

Université Paris 8

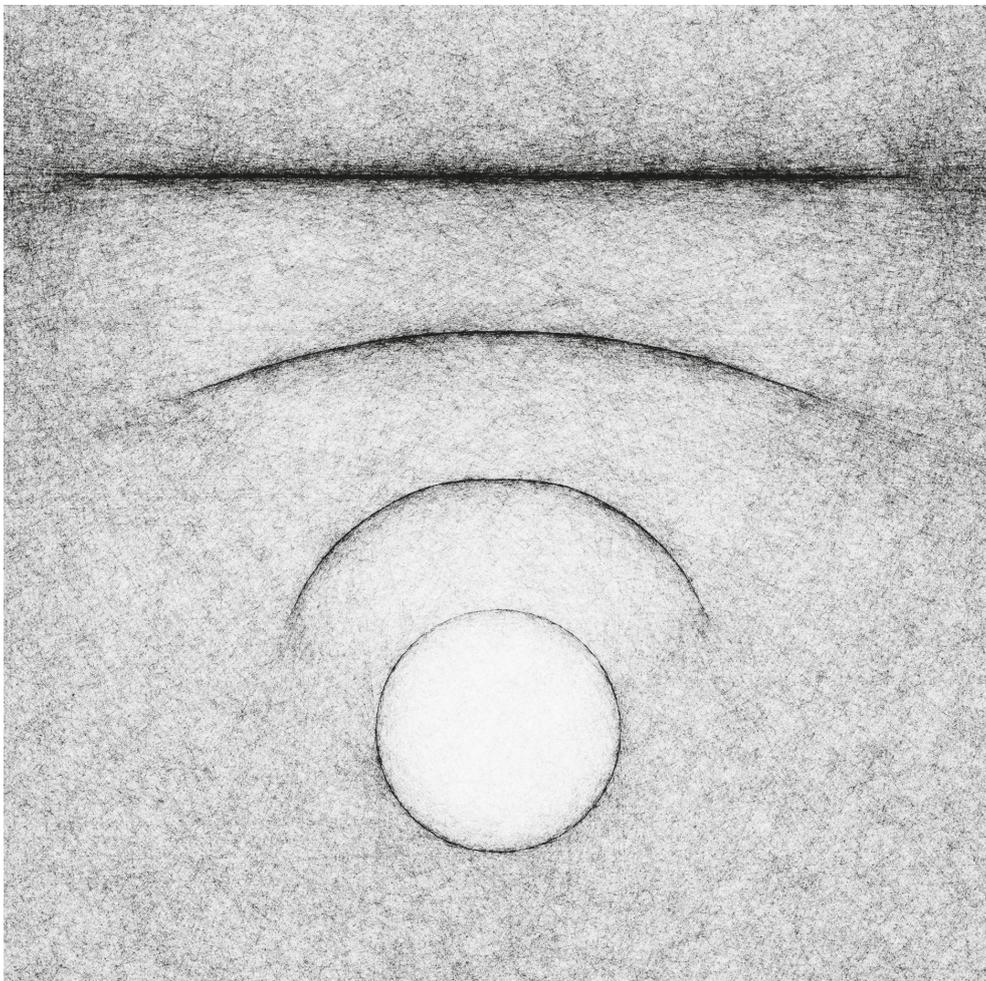
Master Arts

Mention : *Arts plastiques et Art Contemporain*  
Spécialité : *Arts et Technologies de l'Image Virtuelle*

# La Boucle d'animation

*L'histoire se répète*

Damien Picard



Sous la direction de Chu-Yin Chen et Marie-Hélène Tramus

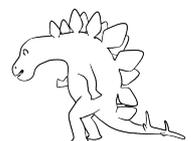
Mémoire de Master 2  
2013-2014

## Résumé

La boucle d'animation est la pratique qui consiste à relancer une séquence immédiatement après que sa lecture est terminée. Cette technique est employée depuis le XIX<sup>e</sup> siècle. Elle a été utilisée dans divers domaines, à diverses fins, par divers moyens, depuis les débuts de l'animation. Elle revient à la mode depuis quelques années. Ce mémoire présente, en plus d'un historique de la boucle, des manières et des techniques pour concevoir et animer une séquence en boucle. Il explore également des pistes pour présenter et diffuser les boucles, et essaie de montrer que la boucle peut être considérée comme un médium à part entière, singulier alliage de fixité et de mouvement, de photographie et de film, de dessin et d'animation.

## Abstract

The animated loop is the way a film sequence may start again right away after it has finished playing. This technique has been used extensively since the beginning of animation in the XIXth century, in various medias and purposes. It has been back into fashion for a few years. This master's thesis show-cases, in addition to a history of the animated loop, several ways and technical know-hows to design and animate a looping sequence. It also explores ways of presenting and making loops available to the public, and strives to show how the animated loop may be considered a medium per se, as an original compound of stillness and movement, photography and film, drawing and animation.



## Table des matières

1. Histoire de la boucle .....	4
1.1. Le thaumatrope et compagnie .....	4
1.2. L'animation filmée .....	6
1.3. Le jeu vidéo .....	7
1.4. Le GIF .....	8
2. Fabrication de boucles en images de synthèse.....	12
2.1. Conception : penser en boucle .....	12
2.2. Rythmes, tangentes, structure, etc.....	22
3. La boucle, un médium à part entière ?.....	32
3.1. Possibilités conceptuelles .....	32
3.2. Mode de diffusion : Web, installation, programmation .....	36
3.3. Possibilités expressives.....	39
4. Glossaire .....	47
5. Bibliographie.....	49
6. Annexes.....	50



Jacques Rouxel, dans *Les Shadoks, série ZO*, a dit, à propos de passoires, « que l'on ne change pas notablement les qualités de l'instrument en réduisant de moitié le nombre des trous. [...] Et, à la limite, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de trous du tout. » En nous intéressant à l'animation en boucles, ou en cycles, nous nous attacherons à montrer qu'on ne change pas notablement les qualités de la séquence en réduisant le nombre des images. Ce mémoire est né d'une tendance qui, sans être nouvelle, a bénéficié d'un regain d'intérêt et de visibilité au cours des dernières années. L'animation en boucle, née en même temps que l'animation tout court, a existé tout au long du XXe siècle, sous des formes diverses, mais rarement en tant qu'œuvre en soi. Avec le format d'image gif, qui offre un moyen d'expression et de publication à quasiment tout un chacun, elle revient à la mode, sur les réseaux sociaux et les sites de partage d'images. Mais trop souvent, ces boucles ont un intérêt qui ne va pas au-delà de leur caractère viral et éphémère. Au cours de ce mémoire, nous essaierons d'explorer la boucle comme médium de création et de diffusion, en expliquant ses contraintes techniques et artistiques, et en évoquant quelques pistes que nous avons suivies. Nous avertissons le lecteur que le sujet est vaste puisqu'il s'attache à démontrer la valeur de la boucle en tant que médium à part entière, et à décrire sa grande diversité. Ne pouvant prétendre à l'exhaustivité, il nous a fallu faire des choix quant aux œuvres existantes, et dans la description de nos travaux. Nous espérons cependant fournir une bonne introduction à la *boucle d'animation*.

## I. Histoire de la boucle

### I.1. Le thaumatrope et compagnie

Si certains situent les premières animations bien avant — dans certaines frises égyptiennes voire dans la peinture rupestre — le XIXe siècle est généralement considéré comme ayant vu naître l'animation. Grâce au développement de l'optique avec la photographie, des études sur le mouvement et la perception du mouvement par l'homme, de nombreux dispositifs voient le jour. Ils permettent d'animer des scènes, des personnages. Le premier et le plus simple de ces dispositifs optiques est le thaumatrope, jouet constitué d'une rondelle de carton mise en rotation par un bout de ficelle de chaque côté. Sur chaque face figure un dessin. Lors de la rotation du disque, les images se mélangent dans le cerveau, grâce à l'effet Phi [1]. Leur qualification en tant que boucle est soumise à caution, car le but du thaumatrope n'est pas de créer le mouvement, mais la *fusion* de deux images distinctes en une nouvelle image composite, plutôt qu'en une séquence d'images, une animation. Cependant, si le *frame rate*\*



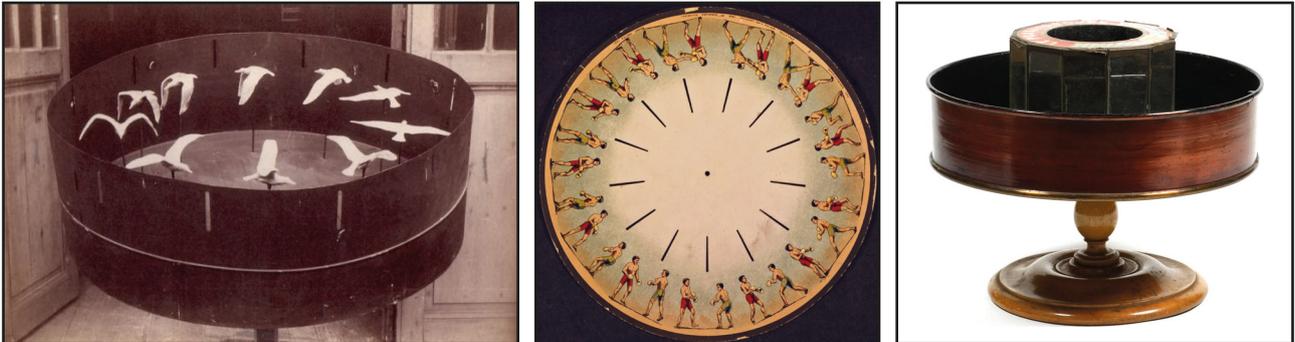
Les deux faces d'un thaumatrope du XIXe siècle.



[1] Voir la bibliographie en fin de mémoire.

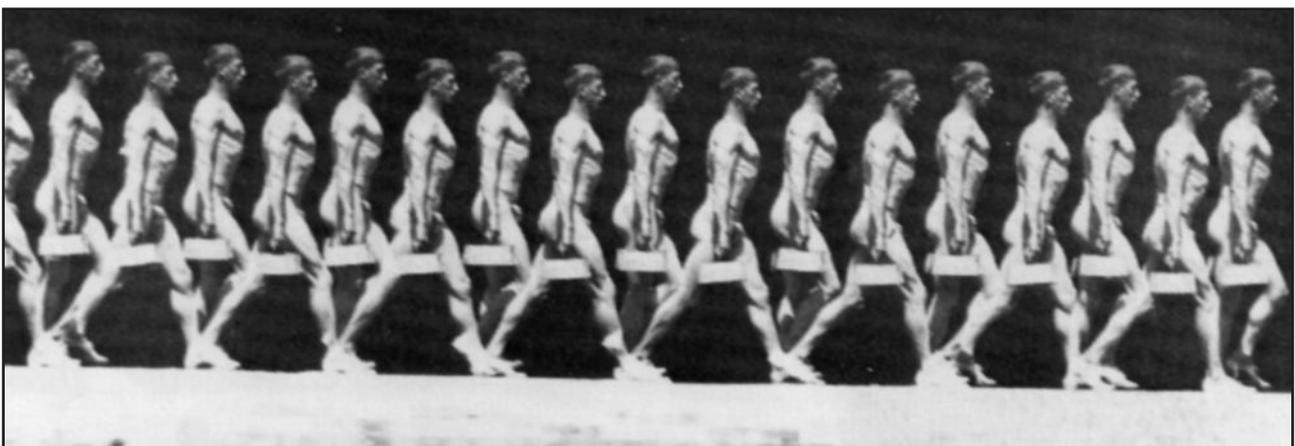
\* Les mots suivis d'une astérisque sont définis dans le glossaire.

est trop faible, la fusion peut ne pas s'opérer correctement, et créer une sorte de mouvement. Quoiqu'il en soit, en dehors de considérations de sciences cognitives, le thaumatrope est indiscutablement une séquence d'image, la plus petite possible en termes de nombre d'images, mais déjà d'une longueur infinie, ou potentiellement telle.



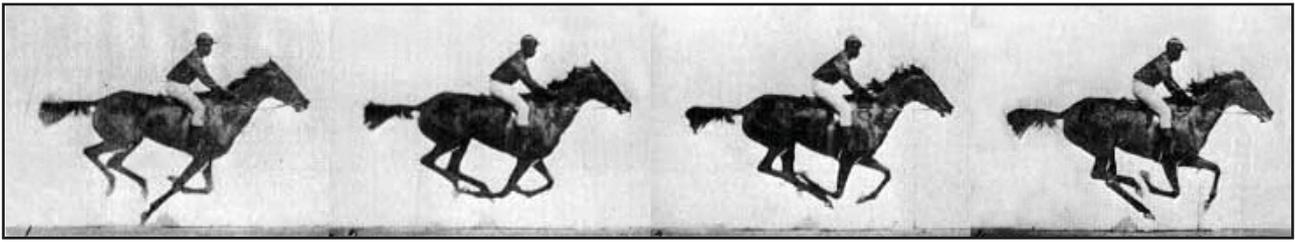
*Un zootrope volumique, un phénakistoscope et un praxinoscope.*

Le phénakistoscope, le zootrope, le praxinoscope, sont les véritables ancêtres de la boucle d'animation. Qualifiés aujourd'hui de « jouets optiques, » ils cherchent sous différentes formes à accomplir le même but : donner à leur utilisateur l'illusion du mouvement par le défilement rapide d'images dessinées. Ces dessins forment des boucles parce que leur nature cyclique est inhérente à leur conception : des disques ou cylindres tournent rapidement autour d'un axe ; le spectateur regarde dans une série de fentes ou de miroirs qui font office d'obturateur, défiler les images qui forment la séquence. Puisque l'appareil tourne en continu, il n'y a ni début, ni fin, d'où le choix logique de faire se raccorder la séquence à elle-même. Ces engins permettent de mettre en œuvre des séquences animées mettant en scène des personnages, souvent dans des gestes de la vie quotidienne, et sont les prémisses des principes qui auront cours dans l'animation au cours du XX<sup>e</sup> siècle.



*Jules-Étienne Marey, Homme marchant portant un poids*





Eadweard Muybridge, Cheval de course au galop

À peu près à la même époque, dans les studios des photographes et scientifiques Eadweard Muybridge aux États-Unis et Étienne-Jules Marey en France naît une technique photographique qui permet de mettre en évidence le mouvement d'un objet dans le temps : la *chronophotographie*. Marey est un scientifique qui utilise la photographie pour étudier le mouvement chez l'homme et les animaux. Une des techniques qu'il a mises au point permet d'exposer plusieurs fois une même surface sensible, faisant apparaître le sujet à différents instants de son mouvement, comme une sorte de frise. Le mouvement est évoqué dans une seule image par la succession des poses, mais il ne s'agit pas d'animation au sens où aucun dispositif ne peut rendre la composante primitive de l'animation qu'est le temps. En revanche, Muybridge a une approche moins rigoureuse, plus artistique de la chronophotographie. Ses images se présentent sous la forme d'une série de vignettes plutôt que d'une seule image composée des différentes poses ; différentes vignettes formant une action : voilà la base du cinéma, ou du moins le médium nécessaire à la capture du mouvement. Il reste encore à inventer le moyen de retransformer la séquence d'images en mouvement, par la projection. Muybridge est lui-même l'inventeur du zoopraxiscope, un des premiers appareils de projection, qui fonctionne lui aussi avec un disque, et donc en boucle.

## 1.2. L'animation filmée

Dès les premiers cartoons peints sur feuilles de celluloïd et filmés image par image par une caméra, une pratique d'animation limitée\* consistant à dessiner certaines animations en cycles voit le jour. Un bon exemple est celui des cycles de marche, qui ont perduré jusqu'aujourd'hui dans l'animation 3D. Typiquement, si un personnage marche pendant un temps donné, on n'en dessinera qu'un seul cycle sur celluloïd, que l'on répétera un nombre de fois suffisant pour avoir la durée d'animation voulue, tout en faisant défiler le décor derrière le personnage. Ainsi, on ne dessine par exemple qu'une seconde d'animation, soit 12 ou 24 images qui se répètent, et le défilement du décor peint donne l'illusion de l'avancée du personnage. Cette technique est très largement utilisée à partir des années 1930 dans les studios de dessin animé américains, puis par les Japonais, qui ont fait de cette technique au but initial d'économie, un des fondements de la janimation. Dans les six images présentées ci-après, extraites d'un cartoon de *Betty Boop*, un décor est peint sur une plaque de verre ou de plastique, tandis que le personnage est transféré de la feuille de papier à une feuille de celluloïde transparente, et peinte à la main. Mais plutôt que de dessiner chaque





### Betty Boop, A Song A Day, 1936

Pendant que le décor avance, le personnage répète son pas de danse. Seule l'expression du visage change légèrement entre les deux passages de la boucle.

image de la danse, qui dure plusieurs secondes, l'animateur a décidé d'utiliser l'animation en boucles, et de répéter plusieurs fois une séquence de quelques images, tandis que le décor défile à chaque image derrière le personnage. En comparant les deux passages, on s'aperçoit aisément que deux dessins de deux cycles sont identiques, placés au même endroit dans le cadre.

## 1.3. Le jeu vidéo

Le cycle d'animation est beaucoup utilisé dans le jeu vidéo, presque depuis ses débuts, et jusqu'aujourd'hui, sous des formes différentes, et pour des raisons légèrement différentes des cas énoncés plus haut. Jusqu'à l'apparition de la 3D dans les années 1990, le jeu vidéo se servait souvent de *sprites* pour afficher des personnages ou des éléments de décor. Les *sprites* sont des textures dessinées et affichées au moment propice. Elles peuvent prendre la forme d'images fixes, à la manière des décors peints, qui sont placés une fois pour toutes, mais elles peuvent surtout être constituées d'une séquence d'image, dont l'enchaînement crée l'animation du personnage. Si dans le dessin animé les séquences sont bouclées pour diminuer le nombre d'images à dessiner, dans le jeu vidéo le problème est autre : non seulement le nombre d'images est variable, puisqu'il dépend du temps de jeu et des actions du joueur, mais encore l'enchaînement de ces actions n'est pas prédéterminé, exception faite des séquences cinématiques scriptées, ou *cut scenes*. Pour un personnage donné, le designer dessine une séquence d'images



Quelques *sprites* de Super Mario World (1990). L'enchaînement de ces images crée l'animation du personnage.



pour chaque action que peut effectuer le personnage. Ainsi, Mario peut courir, sauter, vers la droite et vers la gauche, lancer des boules de feu, etc. Contrairement à l'animation de dessin animé où l'action est prévue dès le départ, le caractère interactif du jeu fait que les transitions entre ces différentes actions sont inexistantes, ce qui contribue plutôt à l'esthétique du jeu vidéo rétro qu'à un manque de réalisme. Par exemple, le protagoniste est immobile dans un décor car le joueur n'appuie sur aucune touche. L'animation *idle* (lorsque le personnage ne fait rien) tourne en boucle, le personnage respire ou ne bouge pas du tout. Lorsque le joueur décide d'appuyer sur la touche pour avancer, l'animation de marche va se lancer et l'écran défiler.

L'apparition des moteurs 3D a changé la manière dont sont animés les personnages de jeu vidéo, car le dessin affiché à l'écran n'est pas opéré au moment de la conception par le designer, mais par le moteur de rendu. Cependant, le problème de l'animation est le même, puisque la durée du jeu n'est toujours pas fixée à l'avance. La différence majeure, du point de vue de la boucle, est que des systèmes de transition complexes existent maintenant pour permettre à un personnage d'interrompre l'action en cours et de passer à l'action suivante sans que l'animation soit coupée d'un seul coup, ou qu'il y ait une latence entre deux actions. Ces systèmes de transitions sont possibles du fait que le rendu n'est pas précalculé : l'animation étant orchestrée par le programme informatique, la transition est calculée en temps réel. Nous insistons sur les questions de transitions car elles sont centrales dans la conception de boucles, plus encore que dans d'autres techniques d'animation.

## 1.4. Le GIF

Créé en 1987 par la société CompuServe, le format GIF (prononcé « jiffe »), pour Graphical Interchange Format, est un format d'image très répandu sur Internet. C'est au départ un format permettant d'échanger des images fixes rapidement, en raison de son taux de compression avantageux, et de la taille réduite des fichiers. Par la suite, le gif permet de transmettre des animations, en enregistrant chacune des images composant une animation, compressée séparément. Ce n'est donc pas véritablement un format vidéo, puisqu'on ne peut pas y enregistrer de piste son, et qu'il est plutôt apparenté aux formats d'image par son type de compression : spatiale et non temporelle. Le fichier gif peut stocker une palette de couleurs arbitraire, dans la limite de 256 couleurs. Cette limitation et la possibilité de compression par palettes donnent un aspect souvent reconnaissable aux images encodées en gif, à cause des effets de tramage ou de dispersion qui diminuent le nombre de couleurs et finalement la taille des fichiers. Cet encodage dégrade souvent considérablement l'image, et lui donne une sorte de caractère identifiable qui constituerait presque une esthétique en soi.



