
Animation 3D : mouvements de caméra réalistes pour la stop motion

Laura Saini* - Nicolas Lissarrague - Gudrun Albrecht* - Lucia Romani*** - Christoph Fünfzig* - Jean-Paul Bécar***

** LAMAV-CGAO, Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis
FR no.2956, F-59313 Valenciennes
laura.saini@univ-valenciennes.fr
gudrun.albrecht@univ-valenciennes.fr
c.fuenfzig@gmx.de
jean-paul.becar@univ-valenciennes.fr*

*** CALHISTE, Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis
E.A. 4343, F-59313 Valenciennes, France
nicolas.lissarrague@univ-valenciennes.fr*

****Università di Milano Bicocca
Via Cozzi 53, 20125 Milano
lucia.romani@unimib.it*

RÉSUMÉ. L'article présente un système qui permet la simulation 3D suivie de son exécution sur un plateau d'un mouvement de caméra réaliste pour la stop motion. Les travaux de recherche portent sur deux points : un état de l'art des outils actuels pour produire des mouvements de caméra en animation stop motion ; les moyens de reproduire sur un plateau de stop motion une animation faite en 3D. Le système, en cours de développement, permettra à terme à la chaîne des acteurs impliqués dans une animation stop motion de prévisualiser et de produire des mouvements de caméra réalistes en 3D. Ces mouvements, paramétrables interactivement grâce à une interface haptique, reproductibles à l'identique et modifiables au cours de la prise de vue, donnent à la mise en scène une liberté accrue.

MOTS-CLÉS : animation, stop motion, mouvement de camera, contraintes, simulation réaliste.

1. Stop motion & mouvements de caméra : état de l'art

La stop motion est un type d'animation qui permet de rendre "vivants" presque tous les objets, en donnant l'impression qu'ils bougent par eux-mêmes. L'illusion est obtenue en manipulant ces objets dans une succession de poses figées, en photographiant chacune de ces poses et en projetant le résultat comme une séquence continue. Ce procédé long et complexe – un animateur ne produit que 4 à 12

secondes d'animation par jour (Purves, 2008) – est encore plus périlleux lorsqu'il concerne un mouvement de caméra : toute erreur se traduit par une secousse de *toute* l'image et un mouvement d'autant plus saccadé et gênant pour le spectateur. Par conséquent, sur un tournage en stop motion, la caméra est le plus souvent fermement arrimée au sol.

Pour passer outre cette contrainte, certains réalisateurs n'ont pas hésité à recourir à diverses techniques et astuces¹ jusqu'à ce qu'Henry Selick utilise pour la première fois une caméra contrôlée par ordinateur, capable de réaliser un mouvement de caméra parfaitement fluide, image par image². En comparant ces deux manières d'animer une caméra en stop motion, par « motion control » ou manuellement, il est possible de synthétiser les avantages et les inconvénients de chacune :

Animation manuelle : elle ne permet d'animer la caméra que sur un seul axe de liberté, parfois deux comme le travelling associé à un panoramique dans *The Secret Adventure of Tom Thumb* (David Borthwick, 1993), mais pas davantage sous peine de rendre les manipulations trop complexes ; elle fonctionne bien pour les mouvements à vitesse linéaire mais n'est pas assez précise pour permettre des accélérations, des décélérations ou des mouvements très lents ; la précision humaine ayant ses limites, l'animation finale comporte fatalement des secousses et des tremblements - ce qui par ailleurs confère à la stop motion son cachet³.

Animation contrôlée par ordinateur : tous les appareils permettant ce type d'animation sont destinés aux plateaux et aux contraintes des prises de vue en temps réel (Milo, RevolveR, Talos) - et sont par conséquent largement surdimensionnés pour la stop motion en termes de coût, de taille, de poids et de vitesse. La trajectoire de la caméra suit des courbes 3D, si bien que la caméra exécute des mouvements parfaits. D'un côté, cet aspect est une bénédiction pour la stop motion puisqu'il empêche toute mauvaise manipulation ou imprécision des animateurs. Mais d'un autre côté, la perfection du mouvement, aussi régulier et désincarné qu'un calcul d'interpolation, s'oppose à l'esthétique de la stop motion⁴.

