

FORME, IMAGE, MOUVEMENT : VERS UN ART DU MOUVEMENT VISUEL

Annie Luciani

Laboratoire ICA, INPG, 46 av. Félix Viallet, 38 000 Grenoble

Annie.Luciani@imag.fr

RÉSUMÉ

Nous montrons tout d'abord en quoi le paradigme de la modélisation physique particulaire masses / interactions présente deux propriétés essentielles nécessaires à un outil de création informatique pour le mouvement visuel : la généralité et la modularité. Puis, nous abordons trois questions fondamentales liées aux conditions technologiques et théoriques pour l'émergence d'un art du mouvement visuel. La première est la faible utilisation des propriétés de généralité et de modularité du modèle physique dans l'animation par ordinateur qui, mettant l'accent sur le réalisme, favorise des modèles au cas par cas d'objets réels. La deuxième est que la mise en forme visuelle du modèle physique particulaire n'est pas non plus traitée de manière modulaire et générique, ce qui limite ainsi considérablement son usage pour les arts visuels. Au centre de cette difficulté se trouve la question d'un outil de modélisation libre de la topologie spatiale, adaptée au modèle particulaire. Ces deux conditions sont nécessaires à l'émergence d'un art du mouvement visuel. La troisième difficulté est d'ordre artistique. La relation image / mouvement a été maintes fois traitée dans les arts visuels, mais les spécificités d'un art du mouvement visuel n'ont jamais été élaborées pour elles-mêmes. Sont en cause ici les réminiscences de « *l'ut pictura poesis* », ramenant un art à l'autre et la prise de position moderniste oeuvrant à les séparer clairement. Ainsi, ni un art du mouvement visuel ne peut naître, malgré toutes ses prémisses séculaires, ni des bases solides d'un art multisensoriel ne peuvent être élaborées. Nous commençons ici une analyse dans l'objectif de rompre ces digues pour poser les bases de nouvelles formes artistiques fondées sur le temps comme donnée première.

1. MODELE PHYSIQUE PARTICULAIRE ET SYNTHESE D'IMAGES

La modélisation physique particulaire a été l'une des premières méthodes de simulation physique à avoir été introduite en synthèse d'images avec les premières simulations de corps déformables [Luc84][Mil88] et de fluides [MP89][Ton91]. L'essentiel des activités de recherche s'est cependant très vite focalisé sur la modélisation de corps solides rigides ou déformables. En conséquence, les principaux moteurs de simulation physique utilisés en synthèse d'images et dans les jeux

[Havok, Open Dynamics Engine, Tokamak] sont basés sur la physique du solide pour modéliser ce type de d'objets et non sur la modélisation physique particulaire.

En parallèle, les grands logiciels d'animation 3D (Maya, 3DStudio Max, Blender, Lightwave) ont introduit la modélisation physique en commençant par les techniques physiques proches de leur philosophie de base : l'objet 3D. Les procédés invoqués ont alors été tout d'abord la physique du solide, puis des structures masses - ressorts qui viennent se plaquer sur un maillage géométrique classique pour la simulation d'objets géométriques déformables comme des tissus. La modélisation physique particulaire y fait son apparition sous le vocable restreint de « systèmes de particules », pour représenter des effets comme des explosions [Ree83] ou des injections de simulacre de fumées. La raison en est évidente : bien qu'en grand nombre, les collisions entre particules sont très simples à calculer. Cependant, la modélisation de phénomènes naturels s'est très vite tournée vers des modèles développés au cas par cas (« *one shot model* ») : effets de fumées [FSJ01], de flammes [NFJ02], ou de liquides [EMF02], pour ne citer que les plus réputés.

Or, les travaux des pionniers Luciani, Miller et Tonnesen, mais surtout de leur prédécesseur et inspirateur, D. Greenspan [Gre97] ont montré que le modèle physique particulaire avait un atout qu'aucun autre modèle physique n'avait : sa généralité, c'est-à-dire sa capacité à créer une vaste panoplie d'effets avec un seul formalisme et un seul type de savoir-faire. Poursuivant les travaux de Greenspan, A. Luciani et les chercheurs du groupe de recherche ICA / ACROE ont ainsi modélisé une très grande variété de comportements par des modèles particuliers masses / interactions (Figure 1): muscles [DLC93], corps rigides articulés [CL95], déformables [CLH96], turbulences [LHD95], fractures [LG97], cellules biologiques [BL03], avalanches [LHM95][Luc00], pâtes [GLN03], foules [HLTC03], corps humains [HL05]... Plusieurs modèles de phénomènes naturels basés sur cette technique ont également été développés sous le vocable plus codé de « simulation lagrangienne » [MCG03] [MSKG05] [DCG08]. Cette propriété de généralité est d'ailleurs redécouverte avec enthousiasme par certains membres de la communauté d'informatique graphique, par exemple les chercheurs de la société ILM [KNB03].

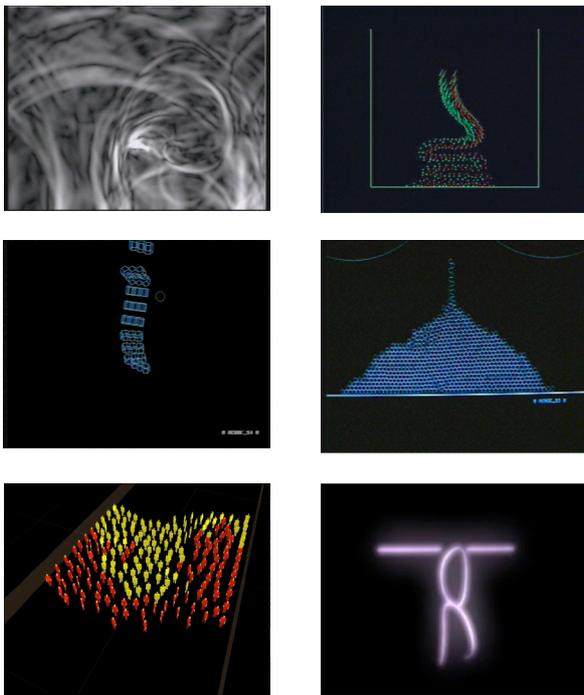


Figure 1. Modèles masses-interactions (ACROE): liquides, pâtes, fractures, sables, foules, mouvements dansés.

