complètement pertinent dans un processus de création, parce qu'il apportera une valeur ajoutée à des logiciels 3D standards, tel que Maya aux fonctionnalités pas suffisamment poussées. Le *plugin* va alors précisément combler ces lacunes en contribuant à un niveau de création démultiplié.

### **Création d'AutoRig :**

C'est un outil incontournable pour tous les *Rigger*. Pour être créé, un *Autorig* exige le support d'une interface graphique pratique complète. Bien sûr cela ne suffit pas, le *Rigger* doit impérativement posséder des connaissances très avancées dans le *Rigging*, ainsi que dans les langages de programmation suivant : *QT*, *Python*, *Mel* *C++*.

# III– Expérimentations :

## 1 - Recherches et Expérimentations: les techniques de Rigging et de Script.

### A – Résumé du carnet de bord :

Le carnet a pour objectif d'avoir un suivi arrêté et bien défini de mes expérimentations dans la perspective d'élaboration de mon mémoire et ainsi d'exprimer une série de problématiques qui va logiquement en découler. A dessein, j'ai réalisé donc un carnet de bord comme un journal de suivi qui m'a permis de bien situer la progression en temps réel de mon travail depuis novembre 2014.

L'entretien de mon carnet de bord a commencé par une phase de recherche fournie d'après les références d'études anatomiques exploitées en bibliothèques et sur internet. J'ai concentré et dirigé mon travail dans le domaine de la structure musculo-squelettique essentiellement. Ce travail de recherche m'a demandé de compiler des informations disponibles sur l'anatomie artistique ainsi que la technique d'animation traditionnelle afin de mieux prédéfinir le résultat que je souhaite obtenir dans le projet intensif et mes expérimentations finales. C'est d'abord dans le projet intensif que j'ai mené mes premières phases d'application. Ce n'est ensuite qu'à travers la finalisation de mes expérimentations que j'ai pu obtenir des essais et des tests enfin concluants et valides.

Ce même travail de recherche exige aussi de connaître au préalable les différentes techniques de *Rigging* utilisées et exploitées pour permettre d'obtenir un corps organique avec des mouvements et des déformations cohérentes.

Pour toutes ces recherches, je me suis limité à l'étude d'un modèle de quadrupède.

Une fois tous ces prérequis validés, j'ai préparé le *Mesh* du quadrupède sur lequel je vais appliquer toutes mes expérimentations de *Rigging* optimisées avec la programmation. La préparation du *Mesh* du cheval s'est accompagnée de l'optimisation de sa topologie, de telle sorte à avoir un maillage harmonieux, proportionné et cohérent qui me donnera une forme correcte lors des mouvements que j'ai prévu pour ce cheval virtuel.

J'ai commencé par la partie qui me paraissait la plus complexe : Les jambes.

Je me suis ensuite attelé à positionner et orienter les joints en anticipant la forme que prendrait le *Mesh* lors du mouvement des articulations, une fois l'étape du *Skinning* effectuée. Puis pour toutes les autres jambes, j'ai dupliqué la même méthode.

La partie du corps du quadrupède assez complexe à réaliser, fut l'installation de la colonne vertébrale. Vient ensuite la partie test et solution optimale dans le domaine du CFX (Characters FX) à savoir :

- L'enclenchement automatique de l'effet d'*Overlapping* lors du mouvement.
- Les déformations dynamiques de l'ensemble du corps
- Les Plug-ins de simulations musculaires.
- Les tests concernant les solutions d'auto switch Ik/FK, toujours dans cette perspective d'optimisation du Workflow.

Je me suis assuré ensuite d'avoir l'ensemble des essais, (cf: Chapitre III, sous partie 2 et 3) , validés et pleinement fonctionnels pour commencer l'étape de *Skinning* , Une fois la structure osseuse sélectionnée et finalisée pour un mouvement me donnant la forme la plus aboutie. Ensuite j'ai sélectionné parmi plusieurs structures osseuses celle qui me donnait le résultat le plus abouti niveau contrôle et mouvement.

Ensuite j'ai placé les points d'ancrage de telle sorte à obtenir une articulation adéquate à la forme du *Mesh* du cheval tout en anticipant le mouvement et l'aspect que prendrait le *Mesh* lors de l'animation.

## **Pourquoi ai-je pris cette direction de travail ?**

L'objectif pour moi était d'avoir un mouvement organique crédible et une meilleure gestion d'influence des joints sur le corps une fois que j'aurais commencé l'étape du *Skinning*. C'est durant cette étape que l'idée d'optimisation de l'influence des Joints du *Mesh* en a découlé presque naturellement.

Une fois le processus complexe et délicat du *Skinning* achevé, j'ai pu poursuivre mes expérimentations et mes essais pour rajouter des effets permettant d'obtenir une simulation osseuse et musculaire davantage cohérente et harmonieuse.

J'ai donc entamé des recherches dans divers Forums CG (Computer Graphics ) qui traitaient des différentes techniques de déformations et de simulations musculaires.

Une fois ces techniques sélectionnées, j'ai commencé à les appliquer sur mon *Mesh*.

J'ai ainsi sculpté différentes formes musculaires possibles du corps de quadrupède grâce au Plugin "Comet's". J'ai combiné avec ce dernier des techniques de déformations dynamiques pour vérifier au final si le résultat allait être probant.

Ensuite j'ai réalisé mon premier prototype de Template\*, qui place des repères d'articulations dans le *Mesh* afin de générer une structure de Rig complète et en quelques secondes pour être adaptable à n'importe quelle forme de quadrupède.

Ensuite venait le projet intensif des 3 semaines, qui était une occasion de mettre à l'épreuve toutes mes expériences réalisées jusque-là.

Une fois le projet achevé et rendu, il est apparu en conclusion qu'un petit ensemble de paramètres, demandait encore une amélioration finale. J'ai donc dû optimiser la structure du quadrupède. En ce qui concerne le comportement dynamique final du modèle j'ai réalisé les tâches suivantes :

Me basant sur la méthode de *Skinning* antérieure du quadrupède lors du projet intensif, j'ai décidé de revoir le Skin de mon cheval en améliorant les influences des Joints sur le *Mesh*. J'ai par la suite réappliqué mes techniques de déformation musculaire, car grâce aux acquis du projet intensif, je pouvais désormais mieux anticiper la forme finale désirée avec un bien meilleur résultat.

Une fois la sélection des meilleures structures et combinaisons de *Rigging* achevée, je passe au développement d'un code qui automatise les successions d'instructions réalisées lors de mes expérimentations. Une fois toutes ces automatisations développées, j'ai pu implémenter ce code à la nouvelle version amélioré du Template, avec par conséquent une interface plus intuitive.

En guise de retouches finales, j'ai utilisé le script et corrigé les bugs qui se manifestaient de temps à autre lors du mouvement du cheval. Par conséquent les simulations osseuses et les déformations musculaire étaient enfin réussies et cohérentes.

## **B - Problématiques Rencontrées :**

A travers mes multiples recherches et expériences réalisées sur les techniques de *Rigging* et de script efficaces, mon principal obstacle était d'afficher une simulation osseuse et musculaire convaincante visuellement.

Voici les différentes problématiques rencontrées lors de :

### **Les recherches sur l'étude anatomique :**

- *Trouver une solution pour avoir un résultat qui soit fidèle à la réalité*
- *collecter un Corpus de documentation adapté à mon sujet.*

### **L'étude du mouvement d'un quadrupède :**

- *Permettre de reproduire des effets mécanique inspirés de la réalité, qui nous donne des articulations crédibles.*

### **La recherche théorique sur l'anatomie artistique y compris la technique d'animation traditionnelle :**

- *Définir précisément la pose et le mouvement qu'on souhaite obtenir.*
- *Intégration et complémentarité non aisée entre l'anatomie artistique et la représentation 3D.*

### **La recherche et l'étude des différentes techniques de Rigging utilisées pour donner une forme qui fonctionne :**

- *Difficulté de choisir parmi les nombreuses techniques autorisant ce genre de simulation.*
- *Trouver la technique la plus intuitive et l'appliquer correctement.*

### **La phase de préparation des scènes d'expérimentation :**

- *Adapter précisément le maillage du Mesh du Quadrupède en fonction des mouvements prévus.*
- *Bien anticiper le comportement du maillage une fois que celui-ci sera influencé par les joints que je lui aurai placé, une fois l'étape Skin terminée.*

### **Le positionnement et orientation des joints :**

- *Anticiper la forme que prendrait le Mesh lors du mouvement des articulations que ce soit dans mes expérimentations ou dans le projet intensif.*
- *Trouver la structure la meilleure combinaison entre la structure joint et les IKHandle pour me rapprocher du mouvement le plus parfait.*
- *Gérer les "Constraints" des contrôleurs avec les joints.*

### **La création de la structure osseuse des jambes :**

- *Reproduire correctement la même combinaison de Rig sur les autres jambes.*
- *Insérer ce mécanisme des Jambes dans la structure générale du Rig global du cheval.*

### **L'installation des colonnes vertébrales et du cou :**

- *Créer une structure permettant un mouvement réaliste du corps lors de la course et qui s'adapte à divers types de mouvements.*

### **Création d'un effet d'Overlapping automatique :**

- *Avoir un mécanisme permettant une bonne gestion du mouvement de la queue*

*du cheval avec le moins de contrôleur possible.*

#### **L'amélioration du switch IK/Fk :**

- *Comment éviter le remplacement contraignant des joints lors du passage entre l'IK et le FK pendant l'animation du personnage ?*

#### **Le skinning du Mesh avec la structure la plus aboutie et l'optimisation des influences des Joints :**

- *Avoir une première base de déformation simulant les effets musculaires, uniquement avec la technique du Skin.*

#### **Tests des différentes techniques de simulation osseuse et musculaire : Plugins, CFX, maya Muscle...**

- *Trouver la compatibilité entre toutes ces techniques une fois combinées.*

#### **Sculpte des formes musculaires que peuvent prendre un quadrupède, un cheval en mouvement, pour l'intégrer au Plugin Comet's:**

- *Anticiper tous les cas de figures d'un mouvement de jambes.*
- *Faire en sorte que les formes sculptées soient dynamiquement cohérentes entre lors des phases de transitions musculaires.*