Le GIF animé est d'abord adopté sur Internet comme alternative à un autre format d'image, XBM, exclusivement en noir et blanc, et tombé depuis dans l'oubli. Les limitations du gif ont fait que pour les images fixes, il a été largement supplanté par le jpeg, le png, voire le svg pour les images vectorielles. Il ne reste employé que pour la facilité qu'il offre dans la création, l'intégration et le partage d'animations web.

Malgré la démocratisation des connexions haut débit et le début du web 2.0, en particulier YouTube qui permet d'échanger des vidéos rapidement, le gif est encore utilisé pour envoyer des courtes séquences muettes. Nous expliquons cette continuité d'intérêt par la nature cyclique du GIF. En théorie, on peut paramétrer l'enregistrement d'un GIF pour qu'il ne se répète qu'un nombre fini de fois, mais dans la pratique, une vaste majorité d'entre eux se répète à l'infini. Dans sa forme la plus primitive et la plus répandue, il ne s'agit que d'un extrait de vidéo trouvé ailleurs, choisi pour sa valeur comique, émouvante, choc, etc. et qui n'utilise pas du tout le phénomène de boucle. Une fois l'extrait terminé, il redémarre immédiatement sans transition. Ce qualificatif de primitif n'est pas péjoratif, car il suffit d'avoir consulté une fois un site comme Reddit, 9gag, maxgif, etc. pour se rendre compte de l'intérêt du GIF : ce n'est pas une vidéo, ni une image, mais un objet médiatique hybride, unique. Il est animé, et permet de transmettre plus d'informations qu'une seule image fixe. Il est court, contrairement à une vidéo de plusieurs minutes dont on a oublié le début en arrivant à la fin et que l'on n'a pas de scrupule à fermer. Là, une fois arrivée à la fin, la vidéo reprend au début et l'histoire se répète. Elle est en quelque sorte figée dans le temps, puisqu'elle reprend inmanquablement. Le visionneur arrêtera sans doute à la fin de la première lecture, mais d'une part la boucle ne s'arrête que quand la page est fermée, et d'autre part il aura souvent envie de revoir des détails de la vidéo, soit en se concentrant sur une partie donnée, soit en revoyant l'ensemble de l'action. Cette possibilité n'est offerte que par peu de médias vidéos. Ce médium se rapproche en cela des arts graphiques, où chaque détail peut être contemplé indéfiniment, ou des arts imprimés (littérature, bande dessinée), où le temps passé sur un paragraphe, une page, une case, une bulle, est entièrement à la charge du lecteur. On peut arguer que le cinéma, et surtout la vidéo, offrent cette possibilité au spectateur de regarder un passage en boucle comme le font souvent les enfants devant un dessin animé. Oui, mais aucun film commercial n'est à notre connaissance prévu pour être envisagé de cette manière, d'offrir la liberté au spectateur de revenir en arrière. Nous irons plus loin : le GIF n'en donne pas la liberté, il oblige à le faire ou à, en quelque sorte, quitter la séance. Nous ferons ici une analogie risquée : dans les ouvrages de la série *Harry Potter*, de J.K. Rowling, qui se déroulent dans un univers de sorciers et de magie, les photographies illustrant les livres et les journaux sont *animées*, c'est-à-dire littéralement douées d'une âme. Elles remplissent la même fonction que les photographies réelles, en apportant quelque chose de plus : dans ces livres, c'est de la magie ; les gifs ont un peu de cette magie.

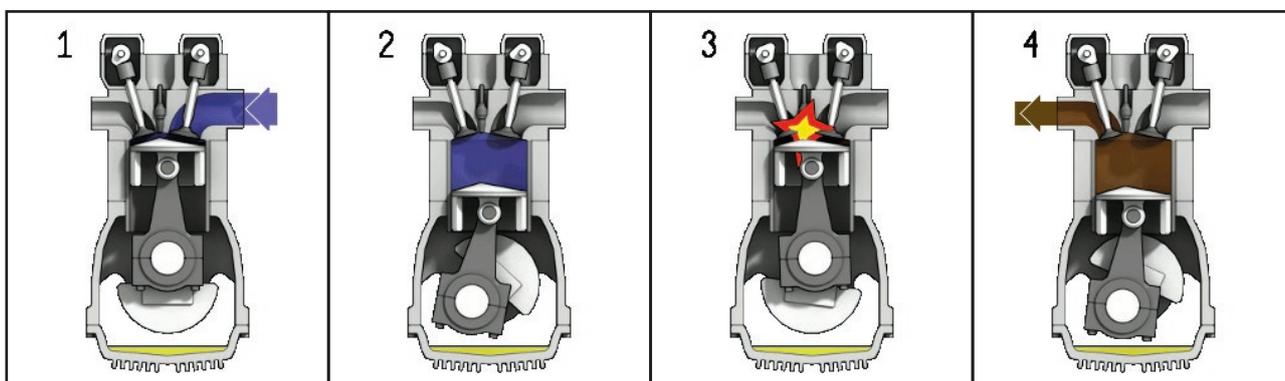


Le GIF est utilisé à des fins très diverses. Pour aborder différentes facettes de ce qu'on peut rencontrer sur Internet, nous essaierons d'en dresser une typologie. C'est une tâche herculéenne, tant le format est variable, comme tout ce qui se trouve sur le Web. Nous essaierons malgré cela de classer les animations dans plusieurs grandes catégories, selon un classement quelque peu arbitraire : pas complètement thématique ou stylistique, il se concentre sur les buts et méthodes de création en rapport avec la boucle, sans pour autant accorder plus de valeur à l'une ou l'autre des catégories. Notre catégorisation repose aussi sur le mode de visionnage de la séquence.



*GIF de première catégorie : un chat qui saute et tombe. Rien à ajouter.*

Nous classerons dans une première catégorie les gifs qui, comme nous le disions plus haut, ne sont que la conversion rapide de quelques secondes de vidéo. Ils bouclent souvent mal, et leur contenu se trouve la plupart du temps entre l'image et la vidéo : difficiles à communiquer par une simple image, mais ne justifiant pas de créer une vidéo. Ces gifs sont destinés à être regardés une fois ou deux avant de passer à autre chose. Outre les gifs à portée comique, on trouve aussi dans cette première catégorie des images à but choc ou pornographique. Nous n'en parlerons pas ici pour des raisons évidentes.



*GIF de deuxième catégorie : illustration du fonctionnement d'un moteur quatre temps. Extrait d'un article Wikipedia.*



Nous classerons dans la seconde catégorie, des gifs qui ont une valeur informative ou illustrative. Leur but est de présenter clairement une information, quand une image ou une suite d'image ne permet pas de l'exprimer aussi bien. Elles peuvent exister en complément d'un autre médium, textuel par exemple. Un traitement ou un choix particulier a été apporté pour permettre la continuité de la boucle. Par exemple, de nombreux articles de l'encyclopédie en ligne Wikipédia sont illustrés de gifs animés lorsque le texte demande une illustration d'un mouvement [2]. Contrairement aux gifs de la première catégorie, ces images exploitent le médium animé comme objet graphique, participent d'un effort de mise en page comme les autres illustrations, et existent dans un contexte pédagogique donné.



GIF de troisième catégorie, par Hateplow.

La troisième et dernière catégorie comprend les gifs conçus spécifiquement pour exploiter une boucle d'animation. Ils ont une portée que nous qualifierons d'artistique ou esthétique. Plus proches de la photographie ou du dessin d'art que de l'émission de vidéo-gag, ils ont pour simple but d'être beaux, plaisants, intéressants, conceptuels, ou toute notion relevant du domaine de l'art, et pas forcément drôles ou même figuratifs. Nous avons choisi une œuvre d'un artiste États-Unien, Zack Dougherty alias Hateplow [3], qui développe une esthétique *low-poly*\* en lien avec la sculpture et la scénographie. Il utilise des technologies comme le scan 3D, l'éclairage HDRI pour mettre en scène des sculptures virtuelles, qu'il présente sous la forme de gifs animés sur son blog.

Cette classification, nous le répétons, n'est ni objective, ni immuable, mais elle a pour mérite d'exposer des intérêts différents et complémentaires que peut avoir la boucle pour le public, et comment elle permet de transmettre des informations ou des émotions, tout comme peuvent le faire d'autres médias.

Pour conclure cette partie sur l'histoire du médium boucle, nous aimerions évoquer deux initiatives récentes pour la promotion de la boucle en tant qu'art. La première est le *Motion Photography Prize* [4], un prix remis par la galerie Saatchi à Londres et par Google, à des créateurs de gifs animés. Cette galerie est connue dans le milieu artistique pour avoir exposé et favorisé la notoriété d'artistes importants comme Damien Hirst, Tracey Emin et Jeff Koons, ce qui lui donne un poids international. Le fait que les galéristes aient choisi de remettre ce prix témoigne de l'intérêt que porte le monde de l'art au gif, en s'adjoignant la collaboration d'artistes prestigieux en tant que jury. Le prix se répartissait en six catégories : le paysage, le



mode de vie, l'action, la nuit, les gens, la ville. Les entrées sont presque toutes proches de la photographie ou du graphisme dans le style, et très peu de l'animation, traditionnelle ou 3D. Cependant, beaucoup d'entre elles sont au départ des vidéos, qui sont manipulées avec des techniques de montage, de retouche d'image ou de collage. Nous ne saurions dire que cette récompense augmentera la notoriété ou l'importance de la boucle d'animation auprès du grand public, mais elle a au moins le mérite de la légitimer en tant que pratique artistique.

La deuxième initiative, *Gifpop!* [5] est un projet d'édition sous forme de cartes lenticulaires\* de gifs conçus par des artistes ayant une certaine notoriété sur le Web en tant que « GIF artists ». Ce projet, financé via le site de finance participative\* Kickstarter, a l'ambition de faire du gif un médium analogique tangible, existant en-dehors de l'écran de l'ordinateur, dans le « monde réel ». Une partie de ce projet permet au client de faire imprimer un gif de son choix via le site web de l'entreprise. L'autre partie, plus intéressante, vise à produire (et non reproduire, bien que la limite soit ténue) des œuvres signées par des artistes, qui seraient au gif ce que la gravure artistique est au dessin : un moyen de produire des petites séries d'une œuvre, qui soient considérées comme authentiques, et cette démarche se distingue en cela du reste du marché de l'imagerie lenticulaire, qui ne fabrique que des objets sans statut d'œuvre d'art (cartes postales, marque-pages, publicités, etc.)

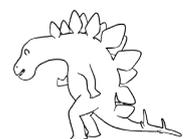
Nous ne prétendons pas que le statut d'œuvre d'art rehausse la qualité d'un objet et surtout pas d'une animation, surtout au vu du fonctionnement du marché de l'art contemporain, mais nous trouvons significatif qu'un intérêt soit porté au gif en-dehors de son lieu de naissance, Internet, et surtout le paradoxe que constitue l'émancipation du gif : une sorte de retour vers l'analogique d'un médium commencé sous forme numérique. Tout cela nous fait penser que le gif pourrait être dans les années qui viennent, un phénomène culturel d'importance, plus encore qu'aujourd'hui peut-être.

## 2. Fabrication de boucles en images de synthèse

Nous avons vu certains des procédés existants tirant parti de la boucle d'animation, en soi ou comme outil dans le cadre d'une technique. Nous allons maintenant nous attacher à décrire certains principes artistiques ou théoriques et techniques dégagés lors de nos recherches, et ce qu'il faut prendre en compte pour réussir à faire correctement boucler une animation en 3D.

### 2.1. Conception : penser en boucle

L'animation en boucle est traditionnellement utilisée, soit historiquement pour des « histoires » simples (par exemple dans le zootrope, constitué d'une trentaine d'images, pour un temps de l'ordre de la seconde dans l'animation en film), ou dans



le cadre d'une œuvre plus vaste (le cycle de marche par exemple). Ce que vise ce mémoire, c'est à obtenir des animations de durée relativement courte (une à dix secondes), pensées en boucle. Nous aborderons ici les différentes animations que nous avons réalisées au cours de l'année, et les enseignements conceptuels que nous en avons tirés.



Je vais visiter le musée Rodin : *recréation d'une scène d'impatience. Noter la destination du train, Saint-Denis Université, clin d'œil à notre faculté.*

Mais nous tenons d'abord à signaler que le travail effectué sur ce mémoire nous a fait observer le monde qui nous entoure d'une manière différente, en étant à l'affût des *phénomènes périodiques*. Par exemple, la première animation, intitulée « *Je vais visiter le musée Rodin* » et qui se déroule dans le métro parisien a, on s'en doute, été inspirée par un voyage en métro. En observant l'avancée du train dans un tunnel, nous avons remarqué plusieurs de ces phénomènes périodiques : le clignotement de la lampe indiquant la prochaine station, notre propre oscillation (qui ne sera finalement pas intégrée dans la séquence de synthèse, à cause d'un oubli ; on verra par la suite que ç'aurait été possible), et le reflet sur le plafond et dans les vitres des lumières balisant le tunnel. Dans la vraie vie, le trajet entre deux stations ne dure que quelques instants, une petite minute ; s'il dure plus c'est que la rame est arrêtée, et alors les phénomènes évoqués s'arrêtent. Mais en recréant la scène, nous pouvons à loisir la prolonger indéfiniment. À partir des deux secondes d'animation, nous en avons fait une vidéo de quarante, dont la qualité n'est certes pas vingt fois supérieure à celle d'un seul passage de la boucle, mais qui gagne tout de même en expressivité. Pour expliquer le titre de la vidéo, il faut dire que la lampe qui clignote dans le plan interactif au-dessus de la porte du métro indique que la prochaine station est Varenne, dans le septième arrondissement



de Paris, où se situe justement le musée Rodin. Je vais le visiter, mais n'y parviens jamais. Une simulation de la déception. Nous avons tenté une expérience en demandant à plusieurs personnes ce qu'elles ont pensé de ce voyage virtuel : « C'est long. » Nous avons réussi à recréer l'impatience du voyageur de métro, en seulement cinquante images d'animation !



Première « animation de personnage » nous mettant en scène.

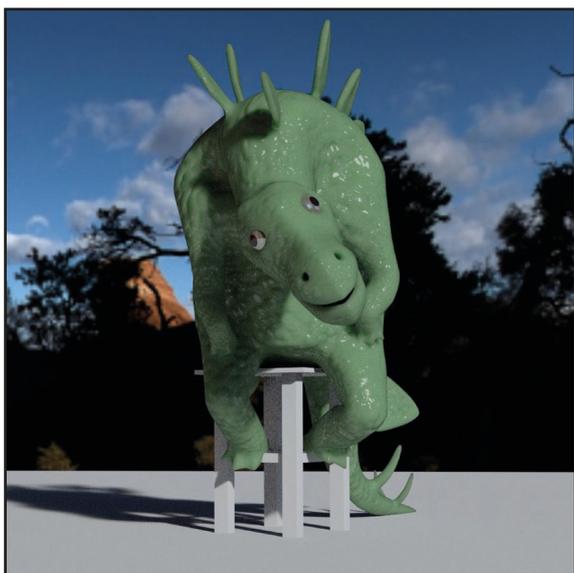
La première animation de personnage que nous avons réalisée cette année est en fait un enregistrement qui devait servir de référence pour l'animation de notre personnage, le Swagosaur. On nous y voit en train de marcher de droit et de gauche dans une pièce, en accéléré et avec une démarche vaguement reptilienne et surjouée. Lorsque nous avons lancé l'enregistrement, nous ne pensions pas à en faire une boucle, ni même à le garder. Mais en le regardant, nous nous sommes aperçu qu'il était possible de le faire facilement boucler. Le point de vue n'a pas changé, et il existe deux points dans le temps où l'image est identique : les moments où nous sortons du champ. En coupant ce qui se trouve à l'extérieur de ces deux points, l'image boucle naturellement : à la fin de la séquence, on retourne à son début et elle peut recommencer.

Cet accident nous a fait remarquer plusieurs choses. D'abord, qu'une animation en boucle peut prendre du sens par rapport à sa contrepartie « ouverte », linéaire et non cyclique, qui ne passe qu'une fois : au premier visionnage, nous entrons dans le champ et nous en sortons. Peu de choses à en dire. Mais dès lors qu'il y a deux, trois, n passages, l'attention se porte sur des détails qui paraissent anodins la première fois ; à commencer par cette question : « Où est-ce que ça boucle ? » La réponse n'est pas si évidente. Nous observons un changement dans



notre manière de regarder : pour savoir où la boucle se fait, il faut trouver des détails de l'image qui bouclent mal, des indices. Cela force à prêter attention à ces détails, mais cela laisse aussi le temps et le loisir de le faire, comme le cinéma ne le permet pas, et sans nécessiter d'arrêt sur image lourd, qui rompt le charme de l'animation. Dans cette vidéo, il n'est pas besoin de chercher bien longtemps pour trouver des zones qui aient changé entre la première et la dernière image, mais si on laisse son regard faire, il suit le personnage, et la zone située aux alentours du personnage au moment du bouclage n'a pas globalement changé. En revanche, d'autres changent de manière brusque : le sac posé sur le dossier du fauteuil, les papiers effleurés sur la petite table. Des détails infimes, que l'on n'aurait pas remarqués si l'on n'avait pas eu le temps pour le faire. Ce jeu qui existe naturellement dans la boucle, trouver où réside l'illusion de l'infini, donne à réfléchir sur l'image animée, en la rapprochant des arts plastiques plus traditionnels (peinture, sculpture, etc.), puisque tout en conservant certaines caractéristiques de l'animation, elle acquiert aussi une temporalité de visionnage différente, sans début ni fin, et donc une concentration plus aiguë sur les détails.

À propos de détail, cette vidéo nous a appris une deuxième chose : seuls des détails intelligibles peuvent être remarqués lors de la boucle. Cette vidéo a été prise dans des conditions de lumière médiocres, avec un appareil photo de moyenne qualité. Il en résulte beaucoup de bruit dans l'image, en plus de la compression vidéo. Mais ces deux aberrations ne donnent aucun indice sur le moment de la boucle. Nous avons d'abord pensé que c'était dû à leur ténuité par rapport au signal voulu. En fait, même si ce bruit était beaucoup plus intense, il ne donnerait pas plus d'indice. Pour que la boucle ne soit pas remarquée il faut, soit que les images de début et de fin soient identiques, soit que toutes les images soient également différentes les unes des autres, comme par exemple dans une pellicule de film noire mais pleine de grain, où l'on sent un défilement mais sans pouvoir en deviner le sens.



Le Swagosaure

De cette première vidéo, nous sommes passé à notre première animation, avec un personnage qui nous suivra un moment, le *Swagosaure*. Nous nous permettons ici d'aborder rapidement les raisons et le processus de sa création. Nous avons besoin pour nos expériences de pouvoir animer un personnage, mais puisque notre sujet n'est pas entièrement consacré à la technique de l'animation, nous avons répugné à utiliser un personnage que nous n'aurions pas créé. De plus, nous avons envie de disposer d'un personnage au rendu pseudo-réaliste, mais à l'apparence comique. Nous avons d'abord tenté de créer un être humain, mais limité par nos capacités de modélisation,



nous nous sommes rabattu sur le dinosaure, qui laisse plus de liberté dans l'interprétation de la forme. La majorité du processus de création a été faite dans le programme Blender, de la modélisation au rendu. Les textures ont été créées à partir d'un *sculpt* (sculpture numérique détaillée) de la peau, *baké* en *normal map* (rendu dans une texture ajoutant du détail au grain de la peau). Le *rig*\* a été l'étape la plus délicate, malgré l'utilisation d'un script de *rigging* automatique, Rigify. Nos compétences dans ce domaine étant succinctes, le *rig* a été très peu adapté, et le poids des os très peu retouché, d'où proviennent des problèmes de *skinning*, qui ont heureusement un effet comique intéressant. Le seul véritable ajout que nous ayons fait au *rig* du dinosaure est un système d'animation pour la queue, que nous avons échoué à faire en cinématique inverse pour des raisons de dépendance circulaire. Nous avons donc simplement fait une chaîne d'os en cinématique directe, avec deux os de contrôle qui conduisent une dizaine d'os de déformation, pour obtenir un mouvement plus fluide.



La première marche du Swagosauare.