Cependant, le passage de modèles de type « systèmes de particules » ou de modèles de type « masses / ressorts », à des modèles particuliers de type réseaux « masses / interactions » pose un ensemble de questions nouvelles, précisément celles de la *généricité* et de la *modularité*. Or, ces deux propriétés, négligées dans les modèles spécifiques développés par la synthèse d'images, sont essentielles pour tout outil de création. Ainsi, au-delà de l'usage habituel du modèle physique pour atteindre un plus grand degré de réalisme des images de synthèse, le paradigme de la modélisation physique masses / interactions est d'abord et avant tout un puissant formalisme pour modéliser des mouvements quelconques, réels ou imaginés, par l'artiste lui-même.

2. DUALITE FORME – MOUVEMENT DANS LES MODELES PHYSIQUES PARTICULAIRES

Le problème de l'habillage est un problème intrinsèque des modèles particuliers et plus particulièrement des modèles physiques particuliers.

Dans la synthèse de formes visuelles, il s'est posé lors de l'usage de points en lieu et place de facettes ou d'éléments de volume, et ce dès l'origine de la modélisation particulière non physique [Ree83] dont le propos était d'avoir accès à des phénomènes très peu structurés comme des explosions, des feux d'artifices. L'obtention de ces effets a conduit à descendre vers des éléments de discrétisation spatiale de plus en plus petits et de plus en plus élémentaires : du volume, à la facette puis finalement au point. Le passage au *point* comme

élément de discrétisation d'une forme est cependant un passage critique, puisque le point est un élément topologique de dimension zéro, duquel toute notion de forme et de spatialité sont exclues. C'est à ce prix qu'il offre, à contrario, l'avantage de pouvoir recréer toute forme, de quelque nature ou structure qu'elle soit.

Dans la synthèse de mouvement par modèle physique, à l'inverse, tant que l'on utilise des modèles physiques procédant de la physique des solides rigides ou déformables, la question de l'habillage ne se pose structurellement pas, ou peu. En effet, la forme est incluse dans le procédé de calcul physique. Ainsi, dans la physique du solide rigide, elle est portée par les équations des moments. Dans les solides déformables, les méthodes de types décomposition en éléments finis procèdent à un maillage de la forme, pour assurer les conditions de contiguïté de la matière dans les calculs physiques. Cela n'est pas du tout le cas dans un modèle physique particulière masses / interactions. En effet, il existe deux différences fondamentales entre la représentation physique particulière masses – interactions d'un objet ou d'un phénomène et sa représentation visuelle, différences qui sont critiques pour l'utilisation de ce type de modèle en synthèse d'image. Elles portent sur le nombre de points nécessaires dans chacune des représentations et sur les relations entre ces points.

En ce qui concerne le nombre de points, la discrétisation de la matière en masses ponctuelles pour représenter le mouvement réclame en général un nombre de points inférieur à celui nécessaire à la visualisation de l'objet. Ainsi, il suffit d'une masse ponctuelle placée au centre de gravité d'un pendule sphérique pour représenter son mouvement alors que le rendu visuel de sa forme nécessite de nombreux points surfaciques. La géométrie, et au-delà le rendu visuel, travaillent donc à une résolution spatiale supérieure à celle du comportement dynamique. La stratégie de modélisation dans le modèle physique consiste à ne définir que le nombre de points nécessaires et suffisants pour obtenir le mouvement désiré. Les raisons sont tout d'abord des raisons conceptuelles d'économie de représentation. Mais à celles-ci sont associées des raisons pragmatiques de temps de calcul d'une part et de stabilité des simulations d'autre part. Les temps de calcul sont en effet plus lourds pour les points physiques que pour les points géométriques. De plus, si l'on augmente le nombre de points matériels pour les faire se rapprocher au mieux des points nécessaires à la visualisation, les conditions de convergence des équations différentielles discrètes sont plus exigeantes. On appelle souvent « *modèle minimal* » le modèle physique composé du nombre optimal de points matériel et d'interactions, pour un phénomène donné.

En conséquence, il faut procéder à un habillage du modèle physique particulière, habillage qui consiste à créer des points supplémentaires et à donner une forme

spatiale à tous. De nombreuses méthodes ont été développées pour résoudre ce problème. Elles consistent à appliquer plus ou moins directement une forme aux points physiques : fonctions d'interpolation entre points physiques, sommets d'un maillage [DSB99], courbes et surfaces paramétriques [RNN00], treillis support de déformation de formes libres [Coq90], squelettes [BL99], fonctions globales de déformation [BD93], expansions des points par ajout de primitives géométriques volumiques [BBB98] ou par surfaces implicites statiques [Can98] ou dynamiques [Hab97]. Pour chacun de ces procédés, des méthodes spécifiques de rendu visuel de tel ou tel objet ou phénomène ont été proposées, en particulier en lien avec la représentation de phénomènes naturels.

En ce qui concerne les relations entre les points physiques, partant d'un objet matériel ou d'un phénomène à modéliser, la modélisation des comportements dynamiques consiste en une condensation en points matériels reliés par des interactions physiques. Les interactions reliant les points matériels ne représentent pas (ou pas seulement) des contiguïtés matérielles ni même nécessairement des relations spatiales. Certaines interactions peuvent représenter des couplages fonctionnels, qui ne traduisent pas la présence de matière, C'est le cas par exemple des attractions à distance ou des interactions visqueuses. De même, [Hel92] et [HLTC03] ont modélisé des comportements de foule par des masses ponctuelles en interactions visco-élastiques à distance.

Strictement parlant, le modèle physique particulière produit donc un nuage de points en mouvement, entre lesquels il est nécessaire de reconstruire les relations spatiales perdues ou noyées dans le processus de réduction à des points physiques. Les modèles physiques particulières sont donc des modèles dits «*meshless*» (i.e. sans maillage a priori) qui nécessitent, pour être visualisés, de générer une topologie [MHTG05]. D'une manière plus générale, avant de construire une géométrie, un passage obligé préliminaire consiste à (re) structurer ce nuage de points.