#### **Réalisation d'un premier prototype de Template :**

- *Avoir une interface intuitive et compréhensible.*
- *Miroiter la position des ancrages et des repères de la partie gauche dans la partie droite.*
- *Rendre les fonctionnalités Template adaptable à n'importe quelle forme de quadrupède.*

#### **Phase de mise en pratique des expérimentations durant le projet intensif.**

- *Réaliser deux structures de Rig ( Bipèdes Quadrupède ) permettant de faire toutes les animations prévues dans le cahier de charges, tout en offrant un large choix de contrôles.*
- *Faire ressentir la forme de certaines parties du corps du quadrupède lors du mouvement, la cuisse notamment.*
- *Eviter des déformations indésirables lors de l'animation. Par exemple gérer l'influence Weigth des Joints de la jambe sur le bassin et les hanches.*
- *Avoir un contrôle précis et organisé des bras et des doigts du bipède humain.*
- *Créer des mouvements de mains de telle sorte à ressentir un effet organique.*

#### **Animation et simulation organique du cheval :**

- *Réglages et peaufinages de la réaction des différents muscles du corps lors du Mouvement*

#### **Automatisation de toutes les expérimentations :**

- *Coder et automatiser la structure Rig la plus aboutie.*
- *Implémenter le code avec celui du Template, tout en améliorant l'interface de manière à la rendre la plus intuitive possible.*
- *Structurer et organiser les étapes de création du code.*
- *Adapter le code à plusieurs formes de quadrupède.*

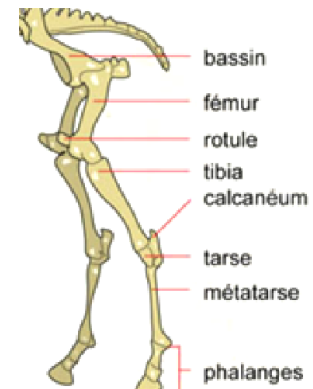
## 2 – Exploitation des expérimentations: Focus sur la structure Osseuse.

### A - Structure des Jambes Avants et Arrières:

J'ai commencé par la partie la plus difficile et la plus complexe dans le corps du quadrupède à savoir les jambes. J'ai choisi de fixer le nombre de joints à 3 pour que ce schéma concorde avec l'anatomie réelle de la jambe d'un équidé.

J'ai orienté ces joints en X par convention comme le font traditionnellement les spécialistes en Rig dans des productions.

J'ai effectué par la suite plusieurs tests sur ces Joints de telle sorte à en dégager la meilleure combinaison IK HANDLES /Contrôleurs.

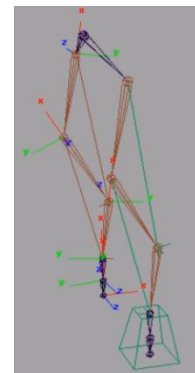


Le premier Test

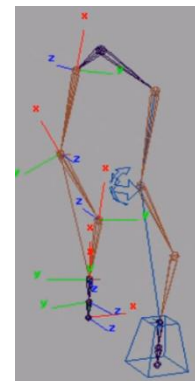
J'ai combiné deux IKs pour gérer l'articulation des jambes, Le premier IK est attaché au fémur et au tibia, et le deuxième au tibia et métatarse

L'inconvénient c'est qu'une fois que les IK sont appliquées les influences de ceux-ci sur les joints s'entremêlent. Le résultat devient imprévisible offrant moins de possibilité de contrôle, ce qui serait un inconvénient lors de l'animation.

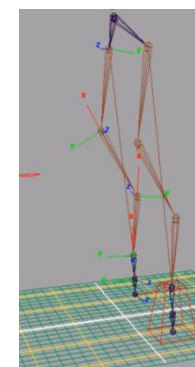
C'est pour cela que j'ai dû laisser tomber ce type de combinaison.



- Le deuxième test de combinaison était une application d'un IK unique sur le tibia et le métatarse. Le contrôleur en charge de l'orientation de la rotule auquel j'ai appliqué le classique *PoleVector*, était parenté au principal contrôleur de la jambe, qui en même temps orientait les phalanges. Le problème c'est que lors de la simulation du mouvement des jambes pendant une course, le joint du Fémur partait dans un mouvement brusque et aléatoire qui n'entraînait pas dans la cohérence globale du mouvement.



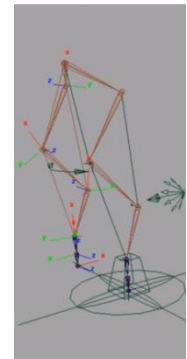
- Dans le troisième essai j'ai placé l'*Ik Handle* sur l'ensemble des 3 Joints principales de la jambe. Le mouvement était correct et ne présentait aucun problème. Mais l'inconvénient était le contrôle plus pointu de l'ensemble de la jambe. Il fallait alors que je passe au FK pour avoir ce contrôle précis. Mais l'autre obstacle résidait dans le passage de L'IK au FK. Cette transition était contraignante lors de l'animation, car chaque structure joint en *IK/FK* avait un positionnement défini dans l'espace, et il fallait de ce fait, toujours faire en sorte que les articulations et les Joints de ces deux structures IK et FK concordent entre elles.



Il fallut en outre les placer à la main, ce qui rajoute une tâche supplémentaire et ralentis le temps d'animation.

J'ai par la suite placé un contrôleur supplémentaire qui me permettait d'ajouter un pivotement de la jambe sur son propre axe, en soumettant la contrainte « pole vecteur ».

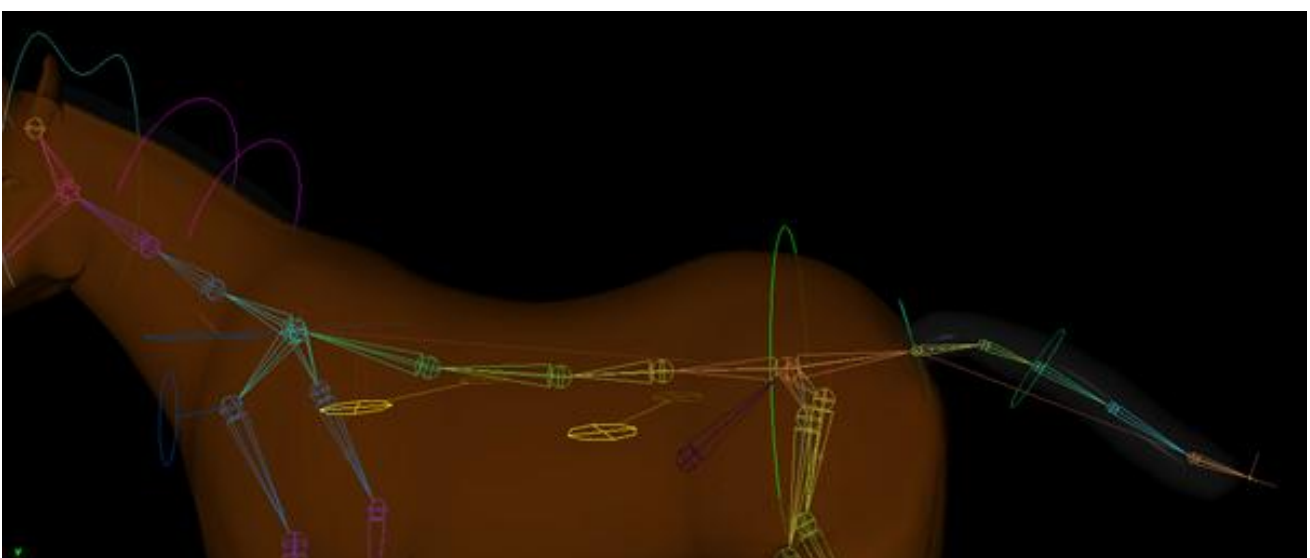
- Dans le quatrième et dernier test, j'ai essayé avec une combinaison plus complexe, comprenant 3 *IKHandles* et plusieurs contrôleurs qui ont orienté chaque partie de la jambe. J'ai trouvé que ce ne serait pas intuitif et trop complexe à utiliser pour l'animateur. Si un problème survenait, il serait moins facile à résoudre que dans les autres combinaisons proposées précédemment. Concernant les contrôleurs, j'ai jugé que moins il y'en aurait, plus la combinaison serait facile à animer et à moduler pour d'éventuelles modifications et améliorations ultérieures.



J'ai donc finalement opté pour la structure la plus intuitive à utiliser : celle que j'ai obtenue dans le troisième test. Reprenant la formule « Less is more » j'ai fait le choix de la simplicité. J'ai gardé en tête que cette structure allait être mise à l'épreuve durant le projet intensif à venir.

## **B - Structure de La Colonne vertébrale :**

Le positionnement de ces 4 joints dorsaux (omoplate, vertèbres, lombaire, vertèbre thoracique) déterminera grandement la forme et le mouvement du cheval lors de l'animation. Avec ces bonnes bases de structure Joint, je pourrais effectuer mon test de simulation musculaire en obtenant un résultat optimal sur le plan de la dynamique dorsale. J'ai donc appliqué sur mes joints dorsaux le classique IK Spline tout en optant pour deux contrôleurs gérant la partie médiane de la structure dorsale. Les deux clusters responsables des articulations des extrémités de la colonne vertébrale, par le biais de la *Curve* connectée avec l'*IK Spline*, ont été parenté, respectivement à deux contrôleurs non dorsaux gérant les omoplates et le bassin. C'est ce procédé qui me permet de contrôler plus rigoureusement la dynamique de l'ensemble de la zone dorsale du cheval.