Ce constat a sans doute motivé Peter Lord lorsqu'il déclare : « *Stop-frame is like live music, played on traditional instruments, compared to a studio recording using the finest instruments in the world, all the latest technology and some electronic instruments. The latter is more polished, more perfect, bigger, better, showier – but*

¹ Pionnier dans ce domaine, Ray Harryhausen fut le premier à réaliser un travelling avant dans un court métrage en stop motion, *The Story of the Tortoise and the Hare*, 1952.

² Pour de nombreux plans de *L'Étrange Noël de Mr Jack*, 1993.

³ Quelques références de films comportant un ou des mouvements de caméra réalisés manuellement : *Peter and the wolf* (Suzie Templeton, 2006), *9,99 \$* (Tatiana Rosenthal, 2008), *Western Spaghetti* (PES, 2008), *MUTO* (BLU, 2008), *Fantastic Mr Fox* (Wes Anderson, 2009).

⁴ Quelques références de films comportant un ou des mouvements de caméra réalisés par motion control : *Corpse Bride* (Tim Burton and Mike Johnson, 2005), *Wallace and Gromit : The Curse of the Were-Rabbit* (Steve Box and Nick Park, 2005) *Wallace and Gromit : A matter of loaf and death* (Nick Park, 2008), *Coraline* (Henry Selick, 2009).

maybe lacks humanity. Stopframe is much less perfect, much less polished, unrepeatable, inaccurate - in a word, human. », Peter Lord (Harryhausen et al., 2008).

Cette analyse permet de conclure qu'un certain degré et une certaine qualité de secousses sont souhaitables car ils apportent du réalisme et participent à l'esthétique de la stop motion, mais que l'animation manuelle image par image est un procédé trop long et trop hasardeux pour permettre d'animer une caméra avec la liberté et la sécurité requises.

Cependant, le recours à l'animation 3D est aussi problématique à cause de la perfection des mouvements produits. Des logiciels comme Maya, 3D Studio Max Lightwave, Blender, Cinema4D et Softimage dominent la famille des programmes d'animation 3D. Tous disposent de deux fonctionnalités principales pour l'animation: par image-clé et par contrainte de trajectoire. Le tableau 1 présente les avantages et inconvénients de ces deux fonctionnalités.

	Par image-clé	Par contrainte de trajectoire
Séparation position et vitesse	impossible	possible
Contrôle global/local de la trajectoire 3D	contrôle local	contrôle global
Ajout de contraintes	oui	partiellement
Accès aux coordonnées	oui	non

Tableau 1. *Avantages et inconvénients des deux principaux outils d'animation.*

Du point de vue mathématique, il existe plusieurs techniques d'interpolation pour ajuster une courbe définie par morceaux à une suite de points fixés dans l'espace (images clés). La plupart de ces techniques utilisées en animation peut être trouvée par exemple dans (Verth *et al.*, 2004), (Govil-Pai, 2004) et (Kochanek *et al.*, 1984). Cependant, un inconvénient majeur dans l'animation par images clés est la dépendance entre la vitesse et la position que plusieurs approches tentent de pallier. Pour une synthèse, voir (Saini *et al.*, 2010) et sa bibliographie.

Notre intérêt se porte donc sur un système de contrôle de mouvement par ordinateur, capable de simuler un mouvement de caméra comme s'il avait été réalisé manuellement. Un premier prototype a été développé, limité à un axe de translation. Confidé à un groupe de 30 étudiants du master pro « Création numérique et arts plastiques » de l'Université de Valenciennes, il a permis de pointer une série de problèmes et de faiblesses que des discussions avec des professionnels de l'animation (BUF, Solab) ont confirmé. Sur la base de ces remarques, un nouveau prototype est en cours de développement. Son évaluation en situation de production est prévue dans les prochains mois. La seconde partie expose les méthodes pour l'élaboration du second système, c'est-à-dire : simuler une courbe d'animation

réaliste, la rendre modifiable interactivement à l'aide d'une interface haptique et reproductible par un robot optimisé pour les productions en stop motion.