L'hypothèse que nous défendons ici est que, si ces méthodes d'habillage, au demeurant très nombreuses, sont particulières, c'est que chacune d'elles se fonde sur une topologie à la fois plus ou moins implicite et spécifique au cas traité. Le cas exemplaire est celui des graphes de mélanges dans les surfaces implicites [GW95]. Ainsi, le chaînon manquant permettant de faire le chemin inverse du point vers la forme spatiale, d'une manière conceptuellement aussi générique que la condensation ponctuelle, est celui qui permettra explicitement une modélisation de la topologie, et ce avant même la modélisation de la géométrie, donc de la forme spatiale. On pourra ainsi espérer unir la modélisation d'objets non structurés (fumées, eau, ...) et d'objets structurés (personnages, véhicules, objets manufacturés, ...), en passant par ceux qui se fracturent,

se recombinent ou se recollent ou se solidifient. La modélisation par l'utilisateur d'un modèle topologique à partir du modèle physique particulière est donc une étape nécessaire pour fournir un modèle géométrique à des fins de visualisation. Ceci est d'autant plus nécessaire que la topologie est le premier caractère prégnant dans l'identification visuelle d'une scène ou d'un objet, puisque l'on identifie d'abord s'il y a une ou deux choses, si ces choses se recombinent ensuite en une seule ou au contraire se fracturent en plusieurs, si elles sont co-extensibles à l'infini (plan) ou se replient sur elles-mêmes (sphères), si elles sont des embranchements (arbres) ou si elles sont monolithiques. Nous avons d'ailleurs pu constater dans les ateliers de création Art-Enact organisés par l'ACROE, l'enthousiasme d'artistes, élèves ou confirmés, lorsque nous avons évoqué cette question sur des cas simples autorisés par le logiciel MIMESIS [ELC06] développé par le laboratoire.

Du côté des modèles topologiques, deux types de démarches coexistent :

- l'une en provenance de la topologie et de la géométrie différentielle et qui se fonde sur des critères de structures continues (points de rebroussement, points selles, plis, etc...) comme chez [Bru85] [Tho88]. Ces auteurs mettent d'ailleurs l'accent sur la pertinence entre topologie et perception.

- L'autre en provenance de représentations de type graphes et cartes qui définissent les structures topologiques par des schémas logiques ou combinatoires comme des adjacences ou des fusions. Il existe de nombreux modèles topologiques discrets, que nous ne détaillerons pas ici, capables de décrire les relations de voisinages entre points, comme les relations d'incidence et d'adjacence entre les cellules topologiques (sommets, arêtes, faces, volumes).

On peut remarquer ici que la première est d'inspiration plus analytique et la seconde de tendance plus constructiviste. C'est pour cette raison que cette dernière est *a priori* plus adaptée que la première pour la créativité graphique et perceptuelle en images de synthèse. Elle s'avère plus à même de représenter des métamorphoses et des transformations : croissance de plantes, transformations d'un objet en un autre [Lie89].

Les premiers usages des modèles topologiques à des fins de visualisation l'ont été pour simuler l'évolution de structures topologiques, les plus connus étant probablement les L-Systèmes pour modéliser des plantes [PL90]. Il s'agit de représenter des évolutions topologiques et non des variations topologiques subséquentes à un phénomène dynamique. Hormis [LSM08] et [JCD08], à notre connaissance, peu de travaux se sont intéressés à l'évolution de la topologie intrinsèque à des dynamiques de processus génériques. Deux démarches sont ici possibles :

- Celles partant de l'idée d'un *mapping* «*amont*», où un modèle topologique est défini en amont d'un modèle

physique masses/interactions (projet ANR VORTISS, travaux encore non publiés). Le modèle physique est alors chargé de suivre les changements topologiques définis dans le modèle topologique amont.

- Celles partant de l'idée d'un *mapping* « aval », où un modèle physique masses/interactions contrôle un modèle topologique aval. A notre connaissance, aucune mise en œuvre opérationnelle n'a jamais été réalisée. Ce problème fondamental a été posé dès la thèse de A. Luciani [Luc85] et est repris de manière très simple dans le logiciel MIMESIS. En effet, le logiciel MIMESIS intègre des possibilités d'affectation libre de topologies fixes en aval d'un réseau masses/interactions. Les recherches portent sur l'effet du changement de topologie sur la perception du mouvement. En changeant uniquement la topologie dans la représentation visuelle, nous avons ainsi montré, dans l'expérience du « boulier / drap » (1999) (Figure 2 haut) qu'un modèle physique recréant le mouvement de billes qui s'entrechoquent représentait aussi certains mouvements de tissus déformables ; Ou encore, dans l'expérience de la « surface / poursuite » (1985) (Figure 2 bas) qu'un modèle physique de surface déformable représentait également le mouvement de deux objets en interaction. Cela signifie que la représentation visuelle influe notablement sur la conception du modèle physique et qu'elle est donc un élément de créativité important pour l'élaboration même du modèle physique. Cela va à contresens de la méthodologie de modélisation physique usitée en synthèse d'images, très orientée par la quête d'un réalisme objectif d'un objet à représenter.

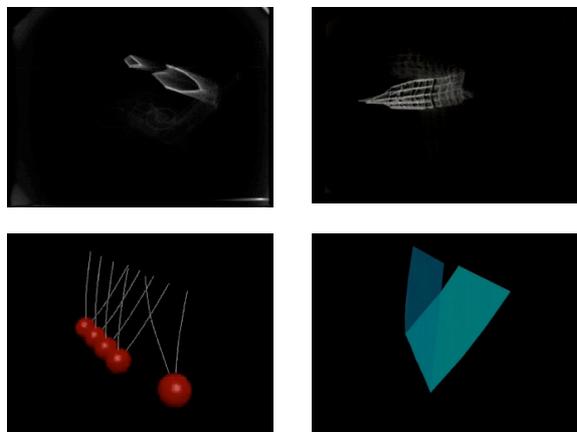


Figure 2. Expériences MIMESIS Topologie et modèles physiques : En haut « Poursuite / Surface » ; en bas « Boulier / drap ».