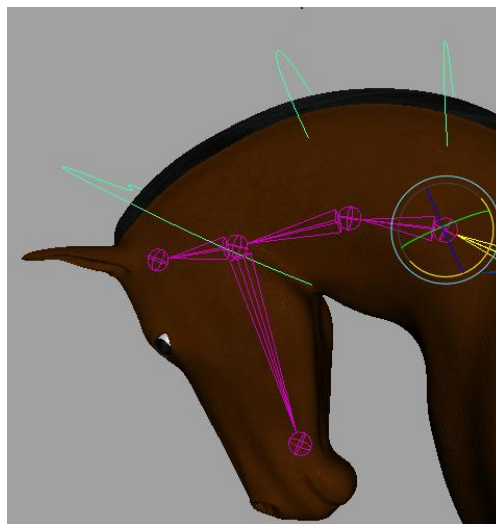


Le Skin n'ayant pas encore été réalisé, je ne faisais qu'anticiper la forme qu'aurait le *Mesh* une fois que j'aurai peint les influences des joints.  
Je voulais une structure dorsale optimale et flexible qui soit compatible pour différents quadrupèdes, y compris ceux des projets intensifs.  
Concernant les vertèbres coccygiennes contrôlant la queue du cheval, je leur ai appliqué une orientation en X commune à tous les joints. J'ai pris le parti de ne pas ajouter de contrôleur pour chaque joint, mais de leur préférer la technique d' *Overlapping*.

### C - La Structure Joint de du cou et du Head :

Pour les joints du cou je n'avais opté que pour 3. L'idée était d'obtenir lors du mouvement une inclinaison du cou courbée au maximum, avec une large influence des *Weight*.

J'avais le choix entre ne créer qu'un seul contrôleur du cou avec des Set driver key sur les joints où ils seront déjà pré-animés en fonction du mouvement du joint parent qui se trouve à la base du cou. Ou bien alors j'avais le choix de placer pour chaque Joint un contrôleur qui serait à son tour parenté d'une manière hiérarchique au contrôleur de la base des vertèbres cervicales. J'ai finalement choisi la seconde solution pour sa meilleure précision et son contrôle plus efficace.



Le Contrôleur Head qui oriente le crane du quadrupède a été parenté tout naturellement au dernier contrôleur du Neck. Désormais si je souhaitais obtenir un effet courbé je n'avais plus qu'à sélectionner tous les contrôleurs et les orienter en même temps. Et pour que cela marche, les orientations des joints devaient tous être similaires, c'est-à-dire orientées en X.

Une fois que le Setup des vertèbres cervicales et du crâne m'offrait plusieurs possibilités de mouvements satisfaisants, je suis passé à l'étape du skin.



### 3 - Exploitation des expérimentations: Simulations musculaires.

En entamant cette étape, je voulais faire en sorte que les Joints influençant le vertex donnent un aspect organique et qu'ils agissent sur le maillage pour former un ensemble cohérent qui concorde avec la logique anatomique. Je voulais obtenir par la seule technique de *Skinning*, un maximum d'effets organiques possible (Plis, Etirements, Contractions musculaires ) pour accomplir mes tests de simulations musculaires sur de bonnes bases.

Durant cette étape de *Skinning* les valeurs d'influences *Weight* devaient être équilibrées et précises pour chaque vertex. L'objectif étant d'avoir un maillage harmonieux quel que soit le mouvement. C'est dans cette optique que je faisais passer et vérifier tous les tests possibles de mouvements sur les différents contrôleurs.

Dans certaine poses du *Mesh*, des petits défauts apparaissaient, notamment des Vertex qui ne suivaient pas la cohérence et l'harmonie du maillage , Pour y remédier je modifiais minutieusement les valeurs *Weight* avec l'outil du *Paint Weight tools* , jusqu'à ce que ces Vertex rebelles suivent la rangée de ses autres Vertex voisins.

Etape laborieuse et importante, car le moindre défaut pouvait affecter le résultat de mes expérimentations et les techniques de simulations musculaire que je souhaitais rajouter, que je souhaitais rajouter , de ce fait le résultat devait être parfait.

Avec le *Skinning*, je contrôlais la souplesse et la rigidité de certaine partie du corps.

En essayant de restituer au maximum la forme du corps en mouvement, par exemple, les flancs et le bas du cou, j'ai constaté des réponses musculaire beaucoup plus marquées et plus souples par rapport aux parties inférieures des jambes.

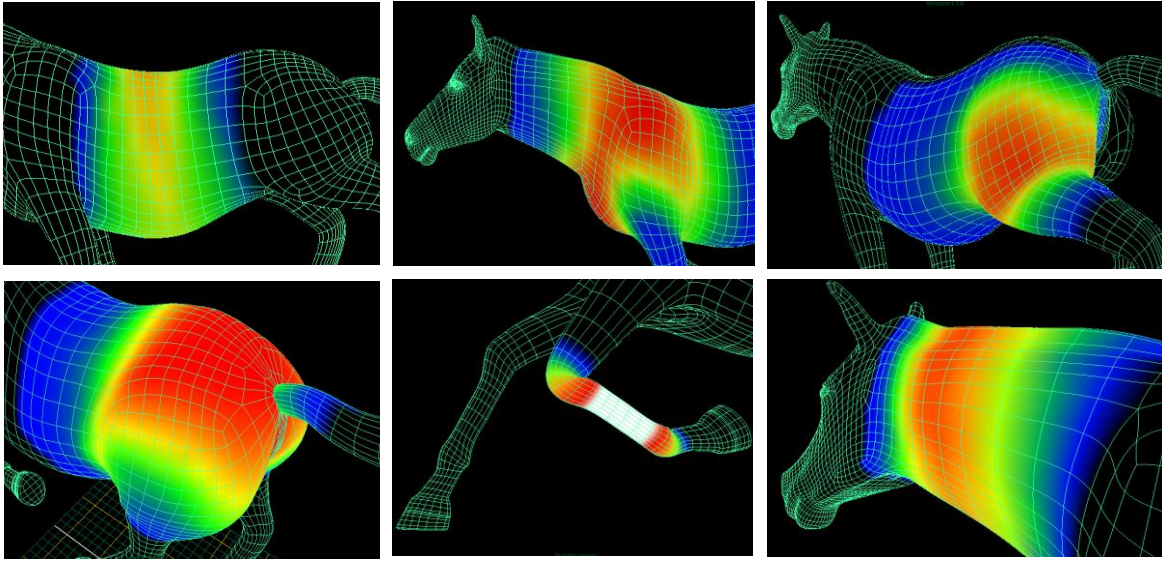
Le bassin et le flanc du cheval suivaient les amplitudes longitudinales des cuisses dans la réalité. Pour reproduire cela dans le soft, le joint du fémur doit avoir une influence *Weight* assez significative sur la zone du ventre et du flanc qui irait en s'estompant au fur et à mesure du rapprochement vers la cage thoracique.

Une autre difficulté résidait dans le fait que lors du mouvement des jambes, il fallait éviter les interpénétrations des vertex du *Mesh* qui nous donnaient un résultat fantaisiste de la forme du cheval. Pour parer cet obstacle il fallait simuler la pression que la cuisse exercerait sur le flanc lors des plis des jambes.

Pour cela j'ai modifié donc les valeurs *Weight* du joint du fémur en faisant en sorte d'avoir une réponse intelligente des vertex du ventre et du flanc qui réagiraient par la compression de leur forme suite à la pression qu'exercerait la cuisse du cheval sur ces derniers lors du mouvement.

A l'inverse lors de l'étirement vers l'arrière des cuisses du cheval, il fallait limiter l'extension du maillage dans la zone ventrale et du flanc pour ne pas l'étirer de manière exagérée. Il fallait donc trouver un équilibre et un compromis entre ces deux mouvements extrêmes d'un quadrupède : l'étirement et la contraction.

Une fois que les tests sur le skin se sont révélés concluants et ne faisaient plus apparaître de défauts de maillage lors des déformations du *Mesh*, je passais à une étape plus élaborée dans le réalisme du comportement dynamique des muscles.



### Déformations dynamiques :

Pour produire un effet organique davantage collé à la réalité, j'ai utilisé des techniques de déformations dynamiques (*Softbody*), que j'ai eu l'occasion d'utiliser partiellement en L3 pendant le projet intensif concluant l'année. Je l'avais appliqué sur la tête de ce personnage (image ci-dessous), sans pour autant l'approfondir et aller en détails dans les paramètres avancés. Néanmoins son utilisation m'avait offert une facilité de contrôle et de précision, et les résultats étaient satisfaisants, et c'était l'occasion d'utiliser cette technique dans mon projet mémoire.

Mais cette fois-ci et contrairement au projet L3 les déformations ne devaient pas bouger d'une manière aléatoire, mais plus d'une manière maîtrisée.

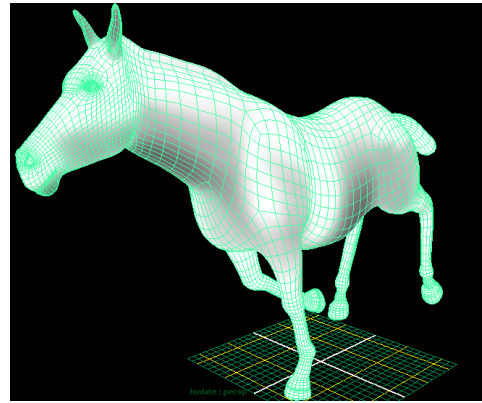


J'optais pour les techniques de déformations dynamiques, car leurs avantages résidaient dans le fait que j'avais la possibilité de définir une valeur de souplesse sur le *Mesh* en le peignant, ce qui m'offrait un niveau de précision élevé.

Cette technique utilise des particules qui épousent la topologie du cheval où chaque particule contrôle un vertex du nouveau *Mesh* généré. En plus de cela on pouvait soumettre des forces et des contraintes de la physique classique, telle que la gravité, les collisions ainsi que les forces intérieures qui maintiennent les vertex en cohésion lors de la déformation des parties souples du corps.