Nous en venons à la première animation du Swagosauare : le fameux cycle de marche. Nous avons envie d'exploiter les possibilités de l'animation 3D de manière plus étendue que le cycle 2D, dans lequel on dessine un certains nombres d'images (typiquement douze ou vingt-quatre, pour une durée d'une seconde, soit environ la période de répétition de la marche chez l'Homme). En 3D, cette méthode n'a de sens que si le personnage est fixe et que le décor se déplace derrière lui. En revanche, si le personnage se déplace dans le cadre, la perspective change et il faut alors calculer des images pour chaque cycle. Mais à la différence de l'animation dessinée, le travail de l'animateur est le même pour un ou plusieurs cycles. Cette séquence présente donc notre dinosaure qui entre dans le cadre par la droite, erre sans but apparent dans une rue d'apparence simpliste, et sort côté jardin. L'animation de cette première séquence est tout-à-fait médiocre,

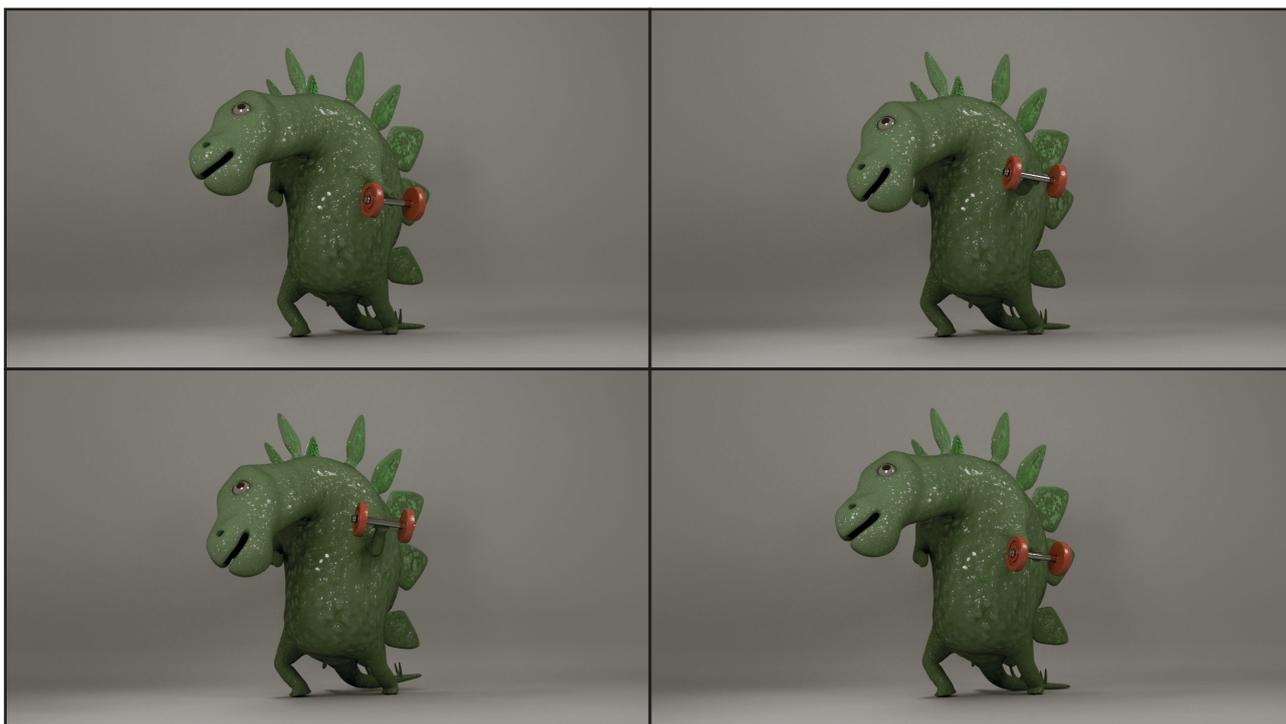


principalement parce que nous nous sommes concentré pendant un long moment sur des problèmes de rendu, la mise en place d'un éclairage HDRI avec le moteur de rendu de Blender, *Cycles*, et qu'une fois l'animation grossièrement en place, nous avons lancé le rendu sans la raffiner. La médiocrité de cette animation lui donne aussi son caractère d'errance, de somnambulisme, spécialement dans la raideur de la queue et du haut du corps, et peut-être son charme. Nous mentionnons ces imperfections pour aborder la méthode que nous avons suivie lors de nos expérimentations : en partant d'une idée, ne pas nous restreindre à une méthode d'exécution ou à des critères de perfection. Cela peut sembler d'un feignant, mais c'est en fait un moyen de laisser l'accident introduire des éléments dans notre travail, d'amener de la diversité et de l'inattendu, à la manière du *glitch*, qui exploite des phénomènes indésirables pour dégrader une image et lui donner son esthétique. Nous avons réinventé l'esthétique du Nul (mais nous ne faisons que tendre vers zéro, nous ne croyons pas qu'il soit possible de l'atteindre.) Cette esthétique est également liée pour nous à la notion introduite plus haut, de détails dans la boucle. Si cette séquence n'était pas répétée, soit qu'elle fasse partie d'une œuvre plus large, soit qu'elle ne dure que quelques secondes, l'œil ne pourrait pas se focaliser sur les détails de l'image en tant que signifiant, et ne remarquerait peut-être pas la forme de la grille d'égout, les boisures de la porte — qui sont il est vrai, assez schématiques — seulement leur présence, leur symbole. La boucle, nous l'espérons, redonne de la matérialité aux détails de la vidéo.

Cette vidéo nous a permis d'explorer d'autres concepts narratifs simples, qui prennent la forme de questions ouvertes en partie liées au médium. Qui est ce dinosaure ? Où va-t-il, quel est le but de son errance ? Plus intéressant : pourquoi repasse-t-il continuellement dans cette rue ? C'est-à-dire, comment ? s'agit-il d'une ellipse narrative, qui condenserait dans le temps des passages éloignés ? s'agit-il d'une procession, n'y a-t-il qu'un seul personnage ? Ces questions sont volontairement ouvertes à l'interprétation, parce qu'à notre connaissance, les codes de représentation visuelle n'incluent pas vraiment cette sorte de dynamique, où l'œil suit d'abord le personnage, puis prédit sa sortie du cadre et son entrée de l'autre côté. Nous avons compris rapidement que ces questions n'avaient pas de réponse, et qu'ils sont ce qui fait le côté étrange, et attirant, de l'animation en boucle.

Une considération technique est aussi née de cette séquence : celle du hors-champ. Le dinosaure entre et sort du champ au cours de la vidéo. Mais un élément que nous n'avions pas considéré empêche la boucle de fonctionner parfaitement. Le dinosaure, sans être physiquement à l'écran au moment de la transition, y est en fait en permanence, à cause de l'irruption de son ombre au sol et de son reflet (léger) dans les poteaux qui bordent le trottoir. Ce problème est dû à ce que nous n'avons animé le dinosaure qu'à l'intérieur du cadre. Pour remédier à ce problème il aurait fallu, soit animer le personnage quelques mètres hors champ, pour que l'ombre et le reflet soient invisibles, ou au moins imperceptibles, ou alors dupliquer le dinosaure plusieurs fois, pour que les ombres de début et de fin restent en place au moment du passage de la boucle.

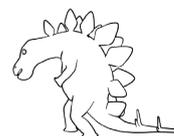




### L'Altérosaure

La vidéo suivante consiste en un plan moyen sur le Swagosaure en train de pratiquer de l'activité physique. L'animation est à la fois plus simple et plus achevée que dans la précédente : pas de mouvement des pieds, mais une oscillation générale du corps. Le décor est plus simpliste encore, un cyclorama et un éclairage à trois points. Une altère de musculation pour tout accessoire. Trois nouveaux points sont à noter pour cette vidéo. Le phénomène périodique que constitue la boucle peut en comprendre plusieurs autres, qui ont globalement la même fréquence, mais pas nécessairement le même rythme. Ici, l'oscillation de la tête a un rythme à peu près sinusoïdal, mais celle de l'altère est asymétrique : elle descend plus vite qu'elle ne monte. La queue, elle, se gâine de manière impulsive pour souligner l'effort à la fin de celui-ci. Le mouvement du corps suit encore un quatrième rythme. Ces quatre rythmes contradictoires ou complémentaires créent une dynamique au sein de la boucle, rythme qui en la complexifiant masque légèrement la nature cyclique de l'animation. Dans cette vidéo, les différents rythmes sont très distincts mais on peut imaginer une vidéo dans laquelle ils soient vraiment mêlés harmonieusement. Un meilleur cycle de marche, comme celui que nous verrons ensuite, réussit ce mélange, simplement à cause de la nature mécanique de la déambulation, et de l'imbrication des différents mouvements.

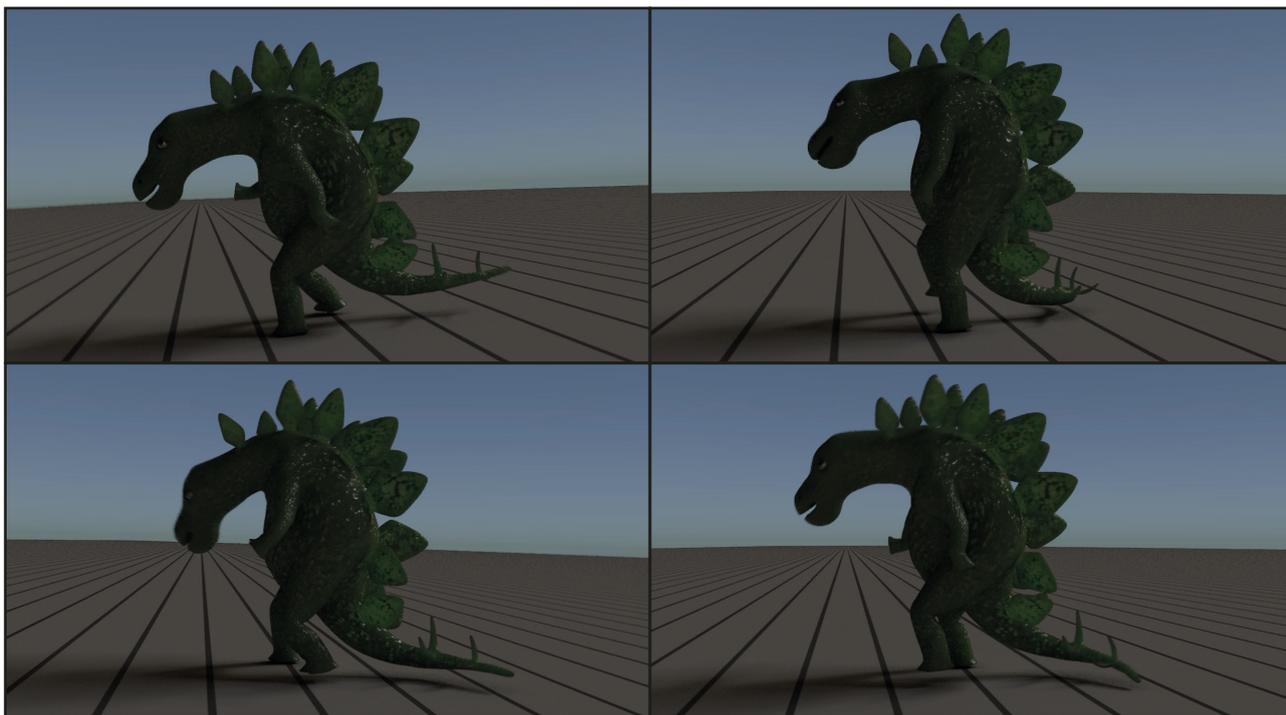
Un autre élément à remarquer est la proportion inhabituelle du Swagosaure. Ses membres sont chétifs par rapport au corps. Nous avons en effet fait un simple *scale* (homothétie) des os du corps, ce qui a eu pour effet de le faire enfler, tout en restant correctement lié au reste. Si cela ne change rien à la dynamique de la boucle, en revanche cela ajoute de l'intérêt à l'his-



toire en présentant un personnage en forme de sac à pommes de terre en train de pratiquer la culture physique. Comme on peut le deviner, cette manipulation est là encore due à un heureux accident, de type « pour voir comment ça fait. »

Enfin, il est à noter que c'est la première de nos animations de personnage qui boucle parfaitement sur elle-même. La simplicité du décor et surtout le mouvement sur place facilitent beaucoup le succès d'une boucle en 3D, car alors la difficulté est de l'ordre de l'animation, et non du rendu.

À propos de la manière dont nous avons eu l'idée dont a résulté cette séquence : nous cherchions un phénomène périodique courant, une action simple mais potentiellement comique. Nous avions l'idée, à ce moment, de multiplier les situations dans lesquelles nous mettrions le Swagosaure, dans l'optique de raconter de manière erratique une histoire qui pourrait être la sienne. Cependant, nous avons abandonné peu à peu cette idée, d'abord parce que l'animation prend beaucoup de temps et que nous avons estimé que le résultat ne valait probablement pas l'investissement. Ensuite à cause de la difficulté d'obtenir et surtout de présenter des boucles « pures », c'est-à-dire qui continuent indéfiniment au gré de la patience du spectateur.



*Cycle de marche*

La vidéo suivante est une manière de questionner le rapport du temps à l'espace en 3D, question centrale dans l'animation. C'est de nouveau un cycle de marche, mais qui ignore certains des problèmes soulevés par le premier. Tandis que celui-là se concentrait sur l'action du personnage, son franchissement du cadre, celui-ci, en gardant le personnage centré à l'écran, s'assure que le spectateur sait de quoi il s'agit : le Swagosaure a entrepris, dans un point



passé, une marche a priori infinie, comme peut seule la représenter une boucle. Cependant, en faisant défiler le décor et non le personnage, avec un repère spatial en plus du repère temporel que constitue la durée de la période de marche, le spectateur peut mesurer la distance parcourue par le dinosaure, ou du moins sa vitesse. On connaît la durée de la période : exactement deux secondes. Selon une échelle arbitraire, d'après une hauteur choisie lors de la modélisation du Swagosaure, il mesure deux mètres, et parcourt environ 60 cm entre deux lignes, soit 30cm/s. À partir de ces données, on peut savoir que le dinosaure se déplace à la vitesse moyenne d'un kilomètre par heure. Ce résultat est quelque peu anecdotique, mais il ancre néanmoins le personnage dans une certaine réalité géométrique. On peut même envisager de calculer la distance qu'il a parcourue depuis le début de l'Univers, puisque la boucle n'a pas de début. Si nos calculs sont bons, il aurait parcouru  $1,3 \times 10^{14}$  kilomètres, ce qui est une distance que peuvent lui envier les plus grands marathoniens.

Le mouvement de caméra, dit *camera shake* ou tremblement de caméra, se produit à chaque pas du personnage, pour souligner sa pesanteur. Nous voyons que ce mouvement ne nuit en rien au fonctionnement de la boucle, car il ne se déroule pas au moment du passage de la boucle. Il aurait pu, ou même être présent tout au long de la séquence, mais il aurait fallu être vigilant sur le passage de boucle, pour éviter qu'il y ait une saute perceptible.



*Le semeur, Vincent Van Gogh*

Une chose fascinante dont nous nous sommes aperçu en fabriquant cette séquence, est que la boucle est rendue possible par un détail auquel on ne prête pas attention d'abord. On sait que le dinosaure est fixe à l'écran, et que le décor se déplace. On voit aussi que le décor mérite à peine ce nom, tant il est simpliste — encore qu'il fasse volontairement référence à certains décors de peinture, notamment un dessin de Vincent Van Gogh, *Le Semeur*, dans une lettre à son frère Théo, mais plus parfaitement géométrique. Ce que l'on voit moins, c'est que lorsque le décor se déplace, non seulement il parcourt bien sûr la distance entre deux pas du Swagosaure, mais également ce qui était une ligne dans le passage précédent devient dans le passage courant la ligne d'à côté. En d'autres termes, il n'y a dans le temps qu'une seule ligne, ou qu'un seul motif répétitif, de période spatiale 60 cm. Ce qui veut dire que pour concevoir ce type de décor, il faut ruser. Nous avons fait le choix de ce motif pour les raisons évoquées précédemment, mais nous avons aussi trouvé d'autres solutions pour résoudre ce problème de similitude spatiale (solutions non mises en œuvre). Nous aurions pu par exemple ne rendre que le dinosaure détourné, et faire défiler un décor peint ou rendu séparément ; ou le faire marcher dans différents décors, avec une transition à chaque période spatiale ; ou bien découper le décor en différents plans, se déplaçant à une vitesse dépendant de leur distance à la caméra (les montagnes en arrière-plan très vite, les cailloux du premier



plan très lentement, etc.), sur le principe de la caméra multiplane de l'animation traditionnelle, mais à des vitesses multiples de la période fondamentale. Cette solution aurait été la plus élégante, car elle aurait permis une boucle « pure », qui se suffirait à elle-même.



La Chaîne reptilienne : deux ondulations contradictoires.

Il ne nous reste à présent que peu de vidéos mettant en scène le Swagosauve. L'une d'entre elle, bien qu'amusante — le dinosaure court sur place après sa queue — n'ajoute que peu à ce mémoire d'un point de vue conceptuel et nous ne l'aborderons pas ici. Nous parlerons de la vidéo dite « des seaux », qui met en scène trois dinosaures faisant face à la caméra, côte à côte, et organisant ce que nous avons appelé une « chaîne reptilienne », en faisant circuler des seaux à leur voisin. Chaque dinosaure est animé individuellement, et deux seaux apparaissent simultanément à l'écran. On peut noter immédiatement que nous avons de nouveau commis l'erreur de ne pas prendre en compte l'ombre des objets hors-champ, qui dévoile la supercherie quand on s'aperçoit que les membres de la chaîne qui sont suggérés hors champ n'existent en fait pas. Pire, le seau de gauche apparaît d'un coup dans l'air. Pour une solution à ce problème, se référer au paragraphe décrivant la marche dans la rue. Cette séquence continue l'exploration des phénomènes périodiques, en se concentrant sur le phénomène d'ondulation. Une double ondulation a lieu dans cette boucle. La plus évidente est celle des seaux, qui sont transmis par des personnages fixes, de la même manière que la mer reste globalement sur place tandis que les vagues avancent. Les seaux et leur contenu se déplacent alors que leurs porteurs ne font qu'onduler. Cela permet une vision duelle : celle de chacun des dinosaure, dont le spectateur peut détailler le mouvement, chercher les différences entre les personnages, etc ; et celle des seaux, qui se déplacent en continu (en lévitation par moments). Cette dualité est encore une fois permise par la durée d'observation offerte par le médium-boucle.



La deuxième ondulation, qui se fait en sens inverse, est celle du changement de teinte des dinosaures. Sur une échelle de teinte de 0 à 1, chacun d'eux change de teinte avec une allure linéaire (modulo 1), et chacun est décalé d'un tiers par rapport à son voisin de gauche. On assiste donc à un phénomène d'onde, où la couleur, à cause du retard d'un personnage à l'autre, se « transmet » de droite à gauche à l'écran, à la manière de certaines guirlandes de Noël (effet Phi\*). Nous avons fait le choix de mettre en scène trois dinosaures, car c'est le nombre minimum qu'il faut pour créer l'illusion d'une onde, d'un déplacement, ce que nous montrerons plus loin.

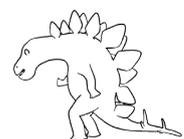
Nous reparlerons plus loin du Swagosaure, mais pour l'heure nous avons tiré de ses aventures suffisamment de conclusions théoriques. Nous aborderons maintenant une partie plus pratique où le dinosaure jouera également un rôle.

## 2.2. Rythmes, tangentes, structure, etc.

Nous avons vu un certain nombre de considérations d'ordre artistique ou narratif. Nous allons maintenant aborder les problématiques techniques de fabrication d'animation en boucle.

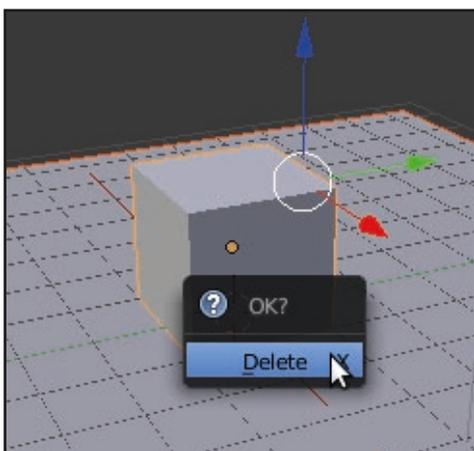
Nous commencerons par partir d'un exemple simple, à la manière des exercices d'animation façon Disney. Une balle qui rebondit. L'exercice traditionnel est de dessiner la trajectoire de la balle, avec des rebonds en forme de paraboles, puis de *timer* et *spacer* l'avancée de la balle le long de la trajectoire. C'est ce que nous ferons ici, à la différence que nous pourrons, et devons même créer un mouvement perpétuel qui, nous le rappelons, est impossible d'après les principes de la thermodynamique. Dans l'exercice « classique », la balle a un point de départ, un point de fin et suit son trajet entre ces deux points. Mais en boucle, nous commençons à nous en rendre compte, il n'y a ni départ ni arrivée, ni début ni fin, ni alpha ni oméga, seulement une succession d'états. Le choix des points d'entrée et de sortie ne dépendra donc pas de critères narratifs ou logiques, mais seulement de critères pratiques. Pour cette balle nous allons choisir de faire démarrer son mouvement au milieu de l'écran, au sommet d'une parabole. Contrairement à l'exercice traditionnel, où la trajectoire est assez libre à l'exception des deux points de début et fin, il faut ici en décider d'avance, en divisant rigoureusement l'écran en segments. En effet, puisqu'il y a mouvement perpétuel, la balle ne peut pas globalement ralentir, ni les rebonds diminuer de largeur. Nous verrons quelles manipulations effectuer dans Blender pour obtenir cette trajectoire.