Ces expériences simples (non publiées) nous ont enseigné deux choses :

- L'une est que le changement morphologique et en particulier topologique affecte totalement l'identification du modèle physique, jusque parfois à le changer radicalement.
- L'autre est que le changement de représentation visuelle permet de concevoir des modèles physiques souvent plus simples, auxquels on ne pense pas lorsque l'activité de modélisation consiste à obtenir une sorte de

copie de l'objet. Par conséquent changer *ad libitum* la représentation visuelle (séparément topologique, géométrique et optique) aide à voir le mouvement pour lui-même, indépendamment de la forme, et donc à lui trouver un modèle adapté. Elle aide à *abstraire le mouvement de la forme*.

3. VERS UN ART DU MOUVEMENT VISUEL

Dans les paragraphes qui précèdent, nous avons soulevé la question de la relation forme – mouvement selon les points de vue scientifiques et techniques, et avons montré qu'il s'agit bien d'une question non résolue. Dans ce paragraphe, nous allons examiner ces incidences dans le domaine artistique.

La nécessité d'une telle question est justifiée par le fait qu'à notre sens, un véritable art du mouvement visuel serait encore à fonder, malgré des prémisses séculaires, et que les technologies actuelles en seraient une occasion exceptionnelle. Un art du mouvement est un art dans lequel le mouvement lui-même serait l'objet artistique. Il faut pour cela accepter de faire des distinctions entre « image en mouvement » ou « mouvement visuel », et un ensemble d'autres considérations liant image et mouvement : mouvement dans l'image, mouvement producteur de formes ... , plus fréquemment adressées et discutées.

En effet, l'art du mouvement visuel est rarement considéré pour lui-même. La plupart du temps, il est considéré soit comme une composante d'un effet sensible composite : le mouvement d'un objet (un objet ayant une forme spatiale), soit comme une modalité de production d'autres choses que lui. Il en est ainsi du mouvement comme processus de production de la ligne, puis de la forme, que P. Klee développe tout au long de son ouvrage « la pensée créatrice » [Klee73]. C'est bien la même idée qui s'exprime dans toute la démarche picturale de Jacques Mandelbrojt [Mandelbrojt], citant Olivier Debré « la peinture, c'est du temps devenu espace ». Or, si la pertinence de la référence au mouvement, qu'il soit producteur de la forme ou évoqué dans la forme, ne fait aucun doute, il est remarquable de constater, chez P. Klee par exemple, que le processus de mémoire inhérent à la trace n'est jamais explicitement cité, alors qu'il est une condition nécessaire pour que la forme existe. Ainsi, je cite, « Dès que le crayon touche la feuille de papier, la ligne apparaît ... Nos enfants eux-mêmes commencent par là. Un jour, ils découvrent le phénomène du point animé par un mouvement et cette découverte provoque un enthousiasme qu'il est difficile d'imaginer ». Cet enthousiasme vient sans aucun doute de l'image du mouvement *inscrit dans la trace*. Car, le même mouvement ponctuel sans trace ne provoquerait sans doute pas le même type d'émotion, ni même un quelconque enthousiasme, tant il s'agit tout simplement de la majorité de nos gestes les plus quotidiens, .. *des gestes sans traces...* Or tel serait la première lettre d'un

art du mouvement ... *des points invisibles en mouvement visible*.

Autrement dit, si la trace est une condition nécessaire à la forme, le mouvement visible n'en est pas même une condition suffisante. Avec la trace, il y a forme, avec ou sans mouvements. Sans mouvement, qu'il soit réel, producteur ou évoqué, ces formes n'en sont pas moins pourvues de sens. Inversement, ni la trace ni la forme ne sont des conditions nécessaires au mouvement visuel. L'éphémère, et l'art du fugitif, dans lequel l'espace ne joue qu'un rôle de composante support, existent, dans la musique bien sûr et dans la danse, mais également dans les arts visuels. L'exemple immédiat est celui de l'art cinématique, avec des œuvres emblématiques comme « les métronomes » de Rebecca Horn, œuvre dans laquelle les effets constitutifs sont des effets purement temporels de synchronisation / désynchronisation sur des échelles de temps très larges : synchronisations d'une extrême brièveté, désynchronisations d'une extrême longueur...

Les deux composantes, « forme » et « mouvement » sont donc dissociables, car l'une n'est ni nécessaire, ni suffisante pour l'autre. Nous ne pouvons donc pas être totalement d'accord avec P. Klee lorsqu'il dit, *je cite* : « Dans son Laocoon, sur lequel nous avons jadis gaspillé notre temps et notre énergie en réflexions superflues, Lessing insiste beaucoup sur la distinction entre art spatial et art temporel. Mais en y regardant de plus près, ce n'est qu'illusion et vaine érudition. Car l'espace est aussi une notion temporelle ».

La confusion vient, nous semble-t-il, de l'association trop rapide entre *forme et espace* d'une part et *mouvement et temps* d'autre part. Si cette identité est admise, si de plus nous devons admettre l'existence d'un concept de forme et d'un concept de mouvement distincts, puisqu'au moins la première peut se passer du second, alors, nous devons admettre, avec Lessing [Lessing, 1802], que l'on puisse distinguer entre un art spatial et un art temporel. La naissance et le développement d'un art visuel du mouvement se trouvent limités par ces confusions. Ainsi étriqué, son espace vital n'a guère pu se développer au-delà de quelques œuvres maîtresses mais particulières de l'art cinématique, du cinéma d'animation ou de la vidéo expérimentale. En ce sens, l'entreprise de Lessing dans son Laocoon, est salutaire, puisque visant à insister sur les différences entre les arts plutôt que sur leurs similitudes, elle leur permet ainsi de respirer, d'exister pour eux-mêmes, et de maintenir une égalité entre les arts.