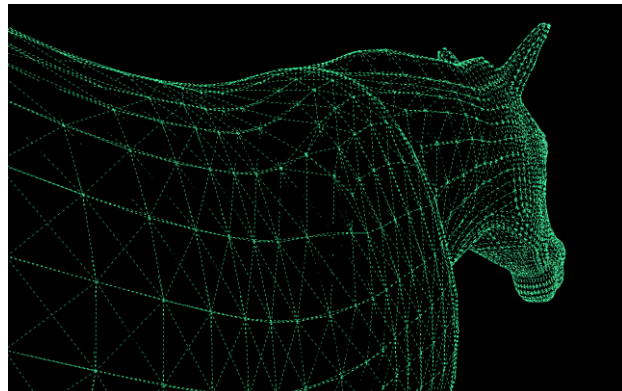
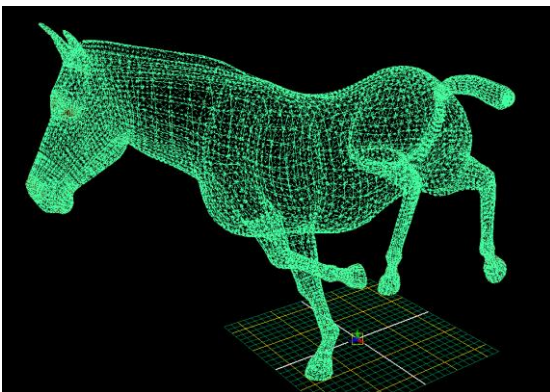
Cette simulation allait s'additionner aux valeurs *Weight* de mon skin où j'avais déjà défini au préalable les zones qui allaient s'étirer le plus, de celles qui à l'opposé allaient rester contractées et compacts lors du mouvement.

Cette technique supplémentaire allait autoriser l'implémentation d'un effet organique encore plus dynamique que l'étape précédente. J'ai donc commencé à traiter minutieusement chaque partie du corps, en m'inspirant de vidéos références d'un cheval en course.



J'ai défini des valeurs *Weight* dans les zones qui étaient anatomiquement souples notamment le cou, le flanc, les hanches ainsi que celles qui étaient rigides comme les jambes, les épaules, les genoux, le dos et le crâne.

Pour maintenir en cohésion le système de particules contrôlant les vertex du *Softbody* et éviter ainsi des bugs et des déformations imprévisibles, je leur ai appliqué un effet *Spring*, qui attache les particules entre elle. Ça me permet ainsi de contrôler le niveau d'élasticité des muscles.



### Plug-in Comets :

L'inconvénient de Maya Muscle est qu'il comporte trop de contrôleurs. Il affiche également une interface complexe exigeant trop de réglages et de paramétrages.

Alors que le plugin Comet's offre selon moi la même qualité de précision que *Maya Muscle*, mais avec une dimension artistique en plus. Grâce à ce Plugin on peut sculpter toutes les poses musculaires puis les organiser et charger lors des mouvements. C'est pour cela que j'ai préféré ce plugin. J'ai dû m'initier aux tutoriaux des forums spécialisés, l'utilisation de cet outils Comet's.

J'ai mis les "*Attributes*" de mes contrôleurs du rig en valeur initiale, afin d'avoir une pose neutre sur laquelle je pouvais commencer à appliquer les scripts de ce plugin,

### Etape 1 : "choix du Skin Géo "

J'ai donc sélectionné le Mesh qui servira de pose initiale. Ensuite j'ai choisi d'abord de commencer par la jambe arrière, j'ai donc sélectionné le joint du Fémur ainsi que son joint parent, et puis j'ai défini son orientation comme pose référence.

## Etape 2 : " Orientation de la Jambe"

J'ai effectué une orientation de la jambe choisie en partant d'abord d'une base de rotation en X (pour partir sur une base d'étirement maximale de la patte arrière du cheval).

Une fois que j'ai terminé toutes les étapes suivantes, je reviens sur l'étape 2 pour configurer

Une base de Rotation différentes sur les variables suivante (X,-X),(-Y,Y),(-Z,Z).

## Step 3 : "Préparation pour le Sculpting"

Une fois la position et l'orientation maximale de la jambe définie, soit l'étirement et la contraction, je génère à l'aide de l'interface du plugin, un *Mesh* dupliqué de celui de mon Cheval.

## Etape 4 : "Sculpt du Shape" :

Même si la pose du *Mesh* est exagérée et contient des imperfections, le *Sculpt tools* de maya permet de corriger assez facilement la forme du *Mesh* en supprimant les erreurs anatomiques. Typiquement ces erreurs correspondent souvent à des déformations musculaires trop fantaisistes lors de l'étirement (Muscle trop galbé). Si l'on veut rester fidèle à la biomécanique naturelle, les muscles de la patte arrière d'un cheval lors de son étirement s'allongent et restent fins. Cette étape va nous permettre de garder constamment une transition logique lors d'un mouvement.



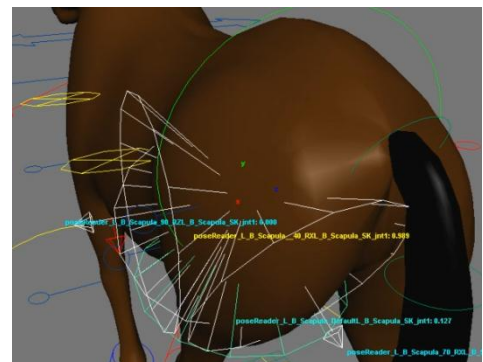
## Etape 5 "Création de la pose " :

Une fois que je avais achevé le Sculpt de la pose, j'ai lancé dans l'interface du plugin, la création du *Node PoseReader*, afin d'intégrer mon Sculpt à mon Mesh original.

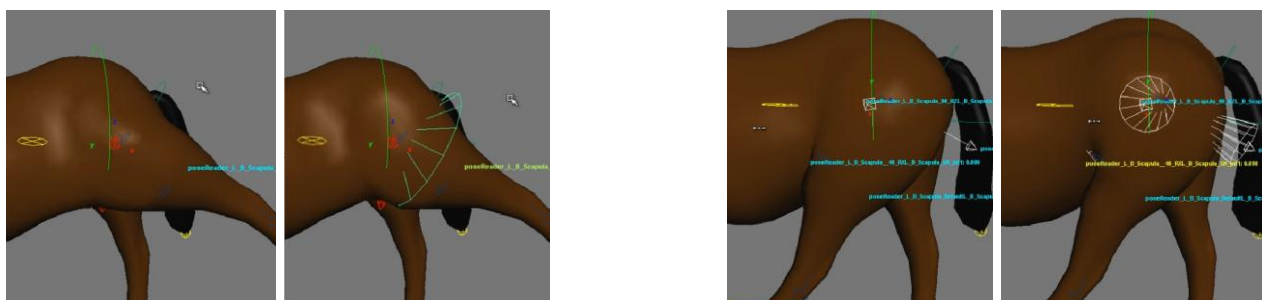
J'ai donné au *Node PoseReader* une nomenclature qui précisait le type de joints utilisé, le degré d'orientation, ainsi que l'axe du joint choisi. Une fois la génération de ce Node terminée, j'obtenais un contrôleur en forme de parabole, qui ressemblait à une *SpotLight*, et qui me permettait d'effectuer plusieurs réglages sur les déformations du Mesh. Le *PoseReader* était fixé automatiquement sur le joint que j'avais choisi au tout début, en l'occurrence celui du Fémur jambe gauche arrière, tout en ayant les mêmes orientations. ce qui me permettait de facilement la différencier des autres *poseReader* que j'allais créer par la suite.

## Etape 6 " Réglage et activation " :

Une fois que le *Mesh* sculpté était inséré au *Mesh* initial, j'effectuais les réglages sur la forme de ce dernier en modifiant l'angle de la parabole du *poseReader*. Je définissais ainsi sa zone d'influence, c'est-à-dire quand l'orientation de la jambe entrait dans la zone de cette parabole, le *Mesh* du *sculpt* des déformations musculaires allait s'activer automatiquement.



Je définissais aussi la vitesse de transformation pendant le passage entre les différentes formes, de telle sorte que les poses des différentes déformations musculaires gardent une cohérence et une logique anatomique lors de cette transition.



J'ai par la suite refait ces étapes avec les mêmes protocoles pour chacune des articulations importantes qui faisaient bouger les membres majeurs du corps du cheval, en l'occurrence, les 4 jambes et le cou. Tout en essayant de me conformer à la forme dynamique musculaire dans la réalité.

#### 4 Projet intensif 3 Semaines : Mise en pratique des résultats :

Rapport du projet Intensif avec mes expérimentations

Le projet intensif fut une occasion de mettre à l'épreuve toutes mes expérimentations, ce sera l'occasion de tester la mécanique de la structure Rig pour voir si elle me permet de donner un mouvement fluide et correct dans une logique anatomique respectée, je pense notamment au niveau des déformations musculaires

Présentation du projet Intensif :

Avec mon équipe Chris Delemis et Jérémy Anziani, nous sommes tous les trois fans de jeu vidéo et moi plus particulièrement, sur des jeux de type *Survival Horror*, comme la série des *Resident Evil* de Capcom.

Nous avons décidé ensemble de réaliser une version beta d'un jeu vidéo ludique, d'après nos styles et nos sensibilités propres, afin de produire une œuvre qui reflètera le plus possible un sentiment mêlant à la fois du thriller et de l'angoisse.



Wattelez est donc un jeu *FPS* proposant une expérience immersive dans un univers oppressant. L'objectif est de proposer des éléments de gameplay excitants tout en suscitant chez le joueur la crainte et l'appréhension. Ce dernier va se retrouver face à des créatures dangereuses sillonnant une usine désinfectée, dans laquelle il évolue et où il doit simplement rester en vie !

En découvrant l'usine, on voulait que la peur devienne de plus en plus pesante. C'est d'abord de sentiment de solitude qui vous gagne aux manettes et très vite vous êtes confronté à un environnement sombre permettant à vos ennemis de surgir de nulle part.

A cela se rajoute une expérience sonore faisait entendre des grognements de chien en ne peut plus menaçant, laissant présager au joueur un péril imminent.

Nous nous sommes inspirés de Frederic Reynal, l'un des pionniers du jeu vidéo moderne, qui fut l'inventeur d'un concept de jeu révolutionnaire à son époque : le *Survival Horror* avec son jeu *Alone in the dark* sortie en 1992.

Frédéric Reynal déclarait dans une interview du magazine jeuxVideo.com (04/07/2013) en répondant à la question lui demandant s'il aurait envie de recréer un *Survival Horror* aujourd'hui. Sa réponse est limpide ...

« J'en ai très envie ..... et je veux que le joueur soit mort de trouille rien qu'en comprenant ce qu'il va devoir faire, avant même d'avoir besoin de le faire...»