Nous commençons par sélectionner tous les objets de la scène de démarrage, à l'exception de la caméra, et nous les supprimons. Nous réglons la caméra avec les valeurs à ci-dessous à droite, de manière à avoir le sol bord-cadre, et pas de perspective. La valeur de l'échelle de la caméra (*orthographic scale*) est calculée à partir du rapport d'image, ici 16:9 et de la hauteur de la caméra, 2 unités. Nous entrons directement dans le champ l'expres-

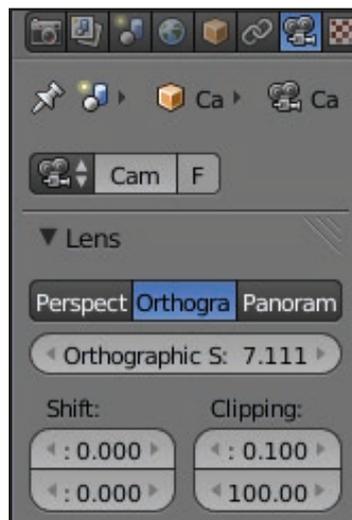


sion :  $16 / 9 * 2 * 2$ . Le deuxième facteur 2 est dû au fait que le centre de l'objet caméra est situé à la moitié du champ. Nous ajoutons ensuite une balle avec Shift + A, Mesh, UV Sphere. Nous diminuons sa taille avec S.

Nous passons ensuite dans le *layout* animation. Nous avons ainsi accès aux fenêtres Dope Sheet et Graph Editor, que nous privilégierons. Nous choisissons tout de suite la durée de l'animation, mettons 140 images. Une subtilité réside dans ce choix, que nous exposerons plus loin.

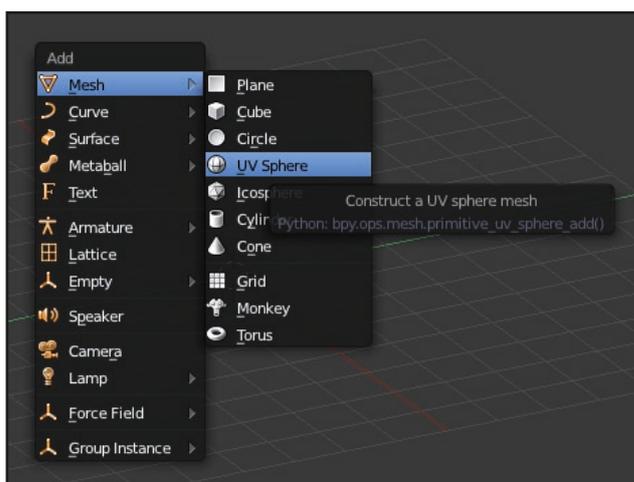


Supprimer les objets sélectionnés

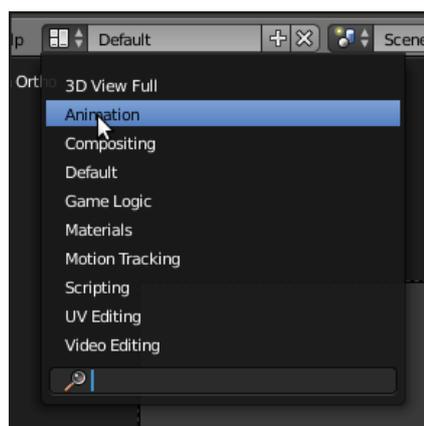


Réglages de la caméra

Nous n'animerons ici que la position de la balle ; pour cela, nous la plaçons à une hauteur convenable pour son premier pic, et nous ajoutons des clefs sur la positions avec I, Location.

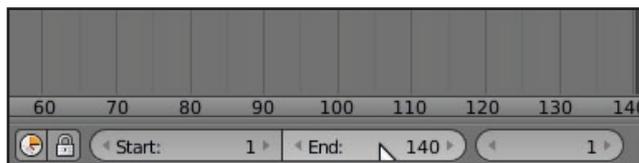


Ajout d'une sphère.

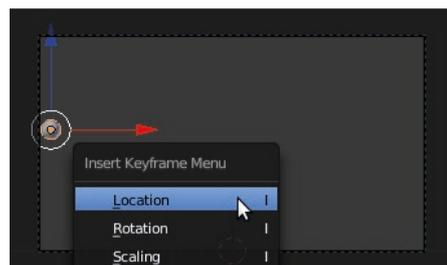


Layout Animation.



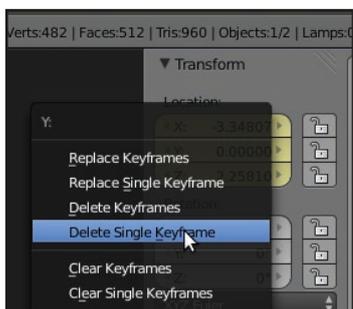


Réglage de l'image de fin.

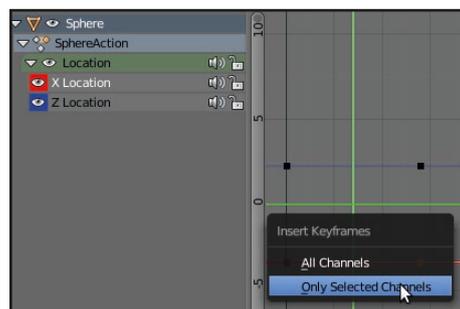


Ajout d'une clef de position.

Nous pouvons immédiatement supprimer la clef de profondeur dans le panneau de transformation de l'objet, en faisant un clic-droit sur la composante Y de la position, puis Delete Single Keyframe. Nous

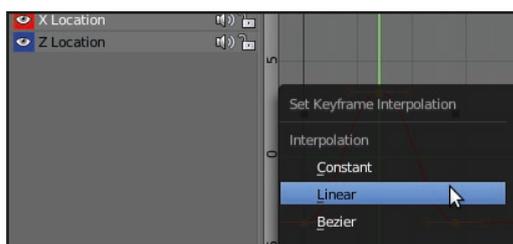


Suppression d'une clef d'animation

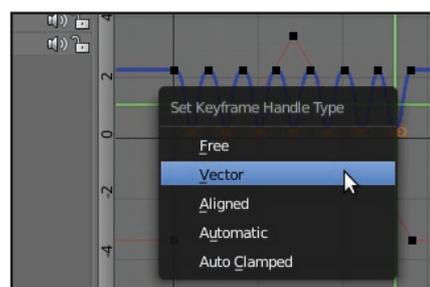


Ajout d'une clef d'animation dans le canal X.

allons animer la composante horizontale du déplacement de la balle. Nous ajoutons tout de suite une clef à la fin de l'animation, à l'image 141. Puis en se plaçant à la moitié de la *timeline*, soit à l'image 71, nous déplaçons la balle sur le bord droit du cadre, et nous ajoutons une clef en sélectionnant une clef du canal X dans le Graph Editor, puis I, Only Selected Channels.



Choix d'une interpolation linéaire entre les clefs

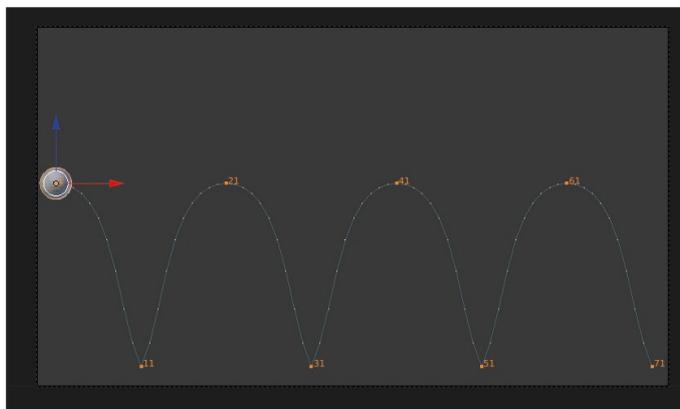


Sélection du type de poignée.

Il y a pour le moment des amortis sur le déplacement de la balle, car l'interpolation entre les clefs se fait avec des courbes de Bézier. Nous voulons que le déplacement soit linéaire (rappel : pas de perte ou de gain de vitesse). Nous sélectionnons les clefs en X, puis nous choisissons une interpolation linéaire avec T, Linear. Lorsque nous lançons l'animation, la balle fait un mouvement de va-et-vient, suspendue à sa hauteur initiale.



Nous allons maintenant l'animer sur l'axe vertical Z. Nous avons ici décidé que la balle fera un rebond toutes les vingt secondes. Nous sélectionnons la clef de position initiale, le copions avec CTRL + C, puis nous nous déplaçons de vingt secondes, et nous la collons avec CTRL + V. Nous recommençons jusqu'à couvrir tout le *framerange*. Nous avons placé les extrêmes supérieurs, passons aux extrêmes inférieurs. Nous nous plaçons à l'image 11, déplaçons la balle jusqu'à ce qu'elle soit sur le sol, et insérons une clef. Puis nous recommençons la duplication de la clef de vingt en vingt images. La balle se déplace presque comme nous le souhaitons, à part qu'elle décrit des sinusoides dans l'air, alors que nous souhaitons des rebonds. Nous sélectionnons donc les clefs de la position basse en Z, et en changeant le type de clef avec V, Vector, nous obtenons un rebond de balle digne de ce nom. Lorsque nous lançons l'animation, nous voyons que la balle se comporte comme attendu.



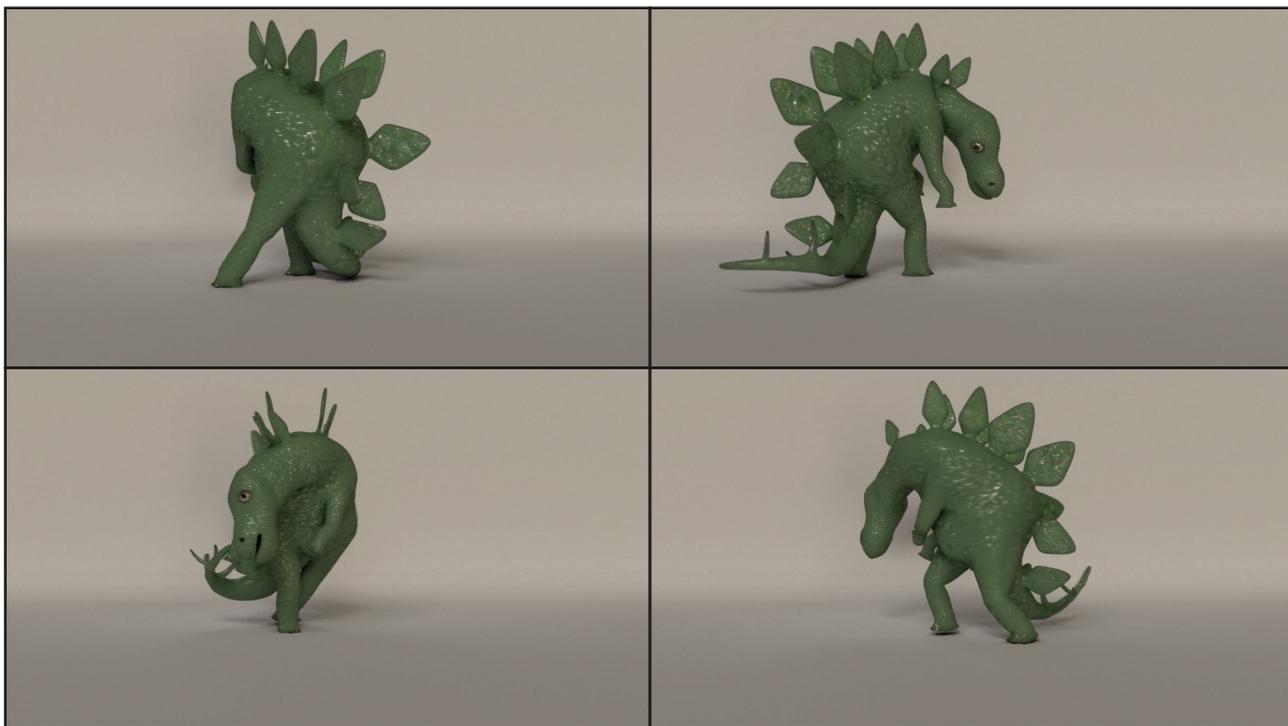
**Succès ! Une belle trajectoire en boucle.**

Les lecteurs les plus attentifs auront remarqué une incongruité. Nous avons décidé d'une durée de 140 images, et placé la dernière clef une image plus loin, à l'image 141. Cette pratique est indispensable pour obtenir une boucle qui marche : en effet, nous animons la balle comme si elle continuait plus loin, et nous coupons la séquence une image avant que la balle ne se retrouve à son point de départ. Ainsi, la première image de la boucle arrive une image après la dernière, et la boucle peut recommencer. Dans cet exercice, ça ne simplifie pas considérablement le travail ; mais lorsque nous concevons une animation plus complexe, comme un cycle de marche, nous devons parfois dupliquer des clefs à l'extérieur du *framerange*, pour que l'interpolation de l'animation tombe correctement aux première et dernière images.

Ce *tutorial* est un exemple simple de l'animation en boucle, mais tout peut se résumer ainsi : pour qu'une animation boucle correctement sur elle-même, il faut que la dernière image (plus une) soit identique à la première, et que la vitesse de chaque élément de l'image soit identique. En d'autres termes, que pour chaque pixel, la position et la vitesse soient identiques. La vitesse étant la dérivée de la position par rapport au temps, ou encore la valeur de la pente de la tangente à la courbe de position, il faut que les clefs d'animation soient identiques au début et à la fin, en termes de valeurs ET de tangentes.

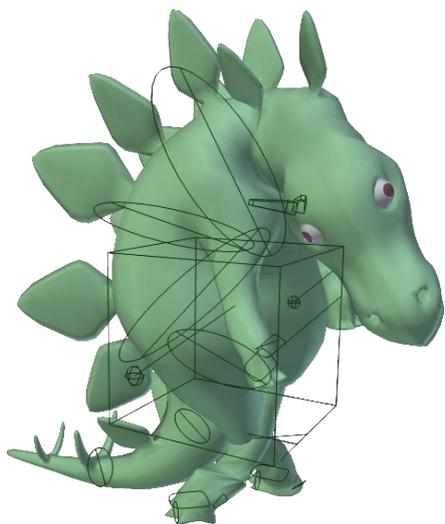
Une fois cette première petite boucle réalisée, nous allons nous attaquer à un sujet d'étude plus complexe : le Swagosaure. Nous verrons ensemble comment est animée la scène de chasse de la queue. Nous choisissons d'abord, un peu arbitrairement, une



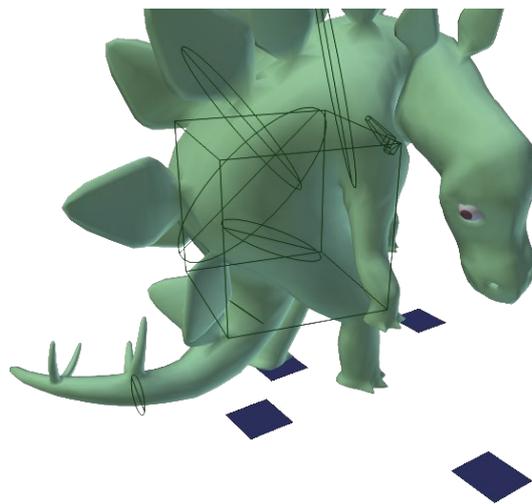


La Chasse à la queue : Le Swagosaure est un être simple.

durée (ou plutôt *période* puisqu'il s'agit d'une boucle) à la séquence. Nous avons choisi, après nous être chronométré en train de faire des tours sur nous-même, une durée d'un peu plus d'une seconde et demi, quarante images. Première remarque : la caméra est fixe, mais si tel n'était pas le cas, c'est la première chose à animer, comme dans toute animation, pour la simple raison qu'il est inutile, sauf



Les genoux sont croisés après l'animation du torse



Les positions successives du pied gauche au sol sont repérées par les marqueurs bleus.

exceptions, d'animer des objets invisibles, soient qu'ils soient hors-champ, ou cachés par d'autres. Le dinosaure a un mouvement circulaire sur lui-même. Nous animons

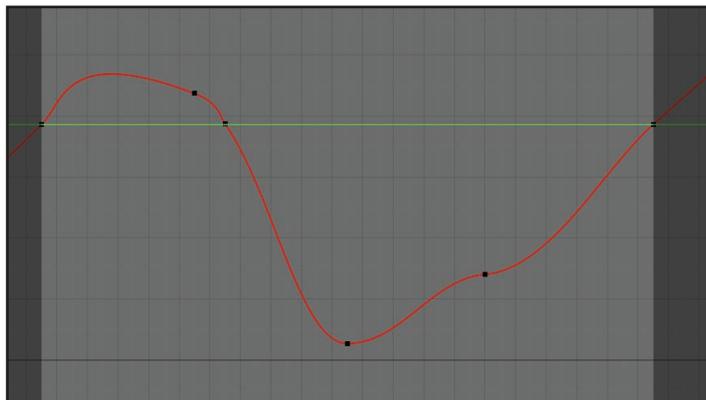


en premier le torse, grossièrement, en lui faisant décrire un tour complet. Pour cela, nous prenons sa position initiale, après y avoir mis une clef, puis nous allons à la dernière image et faisons faire une rotation de  $360^\circ$  à l'os du torse. Les membres postérieurs seront en cinématique inverse, pour éviter de devoir leur faire un mouvement inverse à celui du torse pour rester sur place au sol. Ils restent donc sur place sans tourner, et provoquent des pénétrations entre les deux genoux. Ce problème se réglera tout seul en animant les pieds.



*Repérage du timing des pieds : dans la timeline, nous posons des Markers avec M, qui nous donneront de précieux repères temporels pour l'animation.*

ou dans Blender dessiner au sol à l'aide de l'outil *Grease Pencil* qui permet de dessiner directement dans la vue 3D à la surface des objets. Nous avons la trajectoire du pied, il faut maintenant attentivement *timer* et *spacer* son animation.



*Courbe d'animation pour le canal de position en X d'un des membres. Noter attentivement la position des première et dernière clefs, et l'aspect de leurs tangentes : elles sont identiques. Là réside le secret de la boucle réussie.*

soient les mêmes, y compris au niveau des tangentes. Pour cela, deux solutions : ajuster les tangentes à la main, en observant le comportement de la courbe à l'autre bout de la timeline ; ou alors copier la première clef à l'intérieur de la timeline, et la remettre de l'autre côté à l'extérieur. Ainsi, les tangentes s'ajustent d'elles-mêmes et le mouvement est automatiquement fluide lors du raccord.

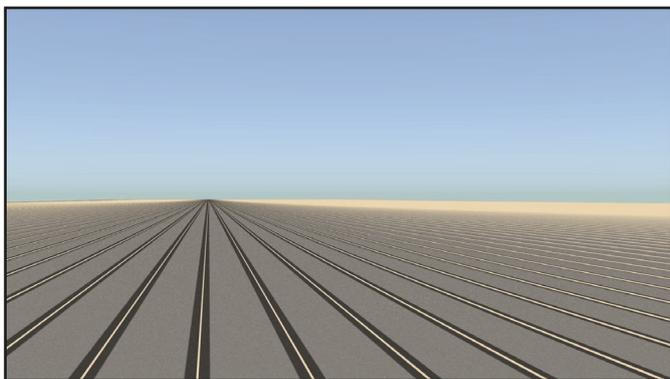
Pour cela, le pied situé au centre de la rotation reste à peu près fixe, se soulevant seulement pour se replacer en rotation. Nous ferons donc d'abord décrire un cercle au sol à l'autre pied, le gauche. Pour s'aider, nous pouvons créer un objet cercle qui servira de repère pour l'animation,

La marche du Swagosaure étant assez erratique, nous décidons d'espacer ses pas irrégulièrement ; le timing sera à peu près régulier : le pied posé pendant quatre à cinq images, et en l'air de même. Nous animons d'abord la trajectoire du pied dans le plan horizontal (clefs en X et Y), puis sur l'axe vertical, en posant une clef en Z entre les deux autres. Puisqu'il n'y a que deux images entre les extrêmes du pied, nous ne nous préoccupons pas trop de questions de tangentes et d'amortis. Encore une fois, un détail d'importance : faire en sorte que les clefs de la première et de la dernière image



Le pied droit suit la même logique, mais se déplace beaucoup moins, et ne fait que suivre le déplacement du corps (torse, principalement, que tous les autres os suivent à l'exception des chaînes IK). En fait, tous les autres membres ne servent pour cette animation qu'à renforcer le côté aléatoire du déplacement, et tout particulièrement la queue, objet central, qui a une sorte de mouvement spasmodique, comme si elle était commandée par un autre cerveau que celui du dinosaure. Dernière étape que nous répéterons : une fois la séquence animée, et une fois assuré que la première image corresponde exactement à la dernière, couper la séquence à l'image d'avant. Une petite nuance cependant : dans cette séquence, les transformations du membre antérieur droit ne correspondent pas tout à fait, pour la raison évoquée plus haut : il est invisible car caché par le tronc du personnage.