La comparaison entre les arts, et en particulier les arts de la vue et les arts de l'ouïe, est un exercice qui s'est développé à partir de la renaissance, avec en particulier la doctrine de « *ut pictura poesis* » - ou la peinture comme poésie [Wri91]. Cette doctrine est une reprise d'une phrase d'Horace « *ut pictura poesis erit* » - il en est de la poésie comme de la peinture. Mais, comme le

fait remarquer Jacqueline Lichtenstein [Lich03], il s'agit d'une reprise inversée, puisque Horace rapportait les arts du langage à ceux de l'image : « L'esprit est moins frappé par de ce que l'auteur confie à l'oreille que de ce qu'il nous met sous les yeux, ces témoins irrécusables » (Horace, Épître aux Pisons). Cependant, cette inversion, soumettant donc la peinture aux catégories du discours, a joué un rôle essentiel pour la peinture, puisqu'elle a permis l'accession de la peinture à la dignité des arts libéraux, en lui permettant de s'extraire de la mimesis, ou du non-art, à laquelle l'avait contrainte l'antiquité.

Mais un effet collatéral contemporain de cette confusion espace / temps, ou plutôt selon nous, forme / mouvement, est qu'elle occupe de manière biaisée et sous de multiples formes, le terrain des arts visuels temporels, retardant d'autant l'avènement d'un art visuel dynamique. C'est pourquoi, l'entreprise de Lessing, farouchement défendue depuis Baudelaire par les défenseurs de la « modernité », afin de libérer la peinture de l'emprise de la poésie et réciproquement la poésie, de l'emprise de la peinture, a ici encore tout son sens et toute sa nécessité.

Car un art proprement dynamique existe, bien qu'il ait cependant du mal à s'étendre sur toute son ampleur expressive et créative et sur tout son champ social et humain. Il existe déjà dans les faits depuis fort longtemps. Mais il existe surtout dans la mesure où nous y sommes sensibles, où les effets qu'il provoquent, sensoriels, cognitifs, symboliques, esthétiques, possèdent presque déjà leur vocabulaire, indépendamment de toute forme ou de tout autre attribut visuel, auditif, ou tactile. Il s'exprime par des verbes comme frémir, palpiter, ... qui ne sont pas (que) des verbes d'action, tels que sauter ou danser. Ce sont plutôt des verbes de mouvement, qui traduisent non pas (pas seulement) un résultat actif (je saute, j'ai sauté) mais également un « comment ». Le verbe de mouvement se distingue du verbe de l'action en ce sens que ce dernier n'exprime pas nécessaire un comment, mais seulement un acte, alors que le premier exprime ou laisse entendre un qualificatif, un « comment ». D'ailleurs, le mouvement s'exprime parfois mieux par des substantifs : les *palpiter*, les *sautiller*, les *balancer*, les *frémir*... Il peut s'exprimer également via des adjectifs, adverbes ou groupes nominaux qualificatifs : accéléré, doux (un amorçage doux), vif (un décollement vif), lentement, se poser avec légèreté ... Le mouvement, c'est-à-dire la dynamique, ou mieux encore l'expression de la dynamique, de la manière de changer, d'une manière d'être qui est le changement dans ses qualités, existe donc bien, pour lui-même, sans appel à d'autres phénomènes support, forme visuelle ou manifestation acoustique. Il y a donc bien une certaine distance, une certaine autonomie, du mouvement par rapport aux autres effets sensibles auxquels il peut être associé. On peut donc parler de mouvement pour lui-même, de « mouvement *per se* ».

Le cinéma n'a guère apporté de solutions à ces désirs. Il a très vite bifurqué vers un rapprochement intime avec l'art de la narration, c'est-à-dire à nouveau l'art du discours. L'animation, héritant de la lourdeur technique du cinéma en même temps que de son acte fondateur d'un mouvement visuel effectif et non représenté, lui a emboîté le pas, avec les succès du dessin animé *cartoonisé*, du cinéma dessiné ou de la bande dessinée animée. On y raconte des histoires, à mi-chemin entre une mimesis visuelle et une mimesis discursive. On y est très loin d'un art visuel dynamique sans figuration. A ce jour, l'animation n'a pas de poids artistique. Je ne détaillerais pas les relations entre peinture et musique ou entre danse et musique. *Beaucoup des expériences actuelles les concernant me semblent être de l'ordre de la surcharge, donc de la tristesse, où quelque chose se cherche et ne se trouve pas.*

Faut-il donc aller aujourd'hui vers une nouvelle « *ut pictura poesis* » comme le tentent les multiples entreprises artistiques contemporaines audio-visuelles, choreographo-visuo-musicales, visuo-musicales ? Ou faut-il aller d'abord vers un « nouveau Laocoon », comme cela est en tout cas absolument nécessaire à ce que pourrait et devrait être un art du mouvement visuel ? L'examen de la danse serait ici très instructif. Art du mouvement en priorité évidente, elle se rapproche périodiquement de la musique, disant ainsi son amarrage avec les arts du temporaire et sa distinction d'avec les autographiques, peinture et sculpture. Mais différemment de la musique, elle se heurte depuis des siècles au plafond de verre d'une impossible écriture, ... *la danse, art temporaire impossiblement allographique*. Selon Frédéric Pouillaude [Pou04], la danse ne peut-être ni allographique, ni autographique. Elle existe néanmoins. Elle est en ceci, et peut-être en ceci seulement, proche des arts visuels du mouvement dont je parle ici. Toutes nos expériences personnelles de modélisation avec MIMESIS, nous conduisent dans ce sens, ainsi que la déception intense dans le schisme vécu entre la pratique de MIMESIS et l'œuvre, pourtant ô combien fondatrice, de P. Klee.

Quelque chose donc se cherche et ne se trouve pas.

4. FORME – MOUVEMENT : UNE FORME DE MULTIMODALITE

Les nouvelles technologies de modélisation et de simulation numériques devraient nous aider à y voir plus clair et à ouvrir de nouvelles portes tant conceptuelles, techniques qu'artistiques, à condition d'admettre que quelque chose de fondamental doit être remis sur le chevalet et être à nouveau débattu à la lumière des ouvertures techniques contemporaines.