Une phrase clé qu'on a essayé de mettre en application. Et pour rajouter encore plus d'angoisse, on a parié également sur l'effet de surprises. C'est-à-dire qu'avant l'apparition des chiens, on faisait monter le niveau d'adrénaline et de tension chez le joueur de manière très subtile, en accoutumant celui-ci par des effets sonores réguliers et des effets visuels furtifs, affaiblissant progressivement sa vigilance. Résultat, avant que soudainement ces créatures apparaissent devant lui.

Le seul moyen de défense dont nous avons voulu que le joueur dispose (et là on était gentils), c'était une torche en bois rudimentaire qui avait une fâcheuse tendance à s'éteindre rapidement. En même temps c'était un éclairage qui avait constamment besoin d'être alimenté par les flammes dégagées grâce à des barils d'essence disséminés un peu partout dans l'usine.



Il fallait donc contourner toutes ces bêtes pour atteindre les barils. Une fois la torche opérationnelle, le joueur sera en mesure d'éloigner ces bêtes repoussées par les flammes. Toutefois cet effet est provisoire et le joueur devra régulièrement tout au long du jeu s'assurer que sa torche ne s'éteigne jamais sous peine de finir dévoré par ces créatures.



Pour plus d'immersion on avait prévu de contrôler le mouvement de la torche avec la *Wii mote*, mais faute de temps nous n'avons pu le faire.

La musique que nous avons composée, avait aussi pour rôle d'amplifier cette sensation d'angoisse. Lente douce et froide au départ cette musique deviendra de plus en plus pesante au fur et à mesure de l'action qui se déroulera dans le jeu.

Une fois que nous avons validé avec mon équipe le *gameplay* du jeu selon notre cahier de charge, la répartition des tâches s'est faite naturellement et selon le schéma global suivant :

**Tache 1 :**

- Modeling des personnages : Le personnage principal et du chien (Modèle dupliqué ensuite pour créer une meute).
- Modeling du décor : L'usine accompagnée de textures et d'une ambiance nocturne propres à notre *Level Design*.

**Tache 2 :**

- Un système permettant des mouvements fluides et donnant des formes cohérentes tout en offrant le maximum de possibilités de contrôles du personnage et créature du jeu.
- Tests et réalisations de toutes les animations que nous avons décidé d'avoir dans le jeu.

**Tache 3 :**

Il fallait avoir lors de l'import sur Unity, une bonne intégration de tous les éléments du *Modeling*, des textures, des mouvements et des simulations créées. Sans oublier une IA cohérente de bout en bout lors de l'expérience du joueur.

**Focus sur la Tache 2 :****Définition des animations :**

Au tout début de la conception du jeu on avait défini précisément les caractéristiques de nos personnages,

Ce qui a pu nous permettre de facilement répartir animations.

Concrètement on voulait que la mécanique osseuse et du système de *Rig* puisse effectuer les postures et les animations suivantes :

**Concernant les chiens :**

On voulait qu'ils soient menaçants dans leur posture, qu'ils montrent leurs crocs tranchants.

Qu'ils s'approchent progressivement de leur proie jusqu'à complètement empiéter sur le périmètre de sécurité de cette dernière.

On souhaitaient aussi avoir trois variantes de mouvements lors de l'aboiement ( le but étant de différencier les chiens par leur gestuelle corporelle quand ils seront dupliqués sur *Unity*).

On voulait aussi que les chiens courent avec agilité pour rattraper notre personnage principal quand il essaye de fuir.

Ils prendront une posture d'attaque dès qu'ils commencent à percevoir une faiblesse. Dès lors ils se ruent sur le personnage en un seul bond.

À ce moment précis, ils mordent les mains du personnage principal qui essaye de se protéger.

Pour finir avec la dernière animation qui montre notre personnage assailli par un des chiens qui va lui mordre le cou, engageant ainsi son pronostic vital (oui c'est horrible), et affichant l'écran du "Game Over".



## Concernant le personnage principal :

Le personnage principal en tenant la torche n'a de ce fait qu'une seule main de libre. Parce que nous avons choisi le mode de vue subjectif il faut bien garder à l'esprit que lorsque le personnage évolue seule main reste visible à l'écran.

Ce procédé largement connue dans le monde vidéo ludique a un avantage il facilite l'immersion dans le jeu mais

sa contrainte réside dans le fait qu'il est difficile d'exprimer les émotions du héros, ayant conscience de cela, j'ai choisi de transposer les sentiments de notre personnage à travers la dynamique de ses mains, les articulations exprimant des ressentis telle que la peur et la crispation mais aussi sa détermination et sa force.



Pour éloigner ces bêtes il devait secouer la torche avec énergie. Une fois devant les barils en flammes, il devait tendre le bras pour rallumer sa torche tout en évitant de se brûler la main.

Quand un chien se jette sur lui, il se défend se débat avec ses deux mains (car il perd la torche au moment de sa chute au sol).

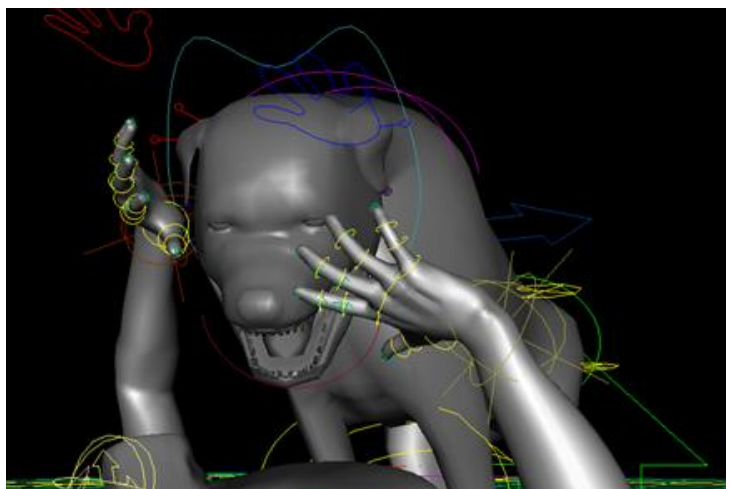
Quand le chien achève notre personnage principal, la douleur se ressent visuellement dans le mouvement des mains. Le relâchement de ses mains va alors signifier qu'il est en train de perdre la vie.

## Mise en place de la structure Rig :

Durant le *Modeling*, il a fallu un maillage harmonieux et des *Edges loop* sur les articulations des principaux membres du chiens. Notamment ses quatre jambes, sa colonne vertébrale ainsi que son cou. Et donc prendre en compte les articulations, allaient faciliter l'étape du *Skinning*,

Dès que nous avons validé le *Modeling* ensemble, j'ai suivi les étapes tirées de mes expérimentations en reconstruisant la même structure *Rig*. Je dis bien reconstruire, parce qu'il fallait adapter cette structure quadrupède au volume d'un canidé, (avec un auto *Rigg* ça aurait été très rapide).

Pour le *skinning*, j'ai respectés le même principe avec cette nuance près : la cuisse du chien est plus proche des hanches par rapport à un cheval.





- Une fois le *Rigging* et le *Skinning* du chien terminé, je suis passé à mon personnage principal.

Une fois que le *Mesh* du personnage principal a été modélisé, j'ai réalisé une structure qui permet un large contrôle des doigts et de la main sans qu'il y ait de défauts apparents.

J'ai donc créé un mécanisme de *Set Driven Key* sur les doigts qui permet de faire les mouvements principaux des doigts de la main à savoir, écarter et rassembler des doigts, serrer le poing.

J'ai choisi de simuler la fermeture des doigts en orientant leur phalanges individuellement.

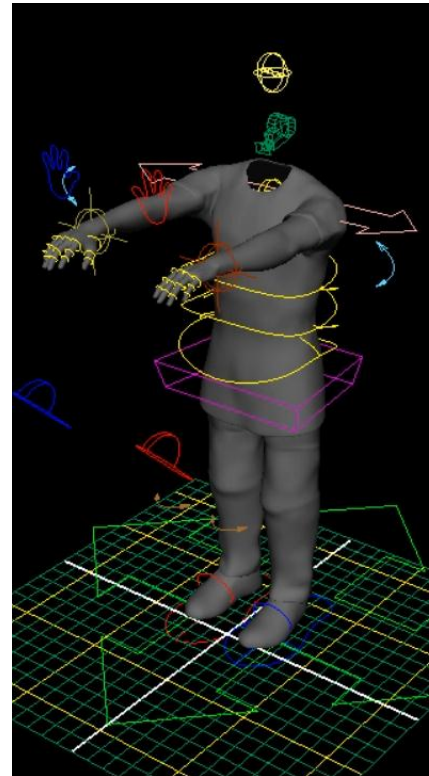
J'ai fait en sorte pour cela, d'avoir deux contrôleurs *Attributes* 'distincts'. L'un qui permettra en faisant des rotations sur les phalanges, de fermer les doigts suivant :

- l'auriculaire à 100%.
- l'annulaire à 75%.
- le majeur à 50%.

Le deuxième *Attribut* contrôleur lui, se chargera de simuler la fermeture des doigts suivant :

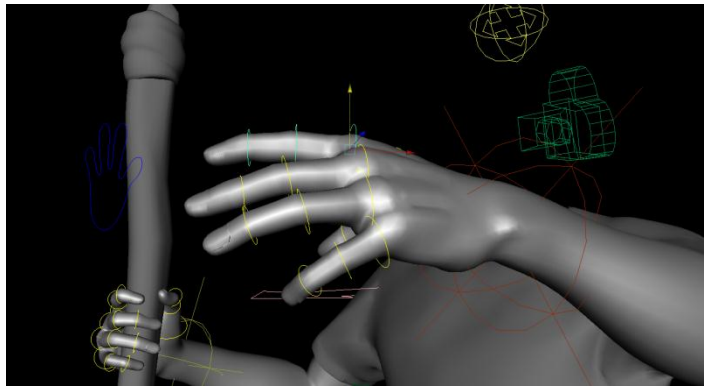
- Le majeur en (rajoutant une valeur 50% soit une fermeture complétée du majeur si le premier attribut était activé en même temps bien sûr).
- L'index à 75%.
- Le pouce à 100%.