Nous aborderons ensuite un problème délicat : celui des textures. Comme nous l'avons vu, il y a plusieurs manières de faire boucler le déplacement d'un objet : soit un objet se déplace dans l'écran, et revient à sa position et vitesse initiales, comme nous venons de le faire avec la balle et le dinosaure ; soit un objet se déplace en continu, infiniment, comme c'est le cas avec le décor du cycle de marche du Swagosure. Nous l'avons vu à la partie précédent, il faut dans ces cas-là prendre en compte une *période spatiale*, correspondant à la vitesse de déplacement et à la durée de la boucle. Par exemple, si un objet se déplace à la vitesse de 1 m/s, et que la boucle dure une seconde, il faudra que l'objet se répète périodiquement tous les mètres. Lorsque l'objet a un matériau uniforme, et que seule la modélisation doit se répéter, il ne s'agit que de modéliser l'objet avec un système de réseau (outils Modifier Array dans Blender, Duplicate Special dans Maya, etc.).



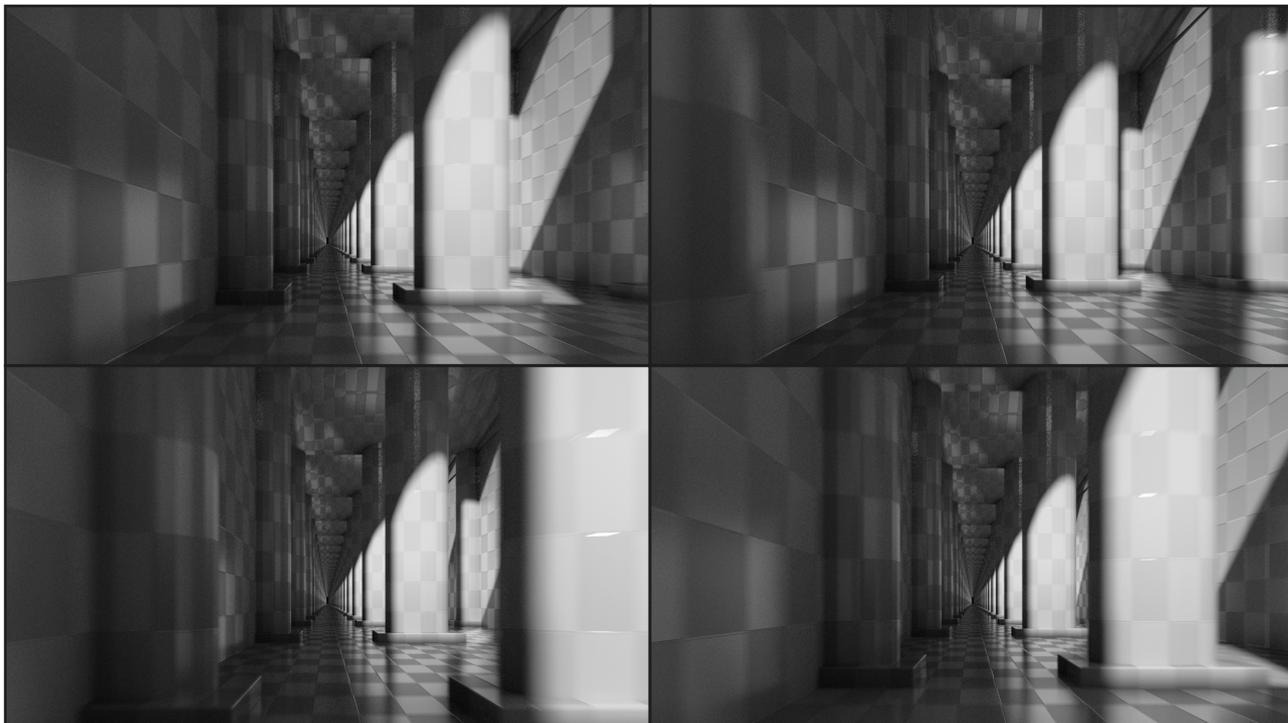
Le cycle de marche, où la texture est générée de manière procédurale. Nous avons superposé le rendu avec le maillage (wireframe) pour s'apercevoir de la superposition des lignes.

Mais si nous voulons texturer l'objet, cela devient plus compliqué. D'abord, il faut que la texture soit *tilable*, qu'elle puisse se répéter dans l'espace sans que l'on perçoive les coutures. Ensuite, comme c'est le cas avec tous les motifs répétitifs, plus la taille du motif est faible, plus la répétition se verra. S'il s'agit de textures complexes, cela se voit immédiatement. Sans aller dans les détails techniques, nous allons voir plusieurs astuces pour pallier ce problème. Revenons sur la vidéo du cycle de marche.

Dans cette vidéo, comme nous le disions plus haut, la texture des bandes par terre se répète. Ce n'est en fait pas véritablement une texture, au sens d'image plaquée sur le modèle. Ici, il s'agit d'un rendu du maillage, qui est orienté vers le point de fuite. Le moteur de rendu Cycles permet

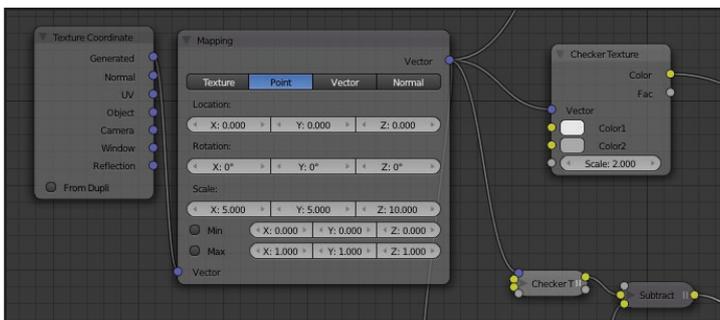


de rendre le maillage avec une épaisseur choisie, et de s'en servir comme facteur dans un mélange de *shaders*. La texture est ainsi procédurale, ce qui facilite grandement la tâche lorsqu'il s'agit de répéter un motif. Pour s'en convaincre, nous allons aborder une réussite et un échec.



Les Colonnes grecques : Recul infini le long d'un couloir. Une texture orne toutes les surfaces, et se répète parfaitement spatialement, ce qui permet à la boucle de fonctionner.

La première est une séquence qui date de la recherche pour le projet intensif de film auquel nous avons participé en janvier dernier avec MM. et M<sup>lle</sup> Adam Bachiri, Ouirich Bounthavy, Guillaume Métais-Lannaud et Émilie Nicolas. Dans ce film, la caméra fait un travelling arrière rectiligne dans son axe. Certaines séquences devaient utiliser le principe de la boucle, en répétant la modélisation des décors et le placement des accessoires. La séquence que nous présentons contient une modélisation de décor texturé procéduralement. Cette modélisation est excessivement simple dans son principe, un module

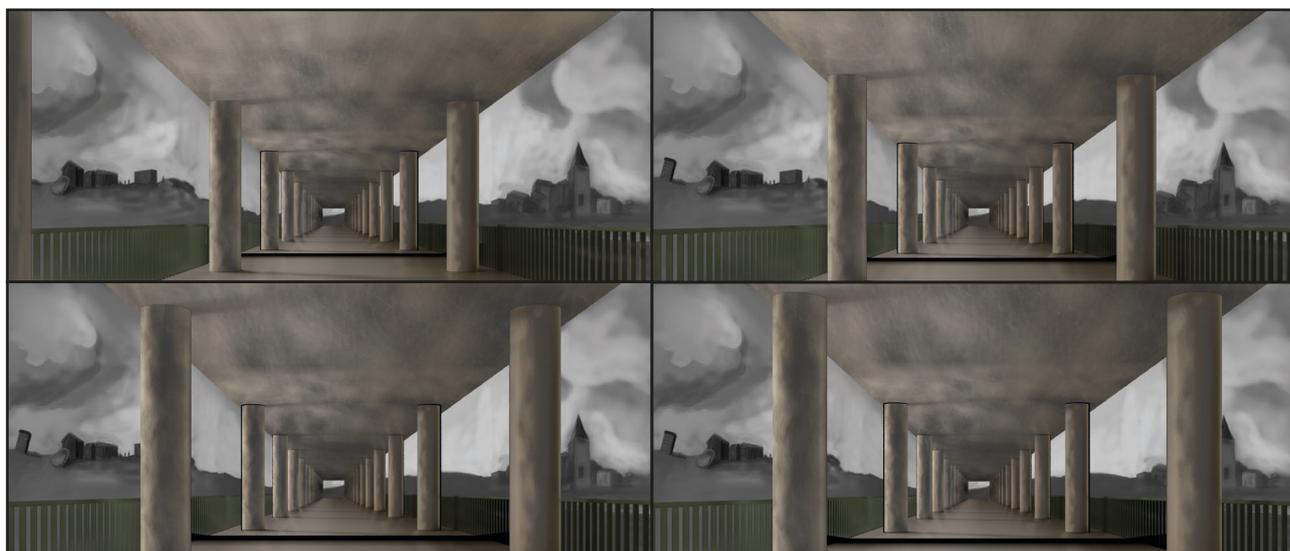


Mapping de la texture dans l'éditeur de shading nodal de Blender. Les coordonnées sont « générées », et la scale à 5.

qui se répète à l'infini (ou presque), allant d'une colonne à l'autre. Les matériaux sont simples également, textures comprises : un échiquier qui se répète d'un module à l'autre. Le raccord est invisible, parce que le placement de la texture se fait dans le référentiel du module. Observons le sol. Entre deux colonnes, il y a dix carreaux, cinq si l'on compte le motif de base



de deux carreaux noirs et deux blancs. La période spatiale est de cinq fois celle du motif. Comme en témoigne l'image, si l'on regarde le nœud de *Mapping*, l'échelle de la texture est de 5,0 dans le plan horizontal, et les coordonnées sont « générées », ce qui signifie qu'elles dépendent de la *bounding box* de l'objet, ici le module. Ce choix de cinq est motivé par une appréciation subjective: il nous semblait bien qu'il y ait cinq carreaux entre deux piliers ; cependant, il est aussi limité à l'ensemble des entiers naturels, autrement la texture ne se répète pas correctement. Pour s'en rendre compte, il faut bien sûr penser en boucle, dans le temps *modulo*. À la vue d'une seule image, il est difficile de le voir, mais en juxtaposant l'image de début et l'image de fin, il apparaît évident qu'elles ne sont pas identiques. C'est un des problèmes fréquents avec l'animation en boucle : il faut systématiquement comparer ces deux instants, pour avoir une idée juste de la dynamique de la boucle.



*Camera Mapping* : la texture ne se répète pas spatialement, et provoque une saute lorsque la séquence boucle sur elle-même.

Passons à l'échec. Il s'agit d'une tentative que nous avons faite d'un *camera mapping*, selon un principe similaire à la séquence précédente, dite des « Colonnes grecques », dans lequel la caméra avance sur une sorte de pont, avec un décor peint en arrière-plan et des décors texturés dans un programme de peinture. À la lecture de cette séquence, on s'aperçoit rapidement de problèmes de texture. Si certaines zones se répètent correctement, comme l'arrière-plan et une partie du premier plan (plafond sur une certaine zone, piliers dans une certaine mesure), dans l'ensemble il y a de gros problèmes. En effet, la texture est projetée depuis deux caméras, qui sont en fait les caméras de début et de fin de la boucle. Notre raisonnement était le suivant : en créant un dégradé entre les deux projections, la transition devrait être invisible. Ce n'est pas suffisant. Sans parler des grossières bandes noires, qui sont dues à un mauvais paramétrage du dégradé entre les textures, si on se concentre sur l'arrière-plan, on voit qu'il ne se répète pas spatialement. Il était donc inévitable que la boucle échoue. La seule chose qui marche véritablement est l'arrière-plan peint, qui ne pouvait de toute manière pas ne pas marcher, puisqu'il reste fixe dans le cadre. L'unique possibi-



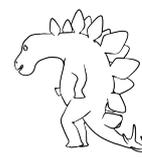
lité que nous ayons vue pour résoudre ce problème, aurait été de projeter la texture, puis de la *mapper* aux coordonnées UV du « module », et de rendre la texture *tilable*. Nous n'avons pas eu le temps de le faire en raison du début du projet intensif, mais sommes convaincu de la possibilité de le faire, avec la réserve toutefois de la répétitivité du motif.



*L'Escalasaure : Montée infinie du dinosaure. La texture de la rampe se répète par un artifice de montage.*

Nous terminerons cette partie par une autre solution en ce qui concerne les boucles de textures. Nous n'avons pas encore abordé la scène de l'escalator. Elle provient d'une idée que nous avons dessinée depuis fort longtemps, et intitulée à l'époque « Sisyph est un con », sans avoir la possibilité de l'illustrer autrement que par un dessin médiocre, et inspirée de la tendance qu'ont certains enfants, et quelques adultes, de prendre un escalator dans le mauvais sens, en se déplaçant à la même vitesse que lui, dans la même direction mais le sens opposé, ce qui conduit à monter ou descendre un escalier mécanique, sur place. Illumination quand nous avons eu l'idée de mettre le Swagosaure dans cette situation perverse. On peut aisément reconnaître un couloir de Métro parisien, avec son ciel de faïence et son panonceau composé en Parisine.

Nous ne reviendrons pas sur l'animation du dinosaure, qui n'a pas posé de problème particulier. Nous voulons ici parler des textures sur les rampes mobiles de l'escalator. Ces rampes sont animées pour descendre à la même vitesse que les marches, mais pour que ce mouvement soit perceptible, il fallait bien sûr baliser d'une manière ou d'une autre la rampe. Ce balisage s'est fait avec des textures procédurales, encore une fois. Mais cette fois, il était impossible de texturer l'objet avec une répétition spatiale, du fait que durant un passage de la boucle, la rampe n'avance que de la longueur de deux marches (deux pas). Si la période spatiale avait



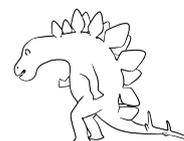
fait la longueur de deux marche, la répétition du motif aurait été très visible. Il a donc fallu ruser. La méthode que nous avons adoptée est la suivante : rendre séparément une image de l'arrière-plan, qui est de toute façon fixe et prend un long temps à rendre, le dinosaure et les marches, et enfin la rampe, en vue de les recomposer ensemble par la suite. Seulement, en ajoutant une étape au compositing : une transition spécifique à la rampe, sous la forme de deux fondus enchaînés, qu'on remarque d'ailleurs dans la vidéo en y prêtant attention. Ce fondu enchaîné gomme la limite entre les séquences, et permet de ne pas attirer l'attention sur le changement de texture. Lorsqu'on n'y prête pas trop attention, on peut croire que c'est le reflet sur la rampe qui change avec l'avancement de la texture. Mais il s'agit bien d'un effet de montage. Cette technique du fondu enchaîné, que nous réserverions pour les enchaînements difficiles et surtout mineurs, est parfois la seule manière de faire boucler correctement.

### 3. La boucle, un médium à part entière ?

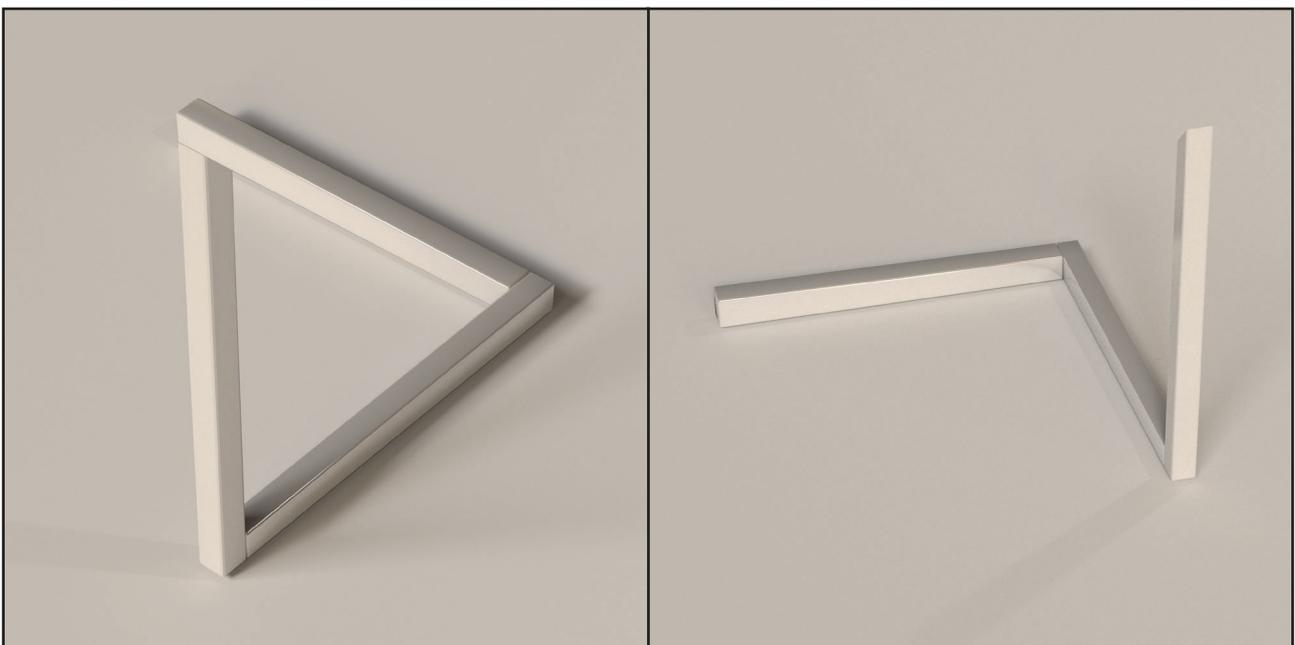
#### 3.1. Possibilités conceptuelles

Lorsque nous avons commencé le travail de recherche pour ce mémoire, nous avions l'intention de le faire porter sur la narration des courtes séquences en boucle. Ce terme de narration nous est apparu trop restreint, au vu de l'orientation qu'ont prise nos créations. À quelques exceptions près, nous n'avons pas abordé la question sous l'angle du récit et de sa narration. En revanche, nous avons découvert, ou plus probablement redécouvert, plusieurs phénomènes, concepts remarquables. Cette partie abordera quelques possibilités de la boucle d'animation, particulièrement liées au médium.

La première possibilité est celle des illusions d'optique. De nombreuses illusions d'optiques ont pour but de tromper l'esprit en exploitant des phénomènes neurologiques liés à la vision. Les expériences liées à la perception du mouvement utilisent souvent des séquences périodiques, à commencer par le thaumatrope, déjà évoqué. D'autres expériences ayant permis de mettre en évidence des phénomènes de la vision reposent sur des cycles d'images. Nous avons déjà évoqué plus haut la scène des Colonnes grecques. Dans cette scène repose une forme d'illusion d'optique, le *mouvement rémanent* (nous n'avons pas trouvé le terme exact en français, et avons construit celui-ci à partir de l'image rémanente en français, et de *motion aftereffect* et *afterimage* en anglais.) Cette illusion s'appuie sur l'adaptation neuronale au mouvement : lorsqu'un stimulus est maintenu pendant une longue période, la réponse du système sensoriel au stimulus diminue. Quand je regarde cette séquence pendant une minute, et que je tourne les yeux, je vois un mouvement des objets sur lesquels je focalise mon regard : ils semblent se rapprocher de moi. Cet effet est sans doute moindre que si l'image était plus contrastée et prévue exprès, mais ce constat est déjà intéressant en soi. Ce type d'illusion ne peut raisonnablement être obtenu qu'avec une boucle d'animation, puisqu'il faut se concentrer pendant une longue période sur un détail précis d'une image.



Une autre illusion bien connue est celle des objets impossibles, créés par Oscar Reutersvärd en 1934, connus sous le nom de triangle de Penrose. Dans sa version la plus simple, il s'agit d'un chevron constitué de trois tasseaux, dont la construction est impossible dans le monde réel, et dont la vue dessinée n'est pourtant pas choquante pour l'œil. Ayant lu un ouvrage [6] expliquant la construction en dessin, nous avons voulu déterminer, d'une part s'il était facile de « fabriquer » cet objet en 3D, ensuite l'impression que donnerait l'animation d'un tel objet. Connaissant le principe de « construction », il était aisé d'en faire un modèle 3D. Pour ce qui est de l'animation, la caméra est nécessairement fixée, nous avons donc animé l'objet lui-même, en donnant à chacun des chevrons une rotation le long de son axe. Nous fûmes étonné du résultat : l'illusion persiste *malgré le mouvement*. Encore une fois, c'est le fait de faire boucler les images qui permet de construire cette animation, pour une raison différente : notre expérience porte précisément sur le mouvement continu d'un objet globalement fixe. Ce n'est que par une animation continue que nous pouvons confirmer que l'animation fonctionne.