Tout d'abord, l'ordinateur, par ses capacités de modélisation physique, se révèle être le premier outil qui nous permet d'avoir accès au mouvement pour lui-même. En effet, une première propriété de la synthèse

numérique, qui pourrait être à première vue considérée comme négative, est la dissociation des composantes effectuées par nature avec la modélisation et la simulation numérique. Alors que la forme, le mouvement, le son, les réactions optiques sont a priori difficilement dissociables, dans le monde des objets mécano-optiques, ils le sont par nature dans le monde de la représentation numérique : les procédés de synthèse de formes sont totalement dépourvus de processus de mouvement : il peut s'agir de géométrie pure. Il en est de même des procédés de synthèse de sons qui peuvent être totalement abstraits de la forme des corps sonores. Il en est également de même des procédés de synthèse du mouvement, par lesquels celui-ci peut sans aucune difficulté se satisfaire de formes extrêmement minimales comme des points lumineux sans traces. La nouveauté la plus importante ici est la possibilité de penser le mouvement sans la forme, d'apprendre à voir le mouvement sans la forme à l'aide du modèle physique modulaire et générique, et même à voir le mouvement sous diverses formes. Par conséquent, nous sommes à un instant historique unique qui nous permet de disposer d'un outil expérimental pour abstraire le mouvement de l'unicité triviale de l'objet et de le séparer de la figure.

Ensuite, dans ce contexte, la mise en relation entre formes et mouvements est construite et non donnée. Elle ne relève pas d'une *physis*, c'est-à-dire d'un *étant donné*, mais d'une *mathématé*, c'est-à-dire d'un *étant construit*. Le mouvement, ainsi abstrait des conditions de sa production matérielle (l'objet dans le monde mécano-optique, le support image par image photographique dans le cinéma), peut enfin être pensé selon toute son amplitude. Ce phénomène est similaire à celui de l'ouverture considérable du domaine sonore et musical avec les nouvelles technologies à partir des années 60, tant au niveau artistique que scientifique. Les conditions sont donc réunies pour l'envol d'un art du mouvement visuel.

Enfin, ces mêmes conditions techniques vont permettre de tester les similitudes et différences entre art de l'ouïe, art de l'œil, art du corps. Elles permettront d'en savoir davantage sur les supposées similitudes ou différences entre arts, et rendront possible le dépassement des postures actuelles - des partisans ou des contradicteurs - que les pratiques des nouvelles formes multimédia, encore puéres, ne règlent pas. Le point ici est de réaffirmer que l'identité d'un art du mouvement visuel, si elle existe, ne peut se saisir sans compréhension simultanée et relative d'autres fondamentaux, dans une démarche à la fois théorique, scientifique et artistique.

Notre posture consiste tout d'abord à assumer trois hypothèses comme fondatrices de notre propos :

- la première est qu'il y a a priori des différences fondamentales entre arts de la forme et art du temps. Elles pourraient se décliner selon plusieurs axes a priori

non réductibles : la forme / le mouvement, pour ce qui concerne les arts visuels, puis le positionnement sur l'axe autographique / allographique, auquel pourrait répondre l'axe « intensif » / « extensif », selon le degré d'importance réciproque de l'espace et du temps.

• La seconde est de considérer la question de la relation de la forme et du mouvement comme une question de *multimodalité*, au même titre que celle de la relation entre le son et l'image. D'une manière plus pragmatique, le domaine d'expressivité des séquences d'images animées produites par modèle physique peut être considérablement élargi, si l'on considère en effet le mouvement et la morphologie comme deux modalités de production et perception à part entière, auxquelles on donne les moyens de coopérer. On sait en effet, que les traitements des mouvements et des formes spatiales dans le cerveau sont deux processus distincts, dont on connaît d'ailleurs mal la coopération. En ce qui concerne la modélisation topologique, il est remarquable de constater que ce niveau de modélisation n'a jamais fait l'objet d'une mise entre les mains d'utilisateurs non concepteurs. Le modèle physique particulière est, de ce point de vue heuristique, un cadre tout à fait remarquable.

• La troisième consiste à négocier ensuite, et seulement ensuite, c'est-à-dire de manière non prématurée, le passage de la multimodalité à la multisensorialité, au sens donné à ce terme dans le programme scientifique de l'ACROE. La multimodalité consiste à proposer à la perception des signaux auditifs, visuels ou tactiles qui ne sont pas nécessairement corrélés, la perception ayant seule alors en charge la construction éventuelle d'une corrélation entre eux, qui se situe de ce fait uniquement du côté de l'homme. Dans la multisensorialité au contraire, les signaux proposés aux sens ne sont pas indépendants, et leur relation à l'action n'est pas seulement épistémique ou sémiotique mais également ergotique. Ils peuvent provenir d'une cause unique, un objet physique par exemple, qui d'emblée les corrélerent, côté monde, avant même leur perception. Le face-à-face « multimodalité / multisensorialité » serait une des conditions de base de la cognition incarnée, dont on connaît encore peu le fonctionnement. Là encore, les possibilités d'une reconstruction multisensorielle des phénomènes sensibles produits par synthèse numérique peuvent apporter des éclairages nouveaux, à la fois sur le fonctionnement de l'appréhension psycho-cognitive de chacune des modalités, et de leur couplage.

Ces étapes sont nécessaires pour dépasser l'état de jeunesse des arts multimodaux actuels. Elles sont fondamentales pour mieux comprendre et maîtriser ce problème si difficile de la perpétuelle évidence de l'identité ou de la différence entre la forme et le mouvement dans les arts visuels. Les études scientifiques et artistiques autour du mouvement visuel pour lui-même peuvent y jouer un rôle majeur, peut-être même un rôle moteur, du fait même de la radicalité de l'effort à effectuer pour sa naissance.