Ces graduations de valeur de 100 à 50 % sont volontairement choisies dans cet ordre pour créer sur écran un effet beaucoup plus organique des mains.



Et pour permettre un contrôle encore plus avancé, j'ai rajouté un contrôleur pour chaque articulation de phalange, et pour éviter les conflits entre les Clé *Set Driving Key* et les clés d'animations. J'ai donc réalisé la hiérarchie avec la nomenclature suivante : Exemple.

- Index\_Phalange\_A\_0
  - Index\_Phalange\_A\_SDK
  - Index\_Phalange\_A\_CTRL



En appliquant mes clés "Set Driven Key" sur le groupe "Index\_Phalange\_A\_SDK", dont le point de pivot concorde avec la position et l'orientation du contrôleur "enfant". Ce procédé je l'ai utilisé pour toutes les différentes phalanges de doigts.

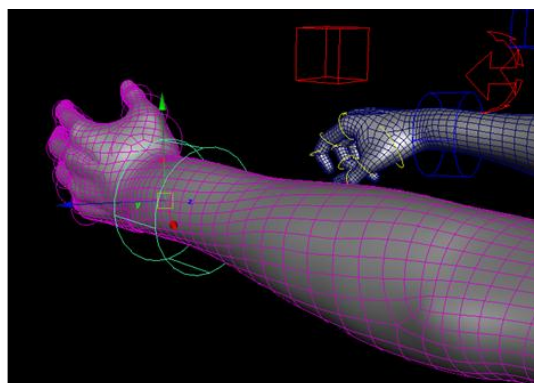
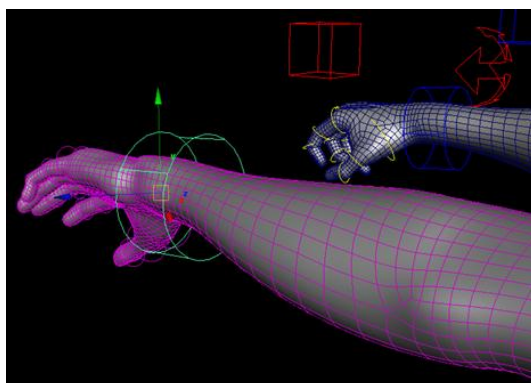
Pour avoir une déformation organique sur les avant-bras lors du mouvement de la main, J'ai aussi réalisé des "Scripts Expressions" sur les l'orientation des trois *Joints* de telle sorte que lorsqu'on effectue une rotation de la main, les trois joints parents de l'avant-bras suivent la rotation mais avec une valeur atténué. Ainsi plus on remontait au joint parent et plus la valeur de rotation était divisé par 2. En d'autre termes plus en remontait vers l'avant-bras et plus moins la déformation de ce dernier était marquée.

J'ai placé aussi les systèmes classiques d'orientation *Pole Vector* des coude, afin d'avoir un large choix de mouvement des bras.

Le système mis en place, j'ai commencé l'étape laborieuse du *Skinning* en faisant en sorte d'avoir les déformations des bras les plus correctes possibles sur mon personnage bipède.

J'ai placé aussi les systèmes classiques d'orientation *Pole Vector* des coude, afin d'avoir un large choix de mouvement des bras.

Le système mis en place, j'ai commencé l'étape laborieuse du *Skinning* en faisant en sorte d'avoir les déformations des bras les plus correctes possibles sur mon personnage bipède.



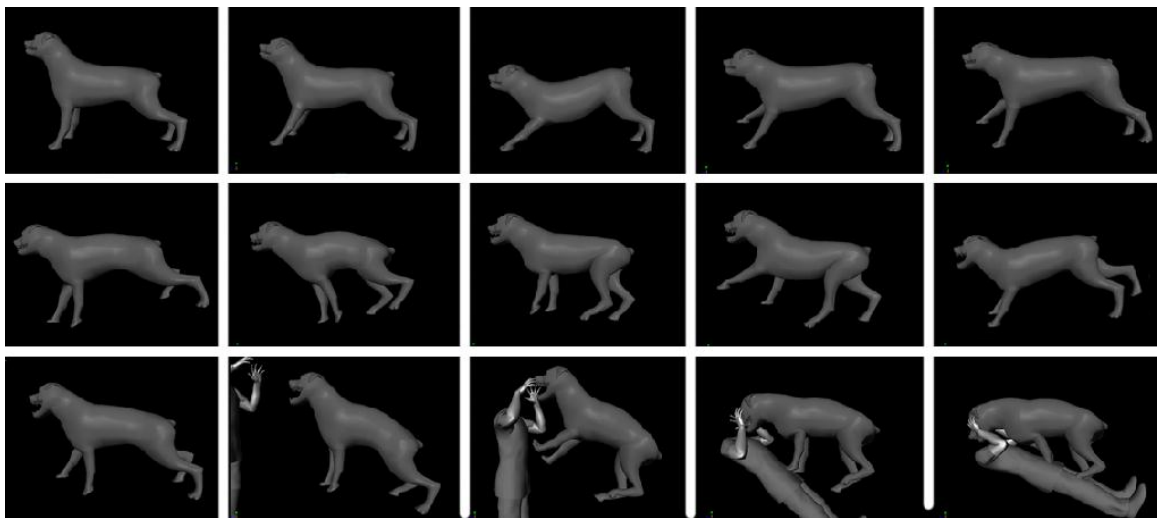
## Bilan :

Lorsque que j'ai animé les personnages et effectué tous les mouvements prévus dans le cahier de charge, nous obtenions dans l'ensemble des mouvements corrects et qui restaient stables lors de l'import sur *Unity*.

Le pari que j'ai fait sur la pertinence d'avoir des contrôles supplémentaires s'est avéré payant, car ça nous permettait d'effectuer un large choix de réglages et de modifications qu'on ne pouvait pas prévoir au début.



Le projet intensif, m'a donc permis de mettre en pratique les expérimentations effectuées tout au long du premier trimestre. J'ai pu tester les différentes techniques de *Rigging* et de déformations lors des expérimentations.



C'est au cours de ce projet, que sont progressivement dessinés les éléments à améliorer et à optimiser à la suite de quelques limitations rencontrées.

- Il me fallait encore plus de précisions de contrôles sur les jambes du quadrupède, l'idéal aurait été qu'il y ait un contrôleur offrant la possibilité de bouger uniquement le joint du fémur qui se trouve en haut de la cuisse. Le tout en gardant stable la partie inférieure des jambes.
- Le passage entre l'IK\* et le FK\* devait s'automatiser.
- J'avais dû refaire la même structure de quadrupède deux fois. L'une pour un cheval et l'autre pour un chien. Je ne pouvais pas du tout réutiliser cette structure *Rig* malgré sa similitude avec le modèle d'un canidé.  
Une automatisation de l'étape de création du *Rigging* aurait réduit la redondance de la tâche considérablement.

## 5- Exploitation des expérimentations: Optimisation du Worflow Rigging.

### - Correction et amélioration de la structure.

Une fois que les parties à améliorer et à optimiser étaient bien définies, le travail qui restait à faire devenait alors plus simple. J'ai donc procédé à l'amélioration de cette structure osseuse quadrupède :

En faisant en sorte de réduire le temps de sa création en offrant une interface intuitive.

Mais aussi en réduisant le temps de manipulation des contrôleurs lors des transitions entre les divers procédés de calcul *IK/FK*.

Entre autres améliorations, j'ai créé une structure permettant des déformations musculo-squelettique qui donnait l'illusion que le corps est soumis aux lois de la physique.

### A - Auto Switch IK FK Script:

Le passage entre l'IK et le FK est contraignant : Du le fait que durant l'animation si l'on souhaite faire un réglage plus précis en passant entre ces deux procédés, on doit toujours faire en sorte que les orientations et les positions de leurs deux structures, concordent entre elles, car de base elle ne se suivent pas.

Ce n'était certes qu'une petite manipulation supplémentaire de remplacement, mais qu'on répétait quand même à chaque fois, cassant le rythme de travail et ne permettant pas à l'animateur de se concentrer pleinement sur l'animation.

*IK, (Inverse Kinematics) est un procédé de calcul dont les paramètres de chaque articulation de joint sont calculés automatiquement pour parvenir à la pose voulue.*

*Le IK désigne la manière avec laquelle un Joint enfant affecte toutes les valeurs de position et d'orientation des parents.*

*FK, (Forward Kinematics) désigne le procédé de calcul des positions et orientations d'un joint parent sur les mouvements et rotations de ses joints enfants.*

### Solution :

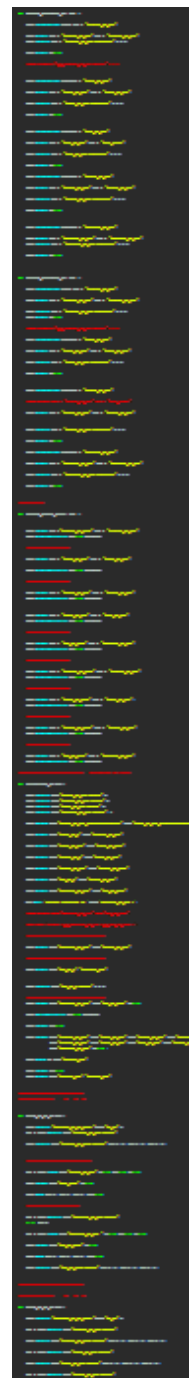
J'ai donc développé un script pour y remédier, le principe est le suivant :

Une fois qu'on active le switch des IK/FK dans nos interfaces, la structure de l'un se repositionne automatiquement à la structure de l'autre de telle sorte à se conformer à la rotation et la position des joints de chacun, évitant ainsi à l'utilisateur de devoir replacer chaque fois à la main les structures IK à la FK ou l'inverse.

Résumé de l'algorithme du Script :

#### **FK vers IK :**

Comme le procédé IK permet un contrôle détaillé de chaque articulation, et de chaque Joint enfant, le positionnement des éléments de sa structure vers celle de l'IK ne représente pas de difficultés. Il n'y avait donc qu'à récupérer les données de rotation des Joints IK et les placer sur les joints FK correspondants.