Triangle de Penrose : *L'illusion fonctionne en 3D, depuis un point de vue déterminé. Elle fonctionne également en mouvement.*

Une autre expérience sur la vision est celle qui porte sur la perception de la profondeur. Lorsqu'on l'évoque, on pense bien souvent à la vision stéréoscopique, qui se fonde sur la différence de position des deux yeux pour calculer avec précision la distance de l'objet observé, et qui a mené au cinéma « 3D » stéréo. Mais ce n'est pas le seul moyen à notre disposition pour percevoir la profondeur. Le principe est d'avoir au moins deux mesures différentes desquelles nous extrayons des données. En stéréoscopie, ces deux mesures sont simultanées, juxtaposées spatialement. Mais nous pouvons aussi avoir deux mesures juxtaposées temporellement, avec le même instrument (en fermant un œil, ou avec un seul flux d'images dans le cas de l'image animée). Le simple déplacement d'une caméra (*travelling*) dans l'espace permet de reconstituer des

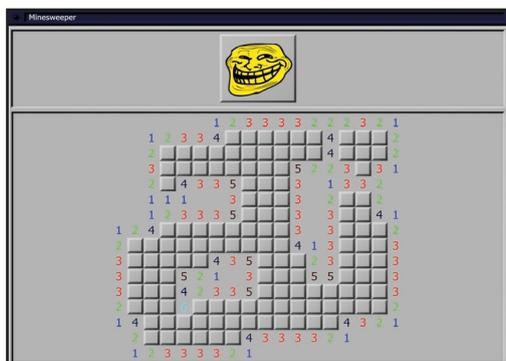




Pseudo-stéréoscopie : première manifestation d'activité artistique ou professionnelle du Swagosaure.

informations de volume d'une scène. Mais avec la boucle animée, nous pouvons construire une image animée pseudo-stéréoscopique, la différence avec le film étant encore une fois la fixité relative du médium : malgré son mouvement continu, une succession de trois images ne constitue pas une scène au sens cinématographique, mais plutôt au sens photographique.

Nous aimerions maintenant traiter d'un autre type d'esthétique, qui n'a pour but ni la beauté, ni l'originalité, et qui s'adapte bien au principe de la boucle. Il s'agit d'une l'esthétique de l'hommage, à défaut d'une meilleure terminologie. C'est en quelque sorte une forme de *Pop Art*, dans la mesure où la valeur plastique de la vidéo dérive presque uniquement de la familiarité qu'a le spectateur avec le produit original.

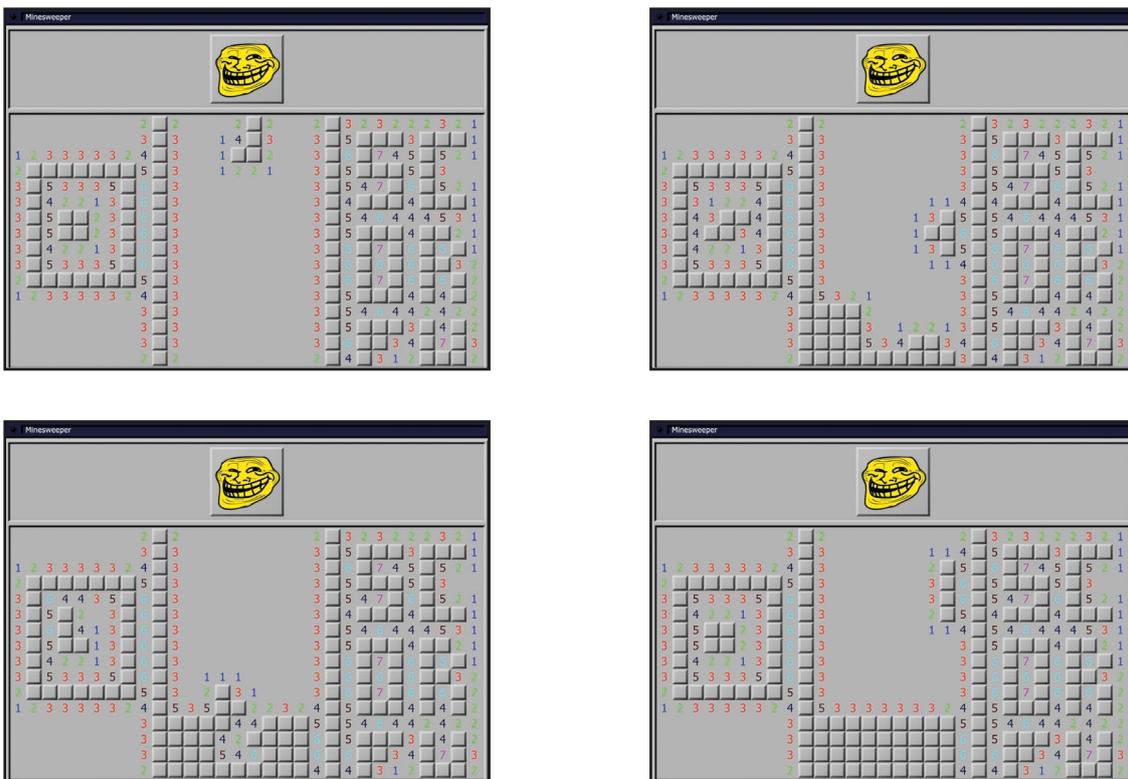


Le Démineur, affichage pouvant boucler éventuellement.

Nous avons créé une vidéo qui rend hommage au *démineur* (originellement *Minesweeper*), jeu vidéo datant des années 1990 et encore beaucoup joué dans les administrations (d'après la légende), dans lequel le joueur doit cliquer sur les cases d'un tableau de jeu pour trouver des mines sans les faire exploser. La vidéo que nous avons créée imite la grille la plus grande du jeu, de 30×16 cases. Nous avons pour cela écrit un programme qui transforme une image de même résolution en grille valable de démineur. Il détourne le



jeu de démineur pour en faire une sorte d'affichage numérique de 30×16 pixels, sur lesquels n'importe quelle image peut être affichée, tout en respectant les « lois » du démineur : afficher sur chaque case déjà marquée le nombre de mines dans les cases adjacentes. Sur une image fixe, les nombres colorés constituent un parasite à la lecture de l'image, mais en animation, nous parvenons à comprendre ce qu'il se passe malgré la limitation de résolution et de profondeur. En allant plus loin dans le concept d'hommage, et en choisissant une « vidéo dans la vidéo » adaptée (c'est-à-dire, en reprenant l'analogie de l'affichage numérique, un flux vidéo tenant dans l'affichage du démineur) à l'hommage et à la boucle d'animation, nous avons choisi de mettre en scène une partie d'un autre jeu vidéo, le *Tetris*, jeu d'origine soviétique bien connu. Nous assistons donc, en boucle, à une partie de Tetris dans une partie de Démineur, dans une vidéo. Une sorte de mise en abîme étrange, car la vidéo présente plusieurs niveaux de lecture : le spectateur peut décider de se concentrer sur la partie de Tetris, sur l'affichage des nombres qui fait partie du démineur, ou sur tout à la fois. L'impression produite sur les connaisseurs des deux jeux est, semble-t-il, étrange. Les numéros qui apparaissent et disparaissent à chaque image incitent à en comprendre la logique, mais l'animation est pour cela trop rapide, ce qui force à attendre le prochain passage de la boucle, plutôt que de renoncer à comprendre, comme ce serait le cas dans une structure traditionnelle.



Quatre phases de jeu du Minesweeper Tetris. La vidéo perd beaucoup en intérêt sans le mouvement du gameplay.



Notons au passage le côté scénarisé de cette vidéo. En la regardant, on identifie le *gameplay* de Tetris, et peut imaginer qu'il s'agit d'une partie enregistrée. En fait, chaque figure est animée à la main, justement pour permettre la boucle. Il faut que tous les blocs disparaissent au même moment, et pour cela la partie a été soigneusement préparée et *timée*. Du point de vue de l'animation, cette séquence est très simple, parce qu'elle n'a pas les problèmes liés à l'animation réaliste, physique : les blocs sautent d'une case à l'autre à chaque image, ou disparaissent ou apparaissent. Il n'y a donc pas de problèmes de clefs d'animation à replacer, seulement un problème de logique de jeu.

### 3.2. Mode de diffusion : Web, installation, programmation

Une des grandes questions que veut aborder ce mémoire, outre les considérations techniques de ce qu'il est possible de faire boucler, de quelles histoires ou quelles images un rythme de boucle peut véhiculer, est celle du mode de diffusion. Il existe différents média exploitant la boucle, que nous avons cités dans la première partie. Si nous ne proposons rien de nouveau par rapport à ces média, nous voudrions partager l'expérience de notre manière de les aborder, et particulièrement un médium que nous pensons nouveau, tenant à la fois du jeu vidéo, de l'installation interactive, du film.

Cette « installation », contrairement à tous nos autres travaux cette année, inclut une bande son, et donne même au son un rôle fondamental. L'idée de base est la suivante : un programme informatique fait jouer une boucle musicale d'une dizaine de secondes, qui se répète. En même temps, une boucle vidéo tourne, synchronisée à la boucle audio. Des raffinements viendront après, qui ajoutent une certaine mesure d'interactivité à l'installation. En nous lançant dans cette entreprise de boucle audio-visuelle, nous pensions naïvement que ce serait simple à mettre en œuvre, que l'ajout d'une bande-son ne changerait presque rien, et que nous pourrions même prototyper l'œuvre en en faisant un fichier vidéo, comme à notre habitude. Grave erreur. La synchronisation son-image dans une boucle est loin d'être triviale. Mais revenons à notre enthousiasme initial.



Premier concept du Discosaure.

diviser en 16 battements délimitant des parties égales). À la lecture dans Blender,

Nous avons exposé l'idée principale, sans préciser d'où provenait cette idée. Nous voulions entendre notre animal, le Swagosaure, s'exprimer musicalement. En faire un DJ moderne, qui mixerait en discothèque. Nous avons pour cela demandé à M. Eddy Chopi, qui compose occasionnellement de la musique électronique, de participer à notre travail en tant que designer son. Il nous livra, quelques jours plus tard, une boucle sonore de sept secondes comportant quatre mesures de noires (en

d'autres termes, la séquence pouvait se



cette séquence ne bouclait pas parfaitement. Nous avons opéré des coupes dans le logiciel d'édition sonore Audacity, pour que la durée de la séquence soit exactement divisible en images, selon le *frame rate* choisi (25 fps). Après ces coupes, la lecture marche. Bonheur. La première étape pour pouvoir animer est de *timer* cette séquence, en faisant des repères sur les battements, comme référence pour plus tard. Ce timing une fois fait, et une scène grossièrement modélisée, l'animation pouvait démarrer. Pour savoir si l'entreprise était possible, nous avons d'abord réalisé une animation excessivement simple : un hochement de tête du personnage en rythme avec la musique. Dans Blender, il existe une option pour synchroniser la lecture interactive de l'audio avec celle de la scène 3D, ce qui permet de voir en temps réel si la boucle s'opère correctement. Étonnement quand cela marcha du premier coup. Pour en avoir le cœur net, nous avons sorti en format MOV une séquence vidéo. La lecture de l'audio était coupée pendant une fraction de seconde lors du passage de la boucle avec tous les programmes que nous avons essayés, sous divers systèmes d'exploitation, bien que la lecture ait été fluide dans Blender. Nous ne trouvions plus rien, nous avons cherché autre chose. Ayant tout juste installé le *framework*\* de *creative coding*\* OpenFrameworks, une possibilité s'ouvrait : gérer la lecture avec un programme écrit expressément dans ce but. Dès le lendemain, nous parvînmes à écrire un petit programme qui ouvre et lise en boucle le flux audio. Succès. C'est d'ailleurs ce succès qui a ouvert la voie à l'expérience de l'interactivité, puisqu'il fallait écrire un programme dans un langage assez simple pour notre niveau de programmeur, et qui intègre des classes permettant l'interaction.



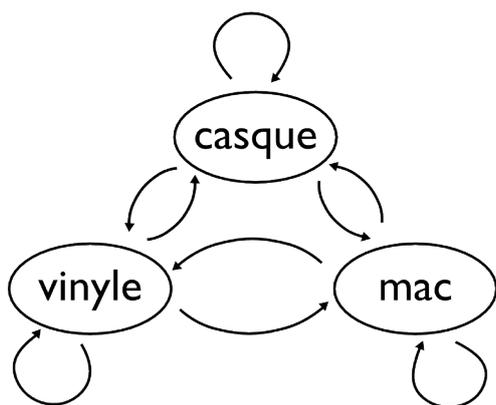
Le dinosaure dans l'état « Vinyle »

Passons sur les problèmes de compilation dans l'environnement de développement recommandé pour OpenFrameworks, *Code::Blocks*, qui nous prirent un bon moment à résoudre. Une fois la lecture audio fonctionnelle, nous nous sommes attelé à écrire sa contrepartie vidéo. Un dossier DATA contient une séquence d'images numérotée. Le problème est le suivant : lire les images au même rythme que le son, pour que les battements de l'un

et de l'autre correspondent, et ne se décalent pas. La classe qui permet la lecture de fichier audio, *ofSoundPlayer*, offre un réglage de lecture en boucle, et peut retourner la position d'une « tête de lecture », sur une échelle de 0 à 1. Par exemple, sur une séquence de 10 secondes, la tête de lecture sera à la position 0,5 à la cinquième seconde. À partir de là, en faisant une règle de trois entre le nombre total d'images, la position de la tête de lecture et son maximum (toujours égal à 1), nous obtenons l'image courante, que nous affichons. Comme nous savons d'avance que les séquences vidéo et audio correspondent, ça marche.

Une fois convaincu de la possibilité de modifier le programme pour y inclure l'interactivité, les choses se compliquent. Nous avons décidé de créer un « système polystable », c'est-à-dire qui ait plusieurs boucles différentes représentant des états





Grphe orienté des états et transitions.

stables, indépendants les uns des autres, et des transitions entre ces boucles, et dont toutes les images seraient précalculées. Cela signifie qu'il faut animer à la main chacune des boucles principales, et des transitions dans toutes les directions, c'est-à-dire que pour chaque couple d'« états » (boucle), deux transitions les relient, dans les deux sens. Nous avons décidé en plus, qu'il pourrait exister une « auto-transition », c'est-à-dire une transition qui parte d'un état et ramène sur ce même état. Ces contraintes, d'après nos calculs, amènent le nombre de séquences à animer pour  $n =$  le nombre d'états stables, à  $n^2 + n$ . Par

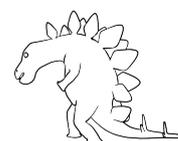
exemple, s'il y a deux états, nous aurons six séquences à animer, rendre, et faire se raccorder ensemble. S'il y a quatre états, nous en aurons 20. Cela n'augmente pas la quantité de travail de manière linéaire, car la complexité augmente d'autant plus qu'il y a plus de transitions à gérer. Nous avons donc décidé de nous limiter à trois états stables, soit douze boucles ou transitions à animer. Ces trois états sont les suivants : l'ordinateur, la platine, le casque. Lorsqu'on clique sur une de ces zones, le personnage fait une action en rapport avec la zone : il s'y déplace s'il n'y était pas déjà et autrement, il fait une action spéciale (l'*auto-transition*).

Les boucles que nous avons vues jusqu'à présent étaient animées linéairement, ou circulairement si l'on peut dire. Ce programme offre un déroulement à la topologie plus complexe : la fin d'une animation est le début de trois autres en plus d'elle-même. Il nous a donc fallu ruser lors de l'animation, et procéder de manière très rigoureuse. La timeline d'un programme d'animation 3D étant linéaire, il faut nécessairement revenir en arrière lors de l'animation. Pour cela nous copions la fin d'une animation un peu plus loin, puis nous animons la suivante à partir de là. Pour compliquer les choses, la durée de chaque segment doit être un multiple de 11 images pour pouvoir correspondre à la séquence audio : il y a 176 images, et 16 battement en tout, soit 11 images par battement. Mais si le battement de tête peut être opéré en 11 images, d'autres animations durent 22 ou 33 images (le jeter de disque par exemple).

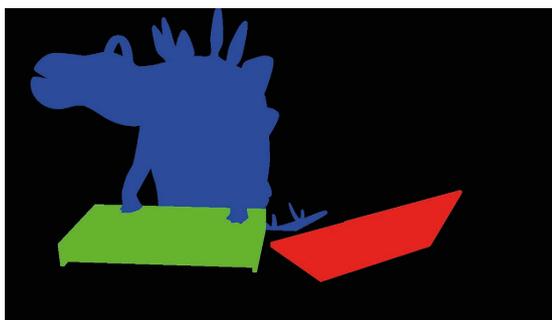


Stockage des différentes boucles. Les états courant et suivant sont encodés dans le nom.

Rappelons qu'à ce stade, le programme OpenFrameworks était capable de lire une séquence de même durée que l'audio en boucle, mais pas de prendre en compte les différentes séquences et les transitions. Cette évolution du programme nous a posé de nombreux problèmes. Le problème majeur est encore de l'ordre de la synchronisation, car il ne suffit plus de savoir où le programme en est



dans la lecture de l'audio, et d'afficher l'image correspondant : il fallait savoir où il en était *relativement au battement* ! Diviser donc la séquence en seize parties égales, et dans chacune de ces parties, lancer l'image correspondant à l'emplacement de la tête de lecture. La solution est facile à énoncer, mais elle ne fut pas facile à trouver, et moins encore à écrire en C++. Un autre problème est la manière dont sont stockées les images pour que le programme puisse identifier la boucle souhaitée à partir de l'indice des images. Les images sont stockées dans des dossiers, avec la boucle courante et la transition spécifiées dans le nom du dossier. Lors du chargement des images, les dossiers sont parcourus alphabétiquement, et les images stockées de manière prévisible et manipulable.



*Masque du Discosaure, dans l'état « Vinyle »*

La première mise en œuvre du système de transitions faisait appel à une entrée clavier : en pressant les touches 1, 2 et 3, l'utilisateur déclenche une transition. Nous avons pris la décision de permettre à l'utilisateur de cliquer directement sur la zone qui l'intéresse à l'écran pour lancer la transition. Cela voulait dire qu'il fallait situer précisément les zones à l'écran. L'obstacle étant

que ces zones se déplacent. Il faut donc avoir, en plus des images visibles à l'écran, des images cachées qui ne servent qu'à faire la différence entre les zones d'intérêt (mac, platine, dinosaure). Nous avons donc rendu pour chaque image un « masque » tricolore (rouge, vert, bleu), permettant de savoir ce qui se trouve sous la souris. Ces masques ne sont chargés que quand c'est nécessaire, contrairement aux images visibles, qui sont toutes chargées à l'initialisation du programme.

### 3.3. Possibilités expressives

Cette partie s'écarte légèrement du sujet de ce mémoire, en ce qu'elle concerne une technique que nous avons employée, qui ne se rapporte pas nécessairement à la boucle d'animation. Cependant, cette technique ayant été développée avec en tête la finalité de boucle, nous l'aborderons tout de même.

Dès le début de l'année, nous avons l'idée de créer des animations abstraites en complément des animations de personnages, qui seraient plus libres, ne nécessitant pas une idée narrative très développée, mais s'appuyant vraiment sur l'expérimentation graphique. Cette idée est restée longtemps à l'arrière-plan, à cause de la difficulté de conférer une qualité graphique à une image ; jusqu'au jour où nous tombâmes presque par hasard sur un moteur de rendu peu conventionnel : HQZ.

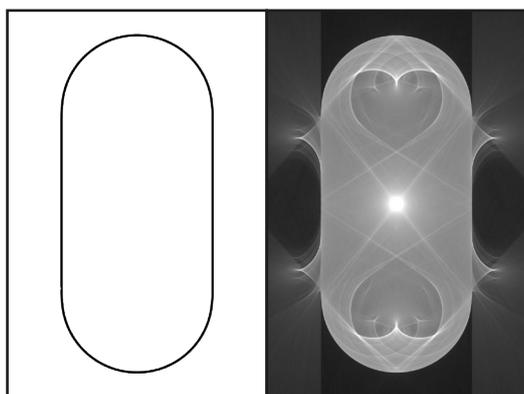




Le dessin initial du site Zen Photon Garden.

HQZ est un programme de *path tracing*\* 2D, qui à la différence de ses homologues 3D, ne vise pas à décrire et illuminer une scène de manière réaliste, en simulant toutes les interactions de la lumière, l'illumination globale, la transmission, etc. Ces notions y sont présentes, mais sous une forme abstraite puisque les objets n'ont que deux dimensions, qu'il n'y pas de caméra, pas de profondeur. Au départ, ce programme provient d'un site web, *Zen Photon Garden* [7] développé par M<sup>me</sup> Micah Elizabeth Scott, qui offre une sorte de toile interactive, sur laquelle les rayons sont tracés à chaque ligne dessinée par l'utilisateur. Cette interface permet de dessiner des images au graphisme très intéressant, mais est limitée par nature : elle ne donne pas à l'utilisateur accès à la description géométrique de la scène, ne permet pas de rendre une image à une résolution arbitraire, ni de faire d'animation, sauf en dessinant chaque image à la main, avec une interface inadaptée, ce qui ne constitue pas une solution pratique. Cependant, la développeuse offre les sources d'un autre programme, *High Quality Zen*, qui rend en ligne de commande avec les mêmes algorithmes des scènes décrites dans un format texte. Nous avons immédiatement vu l'intérêt que pourrait avoir pour nos recherches l'utilisation de ce programme, et nous avons donc décidé de créer une interface entre un programme de dessin 3D, Blender, et HQZ, qui prendrait la forme d'un exporteur.