2. Premières étapes vers un nouveau système

Cette section présente les premières étapes d'un nouveau système d'animation qui supprime les inconvénients des logiciels d'animation 3D classiques. Dans un premier temps, nous nous concentrons sur l'animation par image-clé, en développant la possibilité de séparer la trajectoire 3D en deux courbes distinctes et autonomes, décrivant respectivement la position et la vitesse de l'animation. Afin d'obtenir une trajectoire lissée qui intègre les contraintes dues aux mouvements réels de caméra, chaque morceau de courbe doit être défini en ses extrémités en termes de tangentes et de courbures. A cette fin sont utilisés des interpolants paramétriques G^2 par morceaux. Basée sur les méthodes numériques existantes dont les références figurent en section 1, la courbe complète est paramétrisée par l'abscisse curviligne de sorte qu'un changement d'unité dans la valeur du paramètre induit un changement d'unité dans la trajectoire. Ainsi en utilisant le concept de courbe de transition temporelle où l'abscisse curviligne est une fonction du temps (cf. figure 1(a)) la vitesse de parcours d'un point de la courbe peut être contrôlée (cf. figure 1(b)) ainsi que son accélération.

Le nouveau système est actuellement expérimenté et implémenté dans l'environnement *Matlab*®. A partir d'une suite de points fixés dans l'espace et une paramétrisation choisie, le programme calcule une quintique d'Hermite de l'espace. Elle est G^2 en chacun de ses points. Le programme offre la possibilité de choisir la vitesse le long de la courbe sans changer la trajectoire. Inversement, il est aussi possible de modifier la trajectoire sans changer la vitesse. Une fois calculés par *Matlab*® les points de la nouvelle paramétrisation sont intégrés à 3D Studio Max au moyen d'un script externe. Ensuite un système haptique est intégré dans le logiciel pour permettre de ressentir la nouvelle paramétrisation de la courbe.

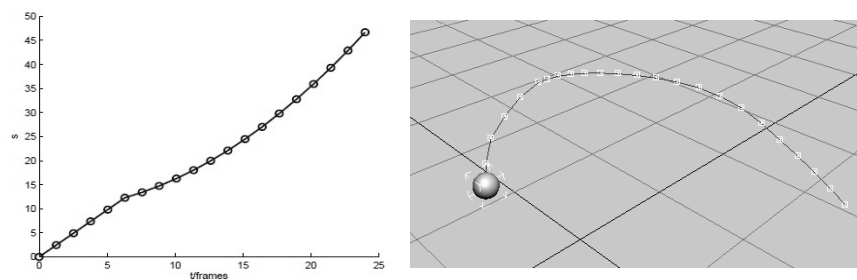


Figure 1. La figure 1(a) représente une courbe de transition temporelle composée d'une partie linéaire et d'une partie parabolique. La figure 1(b) représente la

courbe quintique paramétrique d'Hermite de l'espace correspondant à la courbe de transition temporelle en figure 1(a) dans 3D Studio Max.

Rappelons que les interfaces haptiques sont des appareils de captation spatiale qui peuvent eux-mêmes générer une force sur le point d'entrée (retour de force). L'utilisateur peut être guidé le long d'une courbe comme le montre la figure 2 : premièrement, le point d'interaction x doit être déplacé sur le point de la courbe le plus proche. Une force de pression dans la direction est utilisée pour parvenir à ce résultat. Deuxièmement, l'utilisateur peut se déplacer dans le temps, le long de la courbe dirigé par le vecteur tangent de la courbe $p'(t) = p'(s) \cdot s'(t)$. Comme décrit précédemment, le mouvement de caméra et sa longueur tangente sont réguliers, bien qu'en animation stop motion ils soient échantillonnés par un nombre de points discrets (les images de l'animation). D'après notre expérience, la perception haptique humaine de différences de vitesse changeant continuellement est relativement grossière. Afin d'améliorer le ressenti haptique, nous avons recouru à une force non-continue (voir figure 2). Cette force est calculée en fonction d'une zone d'attraction autour du point suivant dans l'échantillonnage (SenAble, 2005). Afin de gérer les dépassements (overshooting), il est nécessaire d'envelopper chaque point de l'échantillonnage d'une petite zone sphérique dans laquelle il n'y a pas de retour de force. En traversant la zone d'attraction, le point suivant peut être repositionné par l'utilisateur, et les propriétés de la fonction de transition temporelle $s(t)$ peuvent être modifiées en conséquence.