Pour cela le script créait d'abord des *Locators* qu'il plaçait selon la position et l'orientation de chaque articulation, avant de leur appliquer un *Parent Constraint* avec les contrôleurs de chaque articulation. Le tout en leur donnant une nomenclature spécifique, par exemple "L\_B\_Legs\_FK\_Loc" pour les Locator FK

C'est de ces "Locators" que je récupérais les valeurs de position et de rotation. Le script par la suite procédait à l'emplacement des joints *FK* vers le *IK*.

### IK vers FK

Ce passage est beaucoup moins évident à réaliser, car il y a dans le *IK* l'orientation des rotules qui autorisait la jambe à pivoter sur son propre axe.

On avait beau placer exactement les joints *IK* sur les joints *FK* avec les données de positions et d'orientation, les structures ne concordait pas.

Car la jambe était orientée à l'aide d'un contrôleur auquel on a appliqué une contrainte Pole vecteur. L'astuce était de créer une succession de commandes qui plaçait un Locator sur le point de pivot du contrôleur orientant la direction de la jambe "\_LegDirection\_Loc". Puis le faire diriger par le joint principal ; contrôleur de la partie supérieur de la jambe ou le Fémur, en *FK*, en lui appliquant un "Parent constraint". De ce fait même si on bougeait dans tous les sens le Joint du Fémur en *FK*, il y avait notre Locator "\_LegDirection\_Loc" qui suivait son orientation.

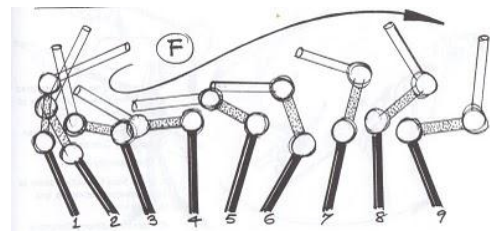
Une fois que le script a récupéré toutes les positions et les données *FK's*, en plus de placer le contrôleur de joint principal *IK* sur son correspondant en *FK*, il plaçait aussi le contrôleur d'orientation de jambe *IK* "\_LegDirection\_IK\_Ctrl" à la position dans l'espace du Locator "\_LegDirection\_Loc".

Résultat, on avait lors du Switch *IK/FK* qui gardait les structures des jambes fixés quelques soit la pose, et sans qu'on ait à les replacer à chaque fois à la main.

### B - CFX Auto Overlapping :

L'*Overlapping* est un effet difficile à représenter, car c'est un chevauchement de mouvements consécutifs, dans une ossature. Par exemple, quand une des parties change de mouvement, l'autre continue son mouvement précédent.

Il est donc difficile pour l'animateur de gérer ce mouvement et de donner l'illusion que les objets sont soumis à des forces physiques, cette étape prend beaucoup de temps à animer.



Pendant un projet en L3 dans le cours de Karleen Groupier, j'ai été confronté à cette problématique de simulation d'*Overlapping*. En effet je voulais animer les ailes d'une raie manta, de telle sorte à obtenir un mouvement squelettique fluide qui donnerait l'illusion que les ailes sont soumises aux lois de la physique.



L'animer à la main était évidemment possible, mais ça aurait pris du temps à le réaliser et sans la garantie d'un résultat précis.

J'avais alors appliqué une technique de *CFX* qui consistait à combiner la dynamique des HAIR\* de maya avec la structure squelettique des ailes. J'avais finalement obtenu un résultat d'*Overlapping* satisfaisant avec cette technique.

Et au vue de ces résultats antérieurs j'ai décidé de l'intégrer dans la structure *Rig* de mon sujet d'expérimentation en la combinant aux techniques citées dans les sections précédentes. Cela m'a servi notamment pour contrôler les vertèbres coccygienne, en l'occurrence ce qui permet de faire bouger la queue du cheval avec un effet d'*overlapping* très précis.

Contrairement à l'expérience sur la raie manta, je voulais cette fois avoir des contrôles précis et facile à utiliser. Pour finalement automatiser toutes ces séquences de commandes avec un script, que j'allais intégrer par la suite à un *AutoRig* prévu dans la suite de mes expérimentations.

En résumé, pour réaliser un effet d'*Overlapping* automatique, j'ai créé un script qui appliquait sur l'ensemble des Joints de la queue, une *IKSpline* tout en générant une *Curve* épousant la structure de la queue.

Le script générait à partir de cette *Curve* deux autres *Curve* similaires. La première était de type Maya Hair\* ( avec toute la dynamique maya intégrée). La deuxième était une *Curve* qui permettait de contrôler simplement la première.

Nous appellerons cette dernière "C\_Hair\_Ctrl", c'est elle qui contrôle la Curve Maya Hair.

Premier résultat du script : Quand je faisais bouger le "C\_Hair\_Ctrl", la dynamique sur la *Curve Maya HAIR* s'activait automatiquement car cette dernière était contrôlée par l'IKSPINE qui lui-même contrôlait les joints de la queue.

On obtenait alors un bon premier effet d'*Overlapping*.

Pour améliorer ces résultats, j'ai rajouté au script les commandes qui effectuent les réglages des Attribues sur la dynamique du Maya Hair, de telle sorte à rapprocher le mouvement de *Curve MayaHAIR* à celui d'une queue de cheval réelle.

Le script ajoutait aussi une seconde structure joint à la queue, dont les nombres de joints sont réduits à deux. Ces joints sont *SmoothBindé* avec le C\_Hair\_Ctrl contrôlant la Curve MayaHAIR, qui rappelons le, contrôle les joints de la queue.

A la fin, le script créait pour ces deux nouveaux Joint, deux contrôleurs afin de faciliter le système d'*Overlapping* automatique.

Les résultats s'affichaient correctement et le script pouvait générer cette simulation d'*Overlapping* en quelques secondes désormais.

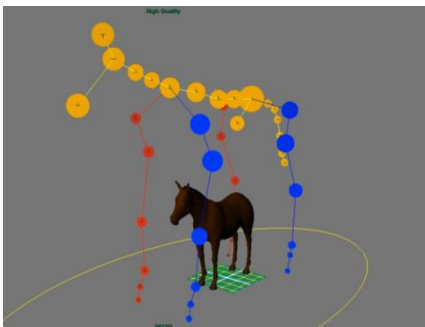
## C –Elaboration de l'AutoRig : synthèses des expérimentations précédentes.

Toujours dans cette optique d'optimiser l'étape du *Rigging*, j'ai continué mes travaux en développant cette fois ci un script qui allait automatiser la quasi-totalité de mes expérimentations.

Pendant le projet intensif au moment de réaliser un Rig pour le chien, j'ai dû refaire entièrement la structure Rig testé sur le cheval, car les dimensions et les positions d'articulations étaient différentes chez les deux quadrupèdes. Et si j'avais juste la possibilité de réadapter simplement le positionnement des articulations sans que la structure n'en soit affectée, j'aurais pu gagner une semaine de travail. Le développement d'un *AutoRig* était fort utile.

Je me suis donc attelé au développement d'un Auto Rig qui me permettrait dans un premier temps de placer les articulations en fonction du volume du quadrupède, et qui par la suite séquencera toutes mes instructions, permettant ainsi de créer une solution de Rig complet.

### Réalisation du Template (système pré-squelettique) :



Pour pouvoir bien placer les articulations il fallait une interface graphique avec un système intuitif, logique et facile d'utilisation, qui interagirait avec toutes les modifications commandées par l'utilisateur. Pour cela j'ai développé un nouveau script qui me chargeait sur la scène, des repères et des

contrôleurs dans l'espace, de telle sorte que l'ensemble des éléments de ce système donne une forme d'un squelette de quadrupède.

Ces repères une fois créés, allaient me servir de points d'ancrages, qui me permettraient d'y fixer mes Joints puis générer tout le dispositif *Rig* issu des expérimentations précédentes. Je liais ces repères avec des *Curves*. Le but étant de garder la continuité de la forme visuellement, tout en laissant deviner à l'utilisateur les axes du Joints qui allaient être créés.

Pour mieux se repérer dans ce système et différencier les repères, j'ai mis à chaque ensemble de ces derniers une couleur différente de l'autre, selon son emplacement dans le système pré-squelettique. Une couleur rouge pour les repères des membres à droite de la structure, une couleur bleue pour ceux de gauche, et en jaune pour ceux du milieu.



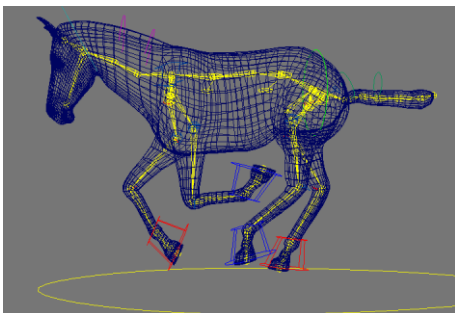
Pour ne pas casser la structure lors de l'utilisation de ce système de Template. Le script limitait le mouvement des positions dans l'espace des repères bleue à gauche, en fixant à leurs *Attributs de Translate* des valeurs à ne pas dépasser.

On avait finalement la possibilité de sélectionner et de faire bouger tous les repères se trouvant au milieu et à la gauche de la structure mais pas ceux de droites matérialisé en rouge. J'ai bloqué la sélection de ces derniers pour éviter d'avoir trop de contrôleur ce qui facilitera ainsi le paramétrage. De plus, il était inutile de contrôler les repères de droite, parce que leur positionnement se faisait d'une manière automatique. Quand je bougeais les repères bleus à gauche du pré-squelette quadrupède, ceux de droites se mettaient à jour en temps réel.

En d'autres termes, les repères rouges de droite prenaient la position de leurs correspondants bleus à gauche comme s'ils étaient devant un miroir,

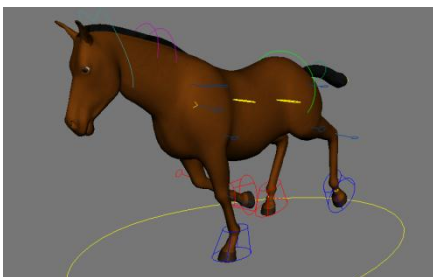
On avait donc les mêmes hauteurs et les mêmes écarts de distances, par rapport au centre de la structure, chez tous ces repères rouges et bleus.