La première version de cet exporteur fut assez rapide à écrire, et permettait l'export de scènes 2D, c'est-à-dire de lignes et de sources lumineuses, les deux types d'objet qu'interprète HQZ. En calibrant la caméra à l'origine du monde, l'exporteur laisse à l'utilisateur la possibilité de dessiner comme à la surface d'une feuille les lignes exportées. L'avantage par rapport à la version interactive est double : l'utilisateur peut dessiner des lignes complexes, à partir de courbes de Bézier par exemple, ou même utiliser des maillages 3D ramenés dans le plan du dessin. Il peut également, et c'est là le deuxième avantage, animer ces lignes, de toute manière qu'il juge appropriée, et en tirer ainsi une animation, où chaque image sera exportée. On commence à voir l'intérêt pour ce mémoire.

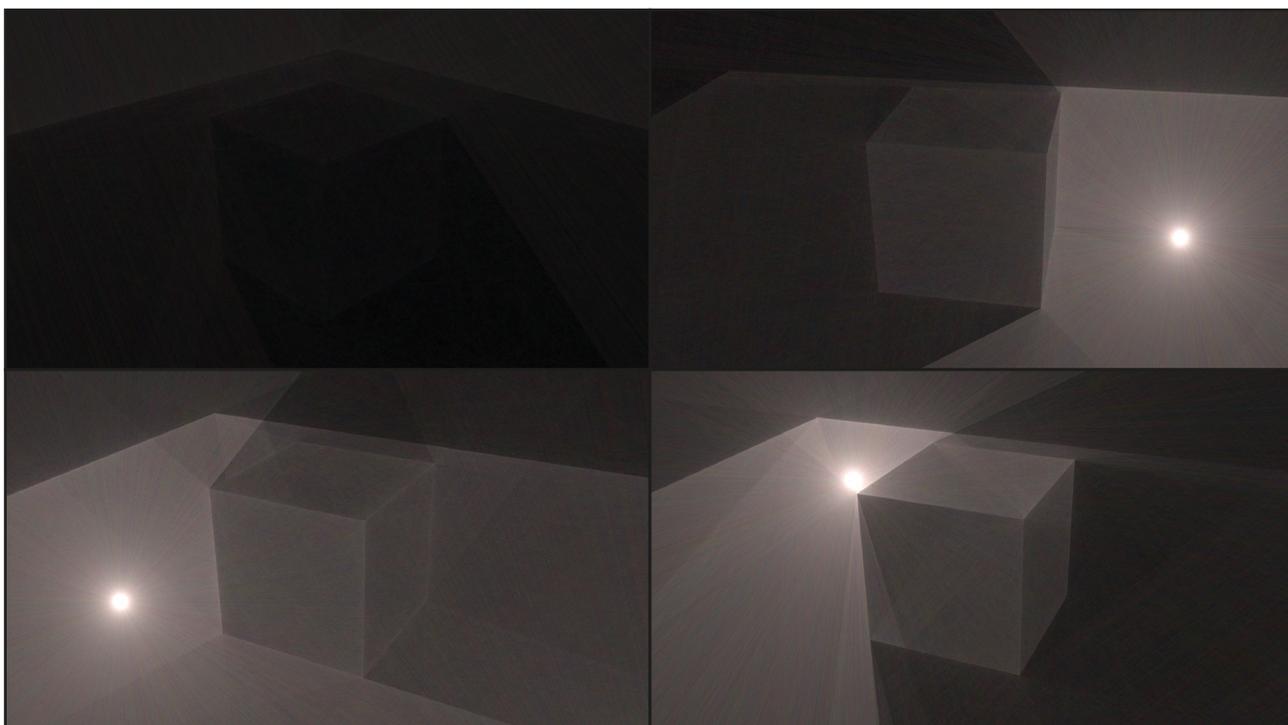


Scène rendue avec Freestyle puis HQZ.

Cependant, la puissance de l'exporteur est apparue après, lors d'une amélioration du programme permettant de « rendre » des scènes 3D en utilisant les possibilités de rendu filaire intégrées à Blender (le module *Freestyle* [8]). À partir de ce moment, toute scène 3D pouvait être exportée dans HQZ, ce qui signifiait une grande flexibilité, l'utilisation possible de *modifiers*, de script, ou toute autre manipulation de données 3D. Le processus est le suivant. Freestyle est



au départ destiné à rendre des animations de style *toon*. Pour cela, il détermine un ensemble de lignes depuis la caméra 3D, qu'il sélectionne et modifie selon des opérateurs manipulés par l'utilisateur. Le but initial est de rendre une image *bitmap* de ces lignes, typiquement composées ensuite par-dessus un rendu *toon*. Dans l'intégration Blender de ce programme, l'utilisateur manipule les « *strokes* » (lignes) via une interface graphique. Cependant, les développeurs ont laissé la possibilité de manipuler ces données via des scripts Python. Un module d'export des lignes en format d'image vectorielle SVG\* existait, que nous avons détourné pour récupérer l'ensemble des segments qui constituent ces lignes. Ces segments sont stockés dans la mémoire de Blender, puis une fois le rendu *Freestyle* terminé, exportés dans le format lu par HQZ (format json). Ainsi, nous rendons une image 2D à partir d'un ensemble vectoriel 2D, lui-même généré à partir de données 3D. Dans les exemples suivants, nous verrons que ce rendu 2D peut à son tour donner une impression de volume, résultat que nous n'avions pas anticipé.



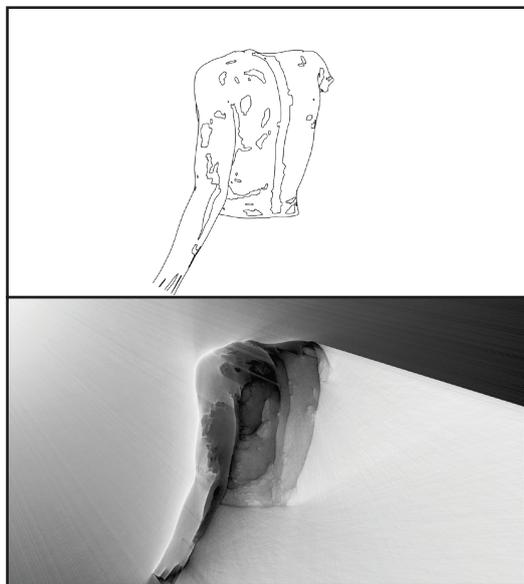
HQZ animé : Une impression de volume donnée par la perspective et la lumière.

Nous avons réalisé quelques animations en boucle avec HQZ, que nous décrivons dans un ordre ni chronologique, ni aléatoire. La première est un *turntable*, que l'on pourrait traduire par « sellette », présentation d'un modèle 3D tournant sur lui-même. Le modèle en question est un cube, un simple cube, l'objet qui apparaît d'office à l'ouverture de Blender. On pourrait en dire que c'est parmi les animations les plus simples qui se puissent concevoir. C'est vrai en ce qui concerne l'animation, mais le rendu étant si particulier, la vidéo a tout de même un intérêt graphique non négli-



geable. Chose remarquable pour le blasé de la 3D que nous sommes parfois, ce cube tout simple, sans effet spécial autre que son rendu, est — c'est là une affaire d'opinion et de goût — beau. Peut-être parce que le rendu évoque un crayonné, et des effets de lumière expressionnistes ?

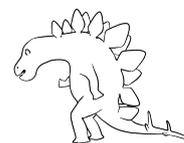
Un autre aspect qui est peut-être une piste dans la compréhension du mystère de cette image, est qu'il n'y a pas véritablement de « 3D » dedans. À vrai dire, il y en a autant que dans n'importe quelle image, qui n'a que deux dimensions une fois rendue ; mais ce cube a transité sous forme de dessin à deux dimensions, *au moment du rendu*. C'est pourquoi il n'y a pas de simulation réaliste des interactions lumineuses entre objets (ombres, rebonds, etc.) Malgré cela, nous identifions immédiatement qu'il s'agit d'une scène 3D, avec un cube posé sur un plan, et percevons même des effets d'ombre et de lumière, là où il n'y a en fait que des rebonds à la surface de l'image, sans profondeur. Ce constat nous a fait nous questionner sur la magie de l'image, qui nous fait percevoir ou reconstituer des informations où il n'y en pas vraiment. Cela dit, peut-être que la tridimensionnalité perçue ne provient que de la perspective : le dessin du cube est juste, la lampe décrit à l'écran une ellipse, les lignes fuient à l'horizon, etc. Cela suffit à voir la 3D, témoin un rendu filaire pur. Mais ce n'est pas ce qui nous fait voir la lumière. L'auteur du programme HQZ parle de « sculptures de lumière » et c'est une image juste, car le sujet de cette animation n'est pas le cube, très secondaire, mais véritablement les rayons lumineux qui jaillissent tout autour.



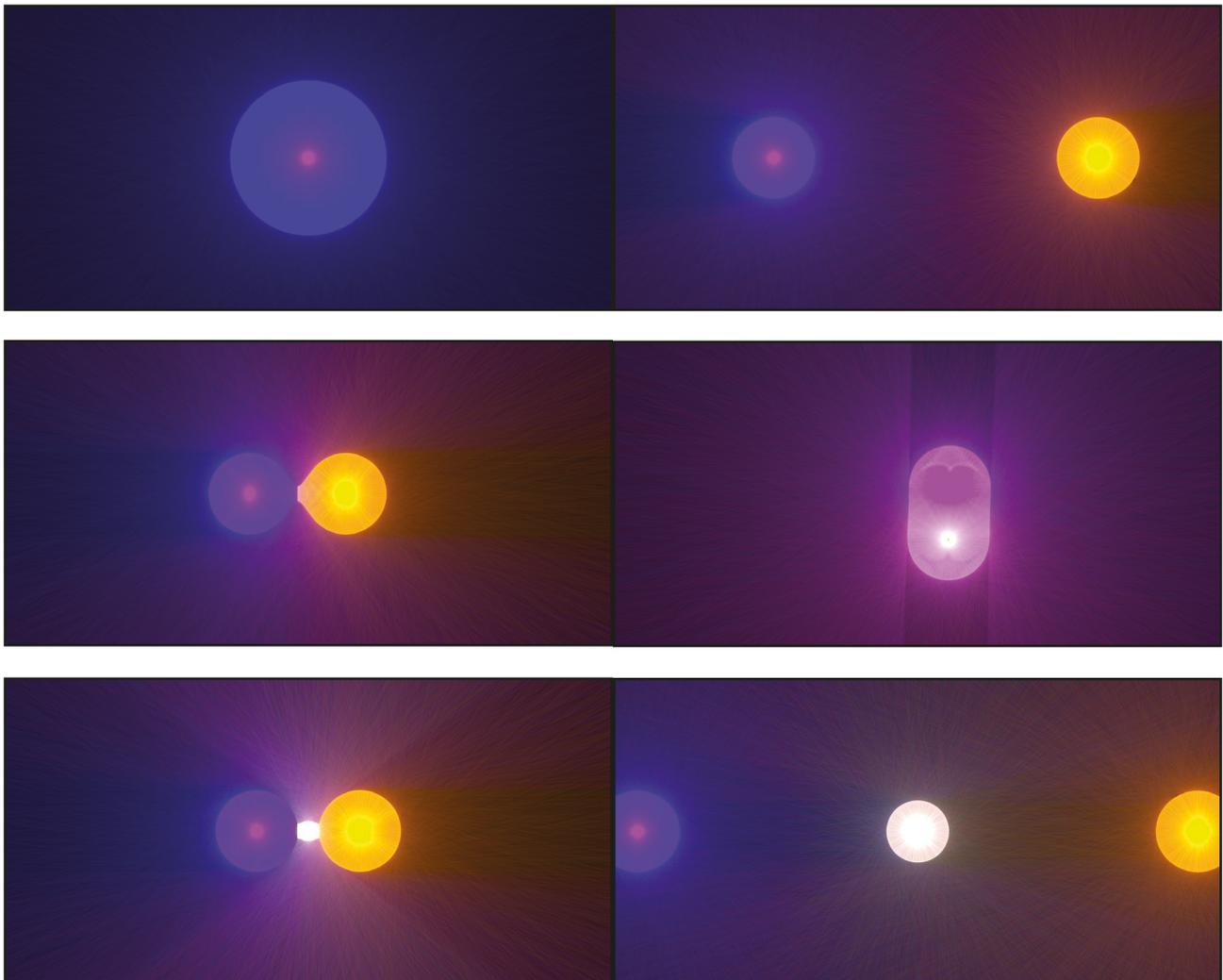
Buste rendu avec Freestyle puis HQZ.

La deuxième expérience, similaire dans le principe, met en scène un scan 3D d'un buste d'homme (le nôtre en l'occurrence). Cet objet est bien plus intéressant que le simple cube parce qu'il a beaucoup plus de relief — sans vouloir nous vanter — ce qui permet à Freestyle d'exporter des lignes inattendues, rendues dans HQZ avec un style étrange, qui rappelle un peu les Immortels de la trilogie de bande dessinée *Nikopol*, d'Enki Bilal : des entrelacs de lignes nerveuses qui restent comme plaquées à la surface de la peau et créent au rendu des effets de matière. Encore une fois, le rendu filaire ne permet pas d'imaginer celui que donnera HQZ. Nous avons manipulé l'image brute pour la « solariser », c'est-à-dire y appliquer une courbe à peu près parabolique, qui rend les ombres et les lumières

également blanches, et les valeurs intermédiaires en niveaux de gris, ce qui a pour effet de brouiller un peu plus la compréhension de la logique d'éclairage, sans pour autant nuire à la perception du volume. Cette perception est en fait là encore surtout due à l'animation, qui donne à voir tous les aspects du modèle, et c'est là que nous voulions en venir : l'illusion du volume et de la perspective est un problème auquel l'art pictural est confronté depuis presque



toujours, disons depuis les peintures rupestres. Naguère, il fallait un éclairage réaliste pour donner cette illusion. Nous avons avec l'animation, et particulièrement en 3D, la possibilité de présenter un volume comme une sculpture, de manière plus lisible que n'importe quel médium bidimensionnel non-animé, sans laisser nécessairement de côté les qualités graphiques, voire une certaine abstraction du rendu. Imaginer seulement un écran d'un mètre sur deux présentant une sculpture virtuelle en lente rotation. Quel effet !



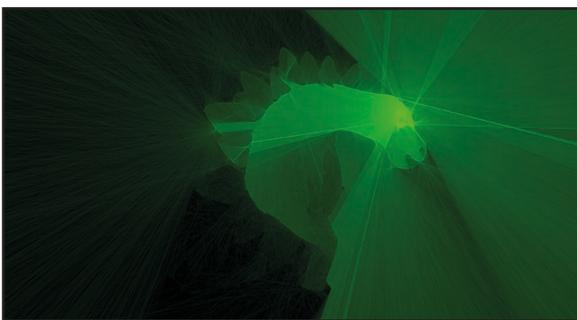
*La Vie : boucle allégorique. On suit la vie d'un individu, entre la rencontre avec l'autre, le rapprochement, la reproduction, la naissance, la croissance et l'éloignement des parents, puis de nouveau la rencontre, etc. Le choix de la première étape est bien sûr arbitraire.*

À propos d'effets, parlons un peu des effets de rendus que peut donner HQZ. Pour chaque « objet » (segment de droite), et pour chaque lampe, le programme prend en compte un certain nombre de réglages, en plus des réglages globaux. Les lampes ont des réglages de diamètre, d'énergie et de couleur, comme leur équivalent 3D. Les objets ont un seul réglage, leur matériau, qui définit la manière dont la lumière va rebondir, comme en 3D également : les compo-



santes de diffusion, transmission, réflexion. Cependant, à la différence des rendus 3D, la variation de ces composantes ne donne pas un objet identifiable par son matériau, mais ne fait que remplir l'espace alentours de différentes manières.

Contrairement à notre intention initiale d'aborder la boucle d'un point de vue narratif, nous nous sommes très peu aventuré sur ce territoire, qui nécessite une habitude d'écriture que nous ne possédons pas. Bien sûr, cela permet de faire une narration un peu « alternative » comme l'a montré le Swagosaure. La vidéo dont nous parlerons maintenant, *La Vie*, fait à la fois partie des plus abstraites et des plus narratives. Elle met en scène deux disques lumineux et colorés, et a l'ambition d'aborder l'histoire de la vie en moins de cinq cents images. En considérant les cercles comme deux individus représentatifs d'une espèce, nous assistons à la rencontre, l'accouplement, la naissance, la croissance, l'éloignement et la mort. Le tout est suggéré, grossièrement simplifié pour tenter d'en tirer l'essence, dans un mélange coloré pas tout à fait prévu. Techniquement, c'est un simple rendu de *metaballs*, chacune contenant une lampe colorée en son milieu, à la manière du noyau d'une cellule. C'est une utilisation intéressante d'HQZ pour la manière dont se mélangent les couleurs, notamment au moment de la fusion des deux individus. L'impression de lumière irradiant des disques, les ombres projetées de l'un à l'autre, les zones de pénombre colorée, les caustiques à l'intérieur sont autant d'éléments plastiques qui enrichissent la scène, sans coûter tellement plus, par rapport à une animation manuelle. D'une certaine manière, il y a comme un travail de peinture abstraite dans l'utilisation que l'on peut faire des lampes colorées dans HQZ. La dimension narrative est également renforcée, par « l'identité » que confère la couleur à chacun des deux partenaires, ce que met en évidence un simple rendu filaire, à l'animation identique, mais incompréhensible sans les indices de lumières prévus pour le rendu HQZ.



Le Discosaure aux yeux lasers.

rendre d'image sans lumière. Par ailleurs, la silhouette du dinosaure est exportée avec un matériau qui concentre les rayons plutôt que de les diffuser. Cela produit un effet de laser qui éclaire alternativement les deux côtés de l'image. Rappelons que les émissions de lumière dans HQZ ne sont pas orientées : la lumière part également dans toutes les

Toujours dans la veine « 3D vers 2D vers 3D » mais en beaucoup plus colorée, nous trouvons la scène du « *Discosaure* », qui comparée aux précédentes permet de se rendre compte des diverses possibilités de rendu d'HQZ. Dans cette scène, des objets lampes sont à l'intérieur des yeux du Swagosaure, qui tourne sur lui-même. Les lampes sont visibles même lorsqu'elles sont masquées par la tête du personnage, sans quoi la scène ne pourrait pas se rendre : le moteur ne peut pas



directions. L'effet de laser est dû au fait que la lumière se réfléchit « dans » le corps du dinosaure (en fait contre les lignes 2D qui constituent son contour), et repartent donc en majorité du côté du visage. Néanmoins, nous lisons un relief à cause de la rotation perçue de la lumière, comme un disco-phare. Lorsqu'on arrête l'animation sur une image précise, nous pouvons suivre le trajet de la lumière alors qu'elle rebondit dans les lignes du dessin, voir les ombres, les caustiques, etc. Mais lorsque nous regardons l'animation, c'est l'impression d'ensemble, volumique, qui attire l'œil. Nous insistons sur ce point, car il contredit une partie du discours que nous avons tenu à la partie précédente. Nous y prétendions que la boucle permettait d'observer les détails de l'animation, en attendant le passage suivant. C'est vrai, mais à la condition que les détails soient observables en premier lieu dans une animation. Dans le *Discosaure*, chaque image est pleine de détails qui diffèrent trop des images précédente et suivante pour être lisibles en tant que tels. Ils sont visibles, mais en quelque sorte subliminaux ; ils se fondent dans une impression d'ensemble. Finalement, l'animation est plus que la somme de ses parties, de ses images : c'en est une synthèse, un objet composite.

Nous en venons à l'expérimentation finale de ce mémoire, qui repart au début de son histoire, sur le thaumatrope. De cette façon, vous, lecteur, aurez la possibilité de faire boucler la lecture du mémoire en revenant au début pour savoir ce qu'est le thaumatrope. Nous sentions au cours de l'élaboration de ce mémoire qu'il serait intéressant, et quasiment de notre devoir d'y consacrer un passage. C'est un moyen d'animation rudimentaire, mais nous affirmons qu'il contient en puissance ce qui fait la magie de l'animation : transformer une suite d'images, de dessins, en autre chose. La suite peut être très limitée, minimale, la magie n'en opère pas moins.

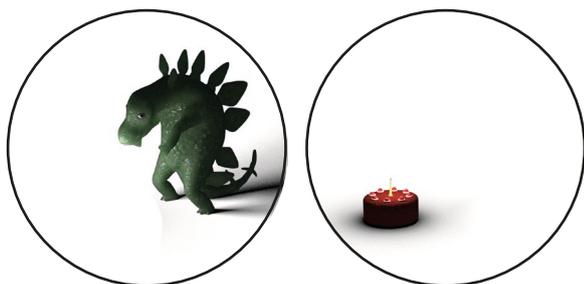


Le Swagosaure contemple un gâteau.