A partir de cette première expérimentation, l'objectif des travaux est d'intégrer le procédé de paramétrisation des courbes d'animation dans l'interface d'un logiciel 3D tel que 3D Studio Max, et de le coupler à une interface haptique. Les caractéristiques de ce type d'interface permettent en effet de suivre et de modifier certains aspects de l'animation plus facilement.

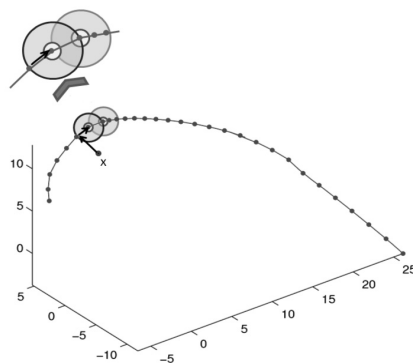


Figure 2. *Un composant de force normale tire vers la courbe, et un composant de force tangentielle se déplace le long de la trajectoire (flèches noires). En gris est illustrée la zone d'attraction autour d'un point de l'animation stop-motion. En-deça d'une distance minimale on entre dans une zone où le retour de force tangente est nul (à l'intérieur de la sphère rouge).*

Pour résumer, le système devrait offrir les possibilités suivantes :

1. Gestion de la trajectoire de la caméra :

- Au niveau de la 3D : les courbes de position et de vitesse d'une animation de base doivent pouvoir être traitées séparément afin de pouvoir appliquer sur chacune des contraintes et paramétrisations différentes.
- Au niveau de l'interaction avec le logiciel : une interface haptique devra donner l'illusion d'un contact direct avec la trajectoire de la caméra en permettant de suivre la forme de la courbe de position et de ressentir la vitesse de la caméra le long de la courbe. De plus, l'animateur (-trice), aura une importante liberté de contrôle sur l'animation de la caméra car il ou elle pourra interagir avec la courbe grâce à l'utilisation du retour de force.

2. Exécution du mouvement de caméra :

- Une fois l'animation importée dans le logiciel de contrôle de la prise de vue, celui-ci devrait permettre de calibrer les mouvements du robot, de modifier les réglages de la caméra et enfin de lancer l'exécution du mouvement et de contrôler son déroulement.
- Enfin, le robot permettant de reproduire le mouvement 3D devrait être optimisé en termes de poids et de taille, et abordable pour toute production, quel que soit son budget.

In fine, un tel système donnerait aux réalisateurs et aux animateurs de films en stop motion autant de liberté pour animer la caméra que sur un plateau de tournage « classique ». Grâce à l'interface haptique il permettrait même de modifier l'animation interactivement et intuitivement durant le tournage, en fonction de la prise de vue.

3. Bibliographie

- Govil-Pai S., *Principles of computer graphics : theory and practice using OpenGL and Maya*, Springer, 2004.
- Harryhausen R., Dalton T., *A Century of model animation*, Aurum Editions, 2008.
- Kochanek D. H. U., Bartels R. H., « Interpolating splines with local tension, continuity, and bias control », *SIGGRAPH Comput. Graph.* Vol. 18, n° 3, 1984, p. 33–41.
- Purves B. J. C., *Stop motion : Passion, Process and Performance*, Elsevier, Focal Press, p.11 (Section 1, Chapter 2 : "Evolving into stop motion - Messing with time"), 2008.
- Saini L., Lissarrague N., Albrecht G. et Romani L., « Animation 3d: le problème du mouvement de caméra », *Actes de la 11ème édition des Journées du Groupe de Travail en Modélisation Géométrique (GTMG2010)*, 31 Mars - 1 Avril 2010, Dijon, p .69-76.
- SensAble Technologies (Ed.), *OpenHaptics Toolkit - Programmer's Guide*, 2005.
- Verth J. V., Bishop L., *Essential Mathematics for Games and Interactive Applications : A Programmer's Guide*, Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 2004.