5. CONCLUSION

Un art du mouvement visuel peut et doit aujourd'hui naître. Les conditions sensibles sont réunies depuis longtemps, mais non les conditions techniques. Le cinéma puis les arts plastiques cinétiques en ont donné un avant-goût concret. Les nouvelles technologies de la modélisation et de la simulation lui en offrent toutes les perspectives. Il faut cependant travailler à en définir tous ses fondements et ses périmètres. A l'instar de P. Klee, qui méthodiquement, a élaboré vocabulaires et grammaires d'un art des formes et du mouvement dans et pour ces formes, un travail systématique d'exploration mais aussi de création doit être mené, de manière à faire jaillir les propriétés qui ne peuvent se fonder dans d'autres arts et qui, si cela n'advenait pas, continueraient à maintenir un état de tristesse artistique.

Pour autant, la proposition de Lessing est de toute évidence également à dépasser. Car en effet, si Lessing parle essentiellement de la différence entre les arts, le titre même de son ouvrage « Du Laocoon ou des frontières de la peinture et de la poésie » va dans le sens de la construction de frontières radicales, conduisant Greenberg à déclarer « Les arts d'avant-garde ont, dans les dernières cinquante années, atteint une pureté et réussi une délimitation radicale de leur champ d'activité sans exemple dans l'histoire des arts et de la culture. Les arts sont à présent en sécurité, chacun à l'intérieur de ses frontières légitimes, et le libre échange a été remplacé par l'autarcie ». [Gre1986] cité par [Lich03].

Ce n'est évidemment pas dans la ligne de visée contemporaine. Actuellement, jamais le rapprochement entre les formes artistiques n'a été autant possible et souhaité. La technologie nouvelle en est un fondement et un stimulateur sans précédent. Mais, cela ne se fera qu'au prix d'un nouveau cycle de compréhension et d'élucidation mêlant intimement art et science.

6. REFERENCES

- [1] [BBB98] S. Brandel, D. Bechmann and Y. Bertrand. *STIGMA: a 4-dimensional modeller for animation*. 9th Eurographics Workshop on animation and simulation, Lisbon, Portugal, 1998.
- [2] [BD93] Bechmann, D. et Dubreuil, N., « Animation through space and time based on a space deformation model », *The Journal of Visualization and Computer Animation*, 4(3), juillet-septembre 1993, p 165-184.
- [3] [BL03] P. Boulenguez, A. Luciani. A physical particle model of morphogenesis. Proc. of WSCG' 2003. Plzen (Czech Republic). 2003/02/3-7.
- [4] [BL99] J. Bloomenthal, C. Lim : Skeletal methods of shape manipulation. In *Shape Modeling International* (1999).
- [5] [Can98] Cani, M.P., "Layered Deformable Models with Implicit Surfaces", *Graphics Interface'98 Conference*, Vancouver, 18-20 juin 1998, p 201-208.

- [6] [CL95] B. Chanclou, A. Luciani. «Physical models and dynamic simulation of planetary motor vehicles with a great number of degrees of freedom»- Proc of IAS 4 Conf. - IOS Press - 1995 - pp 465-472
- [7] [Bru85] Claude-Paul Bruter. *Topologie et perception*. Maloine S.A. Editeur. 1985.
- [8] [CLH96] B. Chanclou, A. Luciani, A. Habibi. "Physical models of loose soils marked by a moving object" - Proc. of Computer Animation 96 - IEEE Computer Soc Press - 1996 - pp36-46
- [9] [Coq90] S. Coquillard. Extended Free-Form Deformation: A sculpturing Tool for 3D Geometric Modeling. Dans *Computer Graphics, Proc of SIGGRAPH 90*, vol 24, 187-196.
- [10] [DCG08]. E. Darles, B. Crespin, D.Ghazanfarpour, « Une approche multirésolution lagrangienne pour la simulation de vagues déferlantes », Revue Electronique Francophone d'Informatique Graphique, vol. 2(1), 2008.
- [11] [DLC93] Y. Delnondedieu, A. Luciani, C. Cadoz. "Physical elementary component for modeling the sensory-motricity. The primary muscle", 4th Eurographics Workshop on Animation and Simulation, Ed. A. Luciani & D. Thalmann. Spain. Sept. 1993.
- [12] [DSB99] M. Desbrun, P. Schröder, and A. H. Barr. Interactive animation of structured deformable objects. In *Proceedings of Graphics Interface'99*, pages 1–8, Kingston, Ontario, Canada, June 1999.
- [13] [ELC06] Matthieu Evrard, Annie Luciani, Nicolas Castagné, MIMESIS: Interactive Interface for Mass-Interaction Modeling, Proceedings of CASA 2006. July 2006, N. Magnenat-Thalmann & al. editors.
- [14] [EMF02] D. Enright, S. Marschner, R. Fedkiw. Animation and Rendering of Complex Water Surfaces. In *Proceedings of the 29th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, pages 736-744, SIGGRAPH'02, San Antonio, Texas, USA, July 2002. ACM Press (New York, USA).
- [15] [FSJ01] R. Fedkiw, J. Stam, and H. W. Jensen. Visual simulation of smoke. In Pocock, editor, *Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, SIGGRAPH'01, pages 15–22, Los Angeles, USA, August 2001. ACM Press.
- [16] [GLN03] C. Guilbaud, A. Luciani, N. Castagné. Physically-based particle simulation and visualization of pastes and gels. Proc. of GRAPHICON. Moscou. 2003.
- [17] [Gree86] Greensberg. In *The collected essays and criticism*, J.O'Brian Eds, University of Chicago Press, 1986, Vol. 1, p.23-27).
- [18] [Gre97] Donald Greenspan. *Particle Modeling*. Birkhauser ed. 1997.
- [19] [GW95] A. Guy et B. Wyvill. Controlled blending for implicit surfaces using a graph. *Proc. of Implicit Surfaces '95*, pp 107-112, 1995.
- [20] [Hab97] Habibi, A., *Modèles Physiques Supports de la Relation Mouvement-Forme-Image*, Thèse de Doctorat d'Informatique, Institut National Polytechnique de Grenoble, janvier 1997.
- [21] [Hel92] Helbing, D. 1992b. A fluid-dynamic model for the movement of pedestrians. *Complex*. Pp. 391-415.
- [22] [HL05] C. Hsieh, A. Luciani "Generating Dance Verbs and Assisting Computer Choreography". ACM Multimedia. Singapour. Nov.2005.
- [23] [HLTC03] L. Heigeas, A. Luciani, J. Thollot, N. Castagné. A physically-based particle model of emergent crowd behaviors. Proc. of GRAPHICON. 2003.
- [24] [JCD08] T. Jund, D. Cazier, J.F. Dufourd. Système de prédiction pour la détection de collisions dans un environnement déformable. Journées AFIG. 2008.
- [25] [Klee73]. Paul Klee. *Ecrits sur l'art/1 – La pensée créatrice*. Dessain et Tolra Eds. Trad. S. Girard 1973.
- [26] [KNB03] Z. Kacic-Alesic, M. Nordenstam, and D. Bullock. A practical dynamics system. In D. Breen and M. Lin, editors, *Proceedings of the 2003 ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer animation*, pages 7–16.
- [27] [Lessing, 1802]. G.E. Lessing. *Du Laocoon ou des limites respectives de la poésie et de la peinture*. A.A Renouard Eds. 1902.
- [28] [LG97]. A. Luciani, A. Godard. « Simulation of Physical Object Construction Featuring Irreversible State Changes", Proc of WSCG, Plzen, Csech republic, Ed by N. Magnenat-Thalmann & V. Skala, Feb 1997.
- [29] [LHD95]. A. Luciani, A. Habibi, A. Vapillon, Y. Duroc. «A Physical Model of Turbulent Fluids", 6th Eurographics Workshop on Animation and Simulation- Maastricht 1995 - Springer Verlag Ed. "Computer Science Series - pp16-29
- [30] [LHM95], A. Luciani, A. Habibi, E. Manzotti - "A Multi-scale Physical Models of Granular Materials", Proc. of Graphics Interface '95, 16-19 May 1995, Quebec City, Canada - pp136-146
- [31] [Lich03]. Jacqueline Lichtenstein. « La comparaison des arts ». Dictionnaire le Robert. Le Seuil. 2003.
- [32] [Lie89] Lienhardt, P., « Subdivisions of n-dimensional spaces and n-dimensional generalized maps », Proceedings of the fifth annual symposium on Computational geometry (SCG'89), 1989, p 228–236.
- [33] [LSM08] Léon, P.-F., Skapin, X., Meseure, P., « A topology-based animation model for the description of 2D models with a dynamic structure », *Virtual Reality Interactions and Physical Simulation (VRIPHYS)*, Grenoble, France, Novembre 2008.
- [34] [Luc00]. A. Luciani. "From granular avalanches to fluid turbulences through oozing pastes : a mesoscopic physically-based particle model.