Nous avons fabriqué — et l'emploi du terme n'est pas usurpé puisqu'il s'agit de travaux manuels — plusieurs thaumatropes, en étant fidèle à notre pratique informatique. Plutôt que de dessiner chacun des deux côtés indépendamment, en espérant très fort que l'illusion fonctionne, et beaucoup de facteurs peuvent se mettre dans le chemin, nous dessinons l'intégralité du dessin final, que nous découpons ensuite en zones pertinentes, que ce soit

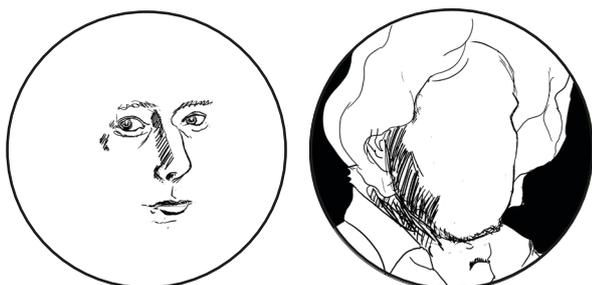
en 2 ou 3D. Le premier de ces thaumatropes figure toujours le Swagosaure, affamé, contemplant un gâteau d'anniversaire que l'on jurerait sorti du jeu vidéo *Portal*. La première version, figurant à gauche en haut, ne fonctionne pas bien parce que lorsque les images se superposent, les ombres se mélangent à l'image souhaitée, plutôt que de se positionner par-dessus comme elles le font en compositing 3D. Cela peut paraître évident, mais dans une boucle très rapide de deux images, il faut avoir conscience que les deux images se mélangent dans le cerveau ; il faut en tenir





### Suppression des détails inutiles (ombres.)

« manuelle » que celle de la 3D — un auto-portrait imitant un peu le dessin à la plume, que nous avons découpé en deux images complémentaires : la face, avec les traits du visage, bouche, nez, yeux d'un côté, et la tête et le haut du buste de l'autre. Nous espérons que le sujet en soit reconnaissable lorsqu'on voit le dessin de départ. La deuxième étape est encore numérique : en faire une animation à haute fréquence composée de ces deux images. En regardant cette animation, la synthèse s'opère très bien : nous voyons bien sûr un clignotement intense, mais nous voyons aussi l'image de départ, et étrangement, nous avons du mal à voir la séparation entre les deux « faces ». Une fois effectuée cette vérification de ce que la synthèse simulée des deux images s'opère, et faite la mise en page de manière à ce que les rectos et les versos des disques se superposent sur la feuille, nous avons imprimé notre thaumatrope. Après quelques ajustements de mise en page, quelque temps passé à trouver la meilleure méthode de découpe (les ciseaux de couture), et surtout le bon axe de rotation, qu'il faut scrupuleusement respecter sans quoi les deux faces s'enchevêtrent, le thaumatrope marche (tourne, devrions-nous dire.) Nous avons maintenant un objet physique entre les doigts. Premier réflexe : prendre les ficelles, se tromper de côté, retourner l'objet, trouver le bon côté, et inspecter les faces l'une après l'autre. Cette fois, nous ne pouvons plus faire défiler instantanément les faces comme nous le pouvions avec l'outil informatique. Les deux faces sont vraiment distinctes l'une de l'autre. Nous y reconnaissons à peine nos traits, trop isolés. Nous faisons un demi-tour, puis un autre, puis de plus en plus vite. Nous voyons apparaître, à travers le flou de la rotation, un visage. Nous irons même jusqu'à dire que nous le reconnaissons. Pourtant, dès que la rotation cesse, la magie cesse d'opérer. Nous voyons mieux chaque détail, que nous pouvons observer à loisir, voire à la loupe, mais nous n'avons plus la synthèse qui fait tout l'intérêt de l'objet.



### Autoportrait thaumatrope.

compte et bien séparer les zones intéressantes sur les deux dessins. Nous avons fait une deuxième version, où les objets qui ne nous intéressent pas sont enlevés de l'autre image.

Après avoir créé ce thaumatrope à partir d'images 3D, nous sommes revenu pour conclure au départ du mémoire en dessinant à la main — c'est-à-dire à la tablette, mais c'est une opération plus

De cette expérience, nous tirons la conclusion suivante : le métier, ou plutôt les métiers que nous exerçons sont des métiers de magiciens. Pas de la prestidigitacion, rien n'est caché ; de l'alchimie. L'animation est une transmutation de l'image en Image.



## 4. Glossaire

L'**animation limitée** regroupe un ensemble de pratiques permettant de réduire la quantité de travail requise pour animer un plan : diminuer le nombre d'images, les répéter, jouer d'effets de compositing pour garder un graphisme dynamique sans devoir dessiner toutes les images. En un sens, on peut dire que la boucle d'animation *est* une pratique d'animation limitée.

Le **creative coding** est un mouvement artistique informel, lié au mouvement OpenSource, qui utilise la programmation à des fins artistiques plutôt que de résolution de problèmes. Ce mouvement s'appuie sur des projets de frameworks qui permettent de se concentrer sur la partie artistique sans avoir des connaissances avancées d'informatique.

<http://www.youtube.com/watch?v=eBV14-3LT-g>

L'**effet phi** est une explication à ce que nous interprétons une série d'images discrètes en flash, comme un mouvement continu. Ce phénomène cognitif permet non seulement de percevoir le mouvement du monde qui nous entoure, mais aussi l'illusion du mouvement au cinéma.

La **finance participative** est un modèle économique sur Internet qui finance une entreprise par l'apport cumulé de nombreux participants. Elle permet entre autres choses une finance alternative à des projets individuels, qui n'auraient pas pu exister avec un modèle traditionnel.

Le **frame rate** est le nombre d'images par unité de temps dans une séquence. Pour nos vidéos, nous utilisons toujours 25 fps (*frames per second*, ou images par seconde), pour une diffusion orientée numérique (web, projections numériques).

Un **framework** est un ensemble de composants logiciels visant à faciliter le travail du programmeur informatique, en lui offrant des bibliothèques, environnements, outils, afin de répondre à des besoins précis du programmeur, à un haut niveau d'abstraction.

L'**imagerie lenticulaire** est une technique d'impression exploitant les propriétés optiques de fines lentilles cylindriques pour créer une impression de relief ou d'animation sur un morceau de carton. On trouve souvent des cartes lenticulaires au fond des paquets de céréales.

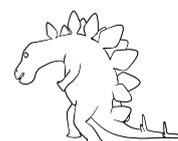


Le **low poly**, ou *low polygon*, est une esthétique de l'image 3D, qui emploie un nombre réduit des polygones qui constituent les modèles volumiques. Il en résulte des images à l'aspect dur et angulaire, sans que cela laisse présager du type de rendu, qui peut lui être réaliste.

Le **path tracing** est une technique de rendu d'image de synthèse, qui permet de simuler des effets optiques réalistes (illumination indirecte, flou de profondeur de champ et de bougé, bokeh, caustiques, ombres douces, etc.) Longtemps utilisé uniquement comme référence pour tester la justesse d'autres algorithmes, le path tracing est utilisé en production depuis quelques années, depuis que la puissance de calcul des ordinateurs le permet. Il est parfois favorisé pour sa relative simplicité de paramétrage.

Le **rig** est une technique de 3D permettant de préparer un personnage à l'animation, en lui donnant une sorte de squelette virtuel. La peau du personnage est reliée à ce squelette, et se déplace avec lui. C'est une étape fondamentale dans le processus de création d'un personnage, sans laquelle une animation correcte est impossible — ou très difficile.

Le **format SVG** est un format standard d'*image vectorielle*. Il stocke les coordonnées, les graisses, les couleurs de courbes et d'aplats, ainsi que des données de filtres (flou par exemple), qui permettent de rendre l'image à une résolution arbitraire, contrairement aux formats *bitmap* qui stockent des informations de couleur pour chaque pixel.



## 5. Bibliographie

[1] Joseph et Barbara Anderson, *The Myth of Persistence of Vision Revisited*, in Journal of Film and Video, Vol. 45, No. 1 (Printemps 1993) : 3-12.

[http://academic.evergreen.edu/curricular/emergingorder/seminar/Week\\_1\\_Anderson.pdf](http://academic.evergreen.edu/curricular/emergingorder/seminar/Week_1_Anderson.pdf)

[2] [http://en.wikipedia.org/wiki/Internal\\_combustion\\_engine](http://en.wikipedia.org/wiki/Internal_combustion_engine)

[3] <http://hateplow.tumblr.com/>

[4] <http://www.saatchigallery.com/mpp/>

[5] <https://www.kickstarter.com/projects/sha/gifpop-custom-gif-cards-for-everyone>

[6] Bruno Herst, *L'aventure des mondes impossibles*, in *Des Mondes impossibles* (2006), Taschen.

[7] <http://zenphoton.com/>

[8] Stéphane Grabli, Emmanuel Turquin, Frédo Durand et François X. Sillion, *Programmable Style for NPR Line Drawing*, in Eurographics Symposium on Rendering (2004). H. W. Jensen, A. Keller, éditeurs.

[http://maverick.inria.fr/Publications/2004/GTDS04/linedrawing\\_electronicversion.pdf](http://maverick.inria.fr/Publications/2004/GTDS04/linedrawing_electronicversion.pdf)

*A Short History of the Gif*, 2012 (vidéo).

[https://www.youtube.com/watch?v=A1OmdtJo\\_r8](https://www.youtube.com/watch?v=A1OmdtJo_r8)



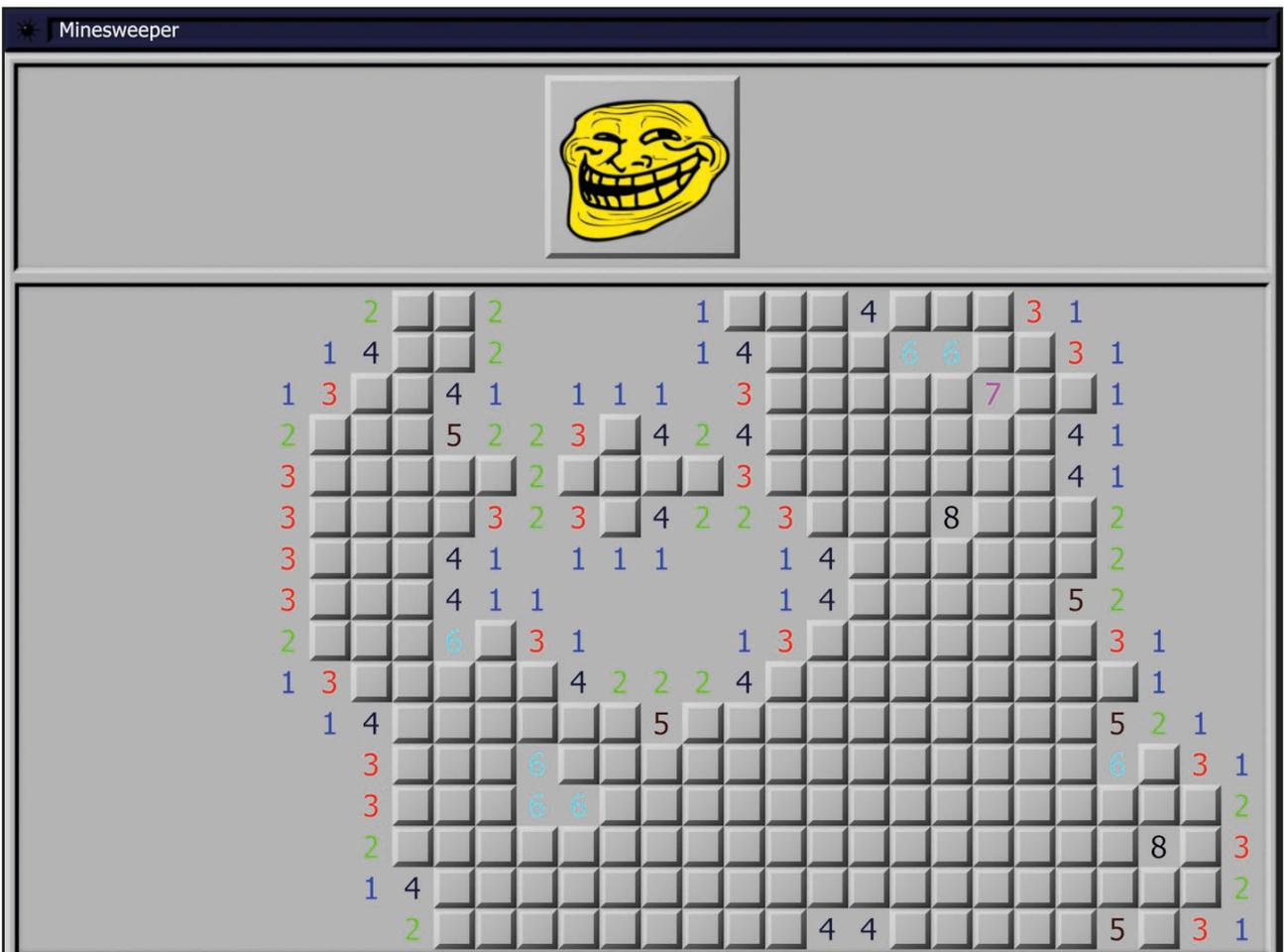
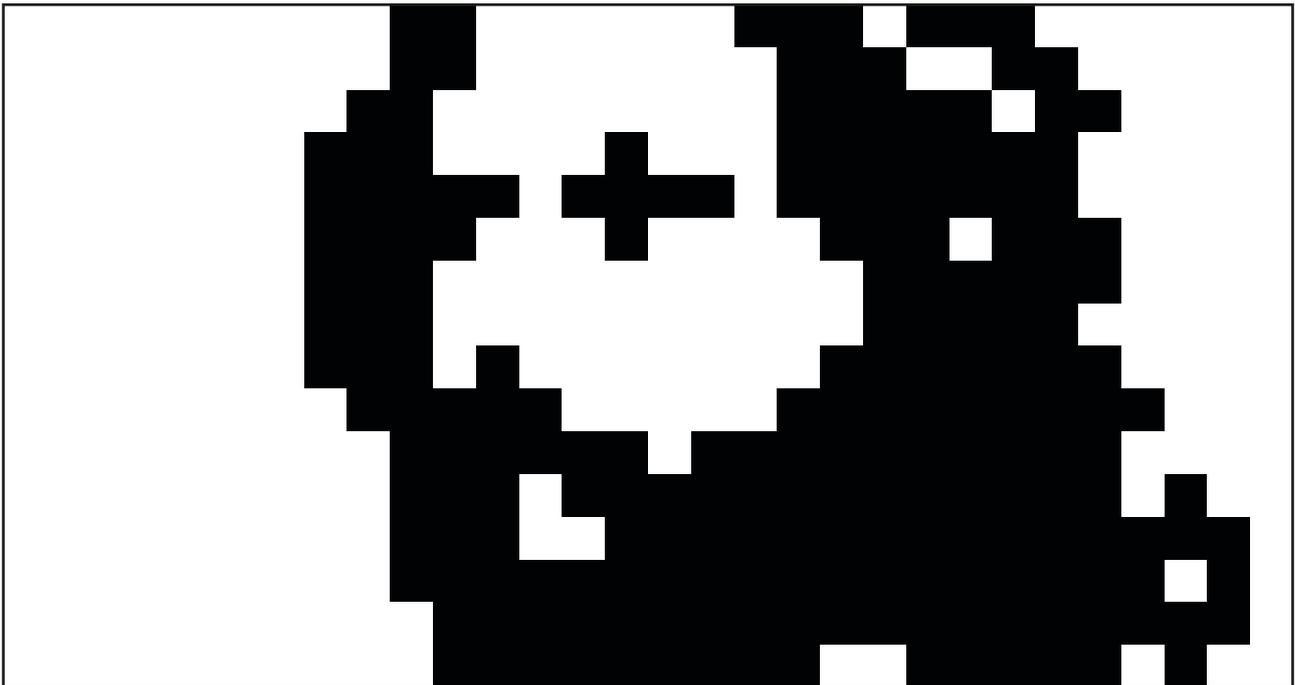
## 6. Annexes

### A. Variations sur Jim Morrison.



*Image originale. La raison du choix de cette image nous est encore inconnue à ce jour.*





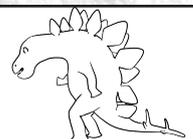
En haut : version basse résolution, données de base pour le démineur.  
En bas : image « démineur » calculée à partir de l'image noir et blanc.



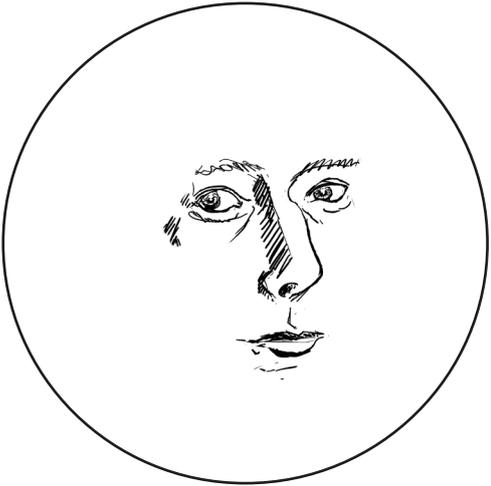


En haut : vue d'une scène Blender permettant l'export de données vers HQZ

En bas : rendu HQZ de la scène du haut, passé en négatif.



### B. Thaumatrope

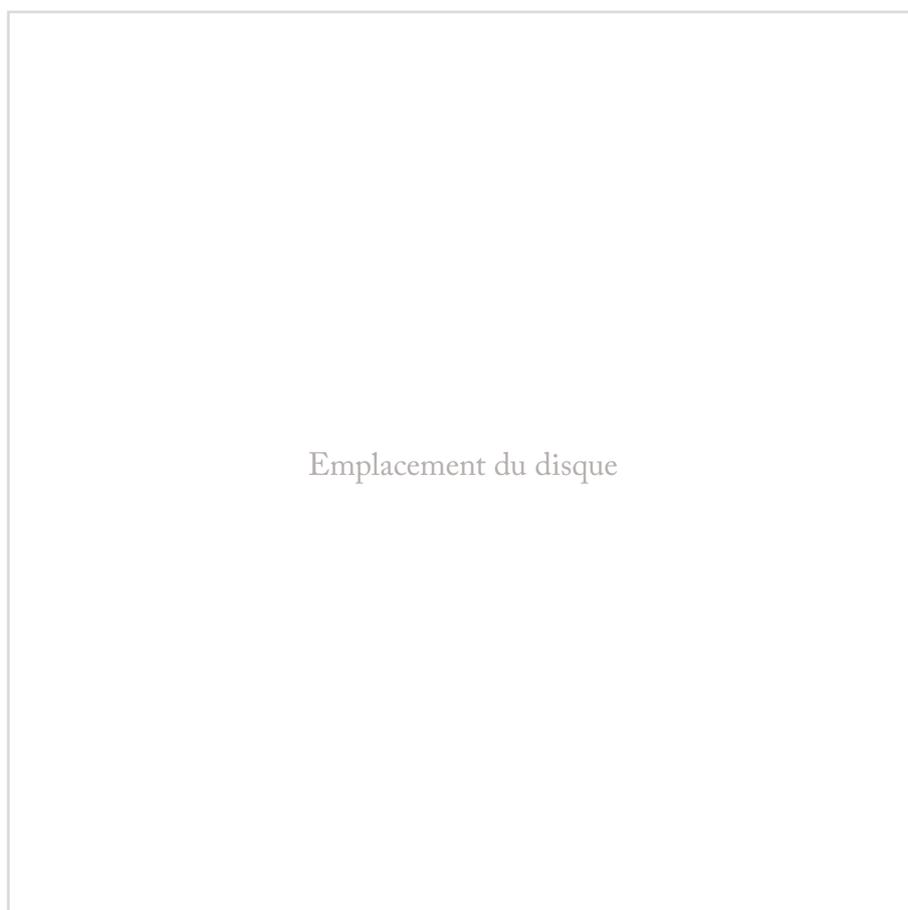


Emplacement des  
thaumatropes



## C. CD

Ce disque contient tous les éléments nécessaires à la compréhension de ce mémoire : images, vidéos, programmes, scènes.



## Remerciements

Merci à Adam, Émilie, Guillaume et Ouirich pour ce projet de film au cours duquel nous avons tant ri.

Merci à Victor, pour m'avoir fait connaître ATI, et à Marguerite, pour m'avoir fait connaître Victor.

Merci à Marie-Hélène Tramus et Chu-Yin Chen pour avoir suivi la préparation de ce mémoire.

Merci à Eddy C. C. pour avoir composé la musique à la David Guetta du Swagosauure.

Merci à Micah Elizabeth Scott pour avoir écrit HQZ (que je n'ai pas lu en entier).

Merci à Adam B. qui m'a fort gracieusement offert le nom de *Swagosauure*.

Merci aux enseignants d'ATI, sans qui j'en saurais moins encore.

Merci à François d'avoir ri à la lecture de ce mémoire.

Merci à Juliette d'avoir relu toutes mes virgules.

Merci à Papa et Maman, pour tout.

Merci à mon frangin, idem.

Merci aux copains.

Merci.