### Réalisation du Build (génération d'un Rig) :



Dès qu'on terminait de placer ce Template ou ce pré-squelette, en fonction du volume du quadrupède choisi, on pouvait alors relancer le script que j'ai développé,

Et dans cette étape de *Build*, il va récupérer les valeurs de positions de mes points d'ancrages, pour générer automatiquement à partir de ces données la structure Rig la plus aboutie de mes expérimentations. Structure qui a été peaufinée au fur et à mesure de mes essais au cours de l'année. C'était une synthèse de la quasi-totalité de mes expérimentations, et ce script de plus de milles lignes me permettait de générer toute cette structure avec ces nombreux effets en quelques secondes.



Afin d'éviter au lecteur de parcourir de laborieux paragraphes techniques, j'ai préféré éviter le détail du code de ces scripts pour m'arrêter aux explications rapides du concept général ainsi que les principes de son fonctionnement.





## Conclusion :

A la lumière des idées développées à travers les trois chapitres, l'analyse des techniques de rigging et leur optimisation ne peuvent s'autoriser l'économie d'un protocole rigoureux de connaissances techniques.

Ceci demande d'abord une analyse théorique fine, passant en revue l'ensemble des nombreux outils et techniques de création de Rigging ainsi que les connaissances de programmation permettant d'étoffer ce système. Le bilan des supports disponibles pour le Rigger exige, pour être exhaustif, d'entamer une remontée chronologique évoquant les premières connaissances rudimentaires dont disposaient les premiers artistes et anatomistes .

Qui dit théorique dit ensuite pratique. Ce fut donc l'occasion de montrer à travers mon ouvrage, la foule d'expérimentation réalisée tout au long de ce Master 2 à ATI. Comme pour toute personne prétendant réaliser une œuvre aboutie et fonctionnelle, l'effort pour atteindre ce résultat, demande de nombreux essais préalables. Pour obtenir les résultats tant attendus, il faut s'armer de qualités essentielles pour devenir un Rigger reconnu dans le milieu, à savoir : une connaissance pointue dans les autres domaines d'une chaîne de production d'œuvre artistique et virtuelle. Cela va sans dire que le Rigger doit maîtriser sur le bout des doigts son propre domaine de spécialité. On peut citer parmi les autres qualités indispensables du Rigger, la patience, la logique et la persistance. Et bien sûr, la passion dans sa branche de métier !

D'un point de vue plus personnel , le projet intensif a été une période très riche pour moi sur le plan technique. En effet j'ai eu l'occasion de réaliser mon premier Rig de quadrupède, et de développer un ensemble de scripts qui améliore les fonctionnalités de Rig en optimisant entre autres le temps de création.

C'est toujours gratifiant d'observer le fruit de son travail aussi modeste soit il. J'ai obtenu tout les effets musculo squelettique désiré lors du galop de mon cheval virtuel.

## Glossaire :

<b>Animatique :</b>	Composition synchronisé du storyboard avec la bande-dialogues.
<b>Attributs :</b>	Paramètre d'un objet maya.
<b>AutoRig :</b>	Outil permettant de générer une structure Rig.
<b>Build :</b>	Etape de l'utilisation de l'Autorig qui consiste à générer un Rig.
<b>CFX :</b>	Characters FX.
<b>Character design :</b>	Dessins de personnage avec plusieurs poses.
<b>Cloths :</b>	Outils maya permettant de créer des simulations de tissus.
<b>Curve Maya :</b>	Courbe de bézier 3D.
<b>Edges loop :</b>	Un Edge maya qui parcourt le maillage d'une manière circulaire.
<b>Falloff :</b>	Désigne un effet d'Atténuation.
<b>FK :</b>	(Forward Kinematics) désigne le procédé de calcul des positions et Orientations d'un joint parent sur les mouvements et rotations de ses Joints enfants.
<b>FPS :</b>	Vue à la première personne.
<b>Framework :</b>	Ensemble cohérent de composants logiciels structurels.
<b>FX :</b>	Acronyme désignant le domaine des effets spéciaux.
<b>Gameplay :</b>	Ressenti et expérience vidéo ludique d'un joueur.
<b>GUI's :</b>	Interface graphique utilisateur.
<b>IA :</b>	Intelligence artificielle.
<b>IK :</b>	(Inverse Kinematics) Le IK désigne la manière avec laquelle un Joint Enfant affecte toutes les valeurs de position et d'orientation d'un Joint parent.
<b>IK Handle :</b>	Outils permettant de plier automatiquement les éléments d'une articulation.
<b>IK Spline :</b>	Outil de Rig permettant d'aligner une chaîne de joint sur une Curve.
<b>Joint :</b>	Squelette modulable permettant d'agir sur le maillage.

<b>Layers :</b>	Couches superposées.
<b>Level design :</b>	Procédé de création d'un niveau de jeu.
<b>Maya HAIR :</b>	Outil maya permettant de générer des cheveux dynamiques.
<b>Maya Muscle :</b>	Outil interne à maya permettant la génération musculaire.
<b>Mesh :</b>	Forme géométrique modélisée.
<b>Modeling :</b>	Création et modélisation d'une forme géométrique.
<b>MRI :</b>	Imagerie par résonance magnétique (IRM), qui est une technique d'imagerie médicale.
<b>Muscleshapes :</b>	Forme musculaire générée par Maya muscle.
<b>Node :</b>	Nœud représentant un objet Maya , qui possède une fonction précise.
<b>Normals Map :</b>	Texture simulant graphiquement des détails géométriques Sans modifier la forme originale.
<b>Nurbs :</b>	Forme de point en coordonnées et homogène.
<b>Nurbs Deformer :</b>	Effet permettant la déformation d'un objet Maya.
<b>Overlapping :</b>	Effet de chevauchement de mouvements consécutifs.
<b>Paint Weight tools :</b>	Outils de peinture des valeurs d'influence d'un Joint sur un Mesh.
<b>Parent constraint :</b>	Contrainte permettant de diriger la position et rotation d'un autre.
<b>Plugin :</b>	Package complétant un logiciel afin de lui apporter de nouvelles fonctionnalités.
<b>Plugin Comet's :</b>	Outil open source de simulation musculaire.
<b>PoleVector :</b>	Contrainte permettant à un objet de définir la direction des Joints. en le bougeant dans l'espace.
<b>PoseReader :</b>	Outil du Comet's Plugin permettant d'interpréter les différentes poses.
<b>Rigging :</b>	Procédé de la mise en place d'un squelette et de création de contrôle Permettant la déformation d'une créature par l'animateur.
<b>Sculpt :</b>	Design le Mesh dont le maillage a été travaillé.
<b>Sculpt tools :</b>	Outils permettant de remodeler le maillage.
<b>Set driven Key :</b>	Clé d'anim d'un objet dirigeant un autre.
<b>Skin :</b>	Mesh connecté à un Joint.
<b>SmoothBind :</b>	Commande qui connecte une ossature à un Mesh.
<b>Softbody :</b>	Simulation physique entraînant la transformation d'un corps.
<b>SpotLight :</b>	Type de light maya en forme de cône.
<b>Spring :</b>	Effet qui maintient les particules en cohésion, tout en contrôlant leur niveau d'élasticité.

**Survival Horror :** Type de jeu inspiré de fictions d'horreur.  
**Switch Fk/lk :** Passage du FK à L'IK, ou l'inverse.

**TD :** Technical director.  
**Template :** Etape d'utilisation de l'Autorig où l'on place des repères d'articulations.  
**Translate attributs :** Paramètres de position.

**Unity :** Moteur de jeu et logicielle 3D temps réel.

**Vertex :** Composant polygone.  
**Viewport :** Surface d'une fenêtre permettant de voir les polygones.  
**Weight :** Influence exercée sur le Mesh maya.  
**Wiimote :** Contrôleur de la console Nintendo Wii.  
**Workflow :** Terme anglo-saxon, correspondant à : Chaine de production.

## Références Bibliographiques :

- András Szunyogy, (2010), Grand cours d'anatomie artistique : L'animal, (ULLMANN).
- Paul Wells, (2009), The Animated Bestiary Animals, Cartoons, and Culture, Rutgers. (University Press).
- David Coleman, (2007), The Art of Animal Character Design Hardcover, (David's Doodles).
- Paul Wells, (2002), Animation, Genre and authorship, (London Wallflower).
- Arlette Serullaz, (2008), Bestiaire D'Eugene Delacroix, (Citadelles & Mazenod).
- Georges Vigarello, (2004), Histoire de la beauté : Le corps et l'art d'embellir de la Renaissance à nos jours, (Éditions du Seuil)
- Paul Wells, (2008), The Animated Bestiary: Animals, (Cartoons and Culture).
- Mike Mattesi, (2006), Force: Dynamic Life Drawing for Animators, (Focal Press).
- Mike Mattesi, (2011), Force: Animal locomotion and design concepts for animators, (Focal Press).
- Richard Williams, (2011), Techniques d'animation : Pour le dessin animé, l'animation 3D et le jeu vidéo, (Eyrolles).
- David Gould, (2005), Complete Maya Programming; Volume II, (Morgan Kaufmann).
- Jean-Pierre Digard, (2002), Chevaux et cavaliers arabes dans les arts d'Orient et d'Occident, (Gallimard).
- Ryan Mechtley, (2011), Maya Python for Games and Film, (CRC Press).
- Chris Maraffi, (2010), MEL Scripting a Character Rig in Maya, (New Riders).
- André Chastel, (1987), Léonard de Vinci Traité de la peinture, (Editions Berger Levrault).
- Kelly L. Murdock, Eric Allenn, (2008), Body Language: Advanced 3D Character Rigging, (John Wiley & Sons)
- David Rodriguez (2013), Animation Methods - Rigging Made Easy: Rig your first 3D Character in Maya, (CreateSpace Independent Publishing Platform)
- Keny Roy, (2013), How to Cheat in Maya 2014: Tools and Techniques for Character Animation, (Focal Press).
- Tina O'halley, (2013), Rig It Right! Maya Animation Rigging Concepts, (Focal Press).