- Proceedings of Graphicon Conference. Moscow. Sept. 2000.
- [35] [Luc84] A. Luciani, C. Cadoz. "Modélisation et animation gestuelle d'objets - Le système ANIMA", CESTA - 1er Colloque Image, Biarritz 1984.
- [36] [Luc85] LUCIANI (A), "Un Outil Informatique de Création d'Images Animées : Modèles d'objets, Langage, Contrôle Gestuel en temps réel. Le Système ANIMA", Thèse de Docteur Ingénieur - I.N.P.G. - Grenoble 1985.
- [37] [MCG03] M. Müller, D. Charypar, and M. Gross. Particle-based fluid simulation for interactive applications. In M. L. D. Breen, editor, *Proceedings of the 2003 ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer animation*, pages 154–159.
- [38] [MDHL03] Meseure, P., Davanne, J., Hilde, L., Lenoir, J., France, L., Triquet, F., et Chaillou, C., « A Physically- Based Environment dedicated to Surgical Simulation », *International Symposium on Surgery Simulation and Soft Tissue Modeling (IS4TM)*. 2003.
- [39] [Mandelbrojt] Jacques Mandelbrojt, « La pensée dynamique et musculaire dans la peinture, la poésie, la musique ... et la science ». Document prsonnel.
- [40] [MP89] G. S. P. Miller and A. Pearce. Globular dynamics : a connected particle system for animating viscous fluids, In *Computers & Graphics*, volume 23(3), pages 169–178, 1989. Elsevier.
- [41] [Mil88] G. S. P. Miller. The motion dynamics of snakes and worms. In *Computer Graphics, SIGGRAPH'88*, volume 22, pages 169–178.), August 1988. ACM Press.
- [42] [MSKG05] M Müller, B. Solenthaler , R. Keiser., M. Gross : Particle-based fluid-fluid interaction. In Proc. on Symposium on Computer Animation (2005), 237–244.
- [43] [NFJ02] D. Q. Nguyen, R. Fedkiw, and H. W. Jensen. Physically based modeling and animation of fire. In T. Appolloni editor, *Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, 2002*, SIGGRAPH'02, pages 721–728, ACM Press (New York, USA).
- [44] [PL90] Prusinkiewicz P. et Lindenmayer A.. *The Algorithmic Beauty of Plants (The Virtual Laboratory)*. Springer, October 1990.
- [45] [Pou84] Frédéric Pouillaude. « D'une graphie qui ne dit rien : les ambiguïtés de la notation chorégraphique. CNRS. In POETIQUE (Collection). N°137. 2004.
- [46] [Ree83] William T. Reeves, "Particle Systems - A Technique for Modeling a Class of Fuzzy Objects", *Computer Graphics* 17:3 pp. 359-376, 1983.
- [47] [Tho88] René Thom. *Esquisse d'une sémiophysique*. InterEditions. 1988.
- [48] [RNN00] Rémion, Y., Nourrit, J.M., et Nocent, O., "Dynamic Animation of n-Dimensional Déformable Objects", *WSCG'2000 conference*, Plzen, Feb. 2000.
- [49] [Ton91] D. Tonnesen. Modeling liquids and solids using thermal particles. *Graphics Interface'91*. 1991.