

ERIC BITTAR ET OLIVIER NOCENT

*Spline et Idéal, ou la création d'œuvres numériques animées et élastiques*

Les années 90 ont été le théâtre d'une prolifération des technologies numériques au sein de toutes les strates de l'activité humaine. La numérisation de l'information (sons, images fixes ou animées) a engendré des modifications profondes au niveau de sa diffusion, de son archivage et de sa consultation. La communauté artistique, pressentant cette rupture dans le rapport que nous entretenons à l'information, s'est très tôt intéressée aux potentialités des technologies numériques.

**Apport des technologies numériques à la création artistique**

En effet, des œuvres, que l'on peut qualifier de numériques à partir du moment où ces technologies interviennent dans le processus artistique, existent en très grands nombre et sous des formes très variées. De plus, on constate que les technologies numériques peuvent intervenir à différentes étapes du processus créatif. Dans ces conditions, on peut être tenté de définir des catégories d'artistes (ou d'œuvres d'art) basées sur le moment où interviennent les technologies numériques :

- En **amont**, les technologies numériques sont utilisées comme un outil de prototypage virtuel. Par exemple, des logiciels de Conception Assistée par Ordinateur permettent de modéliser une forme qui pourra se matérialiser grâce à différents procédés industriels (tables traçantes, stéréolithographie, usinage par machine à commande numérique).
- En **aval**, les technologies numériques sont utilisées pour diffuser l'œuvre. Ainsi l'utilisation de la vidéo-projection, de photographies ou de films illustre la participation des technologies numériques dans le processus créatif.

- En **intégralité** si l'œuvre est à la fois réalisée et diffusée à l'aide des technologies numériques. L'œuvre est alors essentiellement constituée à partir d'informations, engendrées ou collectées par l'ordinateur. Cette dernière catégorie est sûrement la plus fertile en questionnements sur la nature de l'art numérique puisqu'elle introduit une rupture avec une certaine tradition de la matérialité assumée parfois même revendiquée (par le courant de l'art minimal notamment) de l'œuvre.

### *Statut de l'œuvre numérique*

Parmi les questions sur le statut de l'œuvre numérique, vient en premier celle relative à l'unicité : notion fondatrice et constitutive de ce que l'on a coutume d'appeler le chef d'œuvre. Certes, cette question a régulièrement été posée par plusieurs artistes au fil de l'histoire. Par exemple, Andy Warhol, en utilisant la technique de la sérigraphie, faisait réaliser des séries de toiles identiques par ses assistants. Au sein de ce processus créatif, même si la place de l'artiste se trouvait désacralisée, les œuvres quant à elles conservaient une certaine unicité de par les défauts et les variations inhérentes au procédé de reproduction. Dans le cas d'une œuvre d'art numérique, celle-ci se présente sous la forme d'un fichier informatique composé d'information binaire (0 ou 1) que l'on peut dupliquer à l'identique et à l'infini, du moins dans la limite des capacités de stockage. Dans ces conditions, qu'est-ce qui différencie une œuvre numérique d'un fichier ordinaire à défaut d'unicité ?

### *L'artiste numérique, un démiurge virtuel*

Une réponse à cette question s'appuie sur la nature même d'une œuvre numérique : de l'information binaire issue d'un processus calculatoire. En effet, une œuvre numérique se caractérise par son algorithme, cette succession d'opérations élémentaires qui transforment l'information numérique. La création d'une œuvre numérique, puisqu'elle s'affranchit des lois physiques du monde réel de par sa nature immatérielle, débute par la définition des lois de l'environnement virtuel dans lequel elle va

évoluer. Il convient de bien peser les conséquences d'une telle démarche. Contrairement au sculpteur obligé de composer avec la rigidité du marbre ou au peintre limité par les dimensions de sa toile, l'artiste numérique est confronté à une infinité d'univers possibles parmi lesquels il lui appartient de choisir. Cette liberté vertigineuse qui élève l'artiste au statut de faiseur de mondes, même s'ils demeurent intangibles, requiert une discipline extrêmement rigoureuse.

***La machine : de l'aléa au partenaire de création***

Même si une œuvre numérique est le résultat d'un algorithme, elle peut néanmoins être constituée d'aléas. En effet, une œuvre constituée d'aléas échappe au contrôle de son créateur. Jackson Pollock<sup>1</sup>, chef de file de l'expressionnisme abstrait et inventeur de la technique du dripping, peignait dans un état de semi conscience afin de libérer son geste. Andy Warhol, en jouant sur la quantité d'encre ou sur le maniement de la brosse, obtenait des résultats non strictement contrôlés avec la technique de la sérigraphie. Mais ces aléas demeurent restreints aux éléments intrinsèques du dispositif. Avec les technologies numériques s'ouvre une multitude de nouvelles voies. Puisque l'œuvre est le résultat d'un processus calculatoire, on peut y intégrer quantité de paramètres pseudo-aléatoires qui vont interférer sur son évolution et sa forme finale. L'art numérique est l'art de l'aléa par excellence et une fois de plus, permet d'imaginer de nouveaux possibles.

Grâce à la puissance de calcul aujourd'hui disponible, les machines sont en mesure de générer des quantités de formes et de motifs dépassant l'imagination humaine. Cette remarque amène à reconsidérer le rôle et le statut de la machine : en effet, au delà d'être un simple exécutant au service de l'artiste, l'ordinateur peut-être source de propositions esthétiques et collaborer étroitement avec l'artiste au sein du processus créatif. Dans ce contexte, l'ordinateur joue le rôle d'un partenaire à même d'échanger avec l'artiste.

---

<sup>1</sup> Irving Sandler, "The triumph of American painting: a history of abstract expressionism", New York: Harper and Row, 1977.

### ***L'œuvre numérique, affranchie du support ?***

Une deuxième question soulevée par les technologies numériques concerne le support. En effet, si la démarche créatrice de l'artiste ne débouche pas sur la production d'un objet matériel, comment accéder à l'œuvre ? Plus généralement, il s'agit de savoir comment rendre tangible l'information binaire qui par essence est intangible et immatérielle. D'autre part, pour des acteurs de l'art minimal comme Donald Judd<sup>2</sup> ou Frank Stella ou du pop art comme Jasper Johns, l'œuvre est le support et le support est l'œuvre. A défaut de support, peut-on parler d'œuvre ?

### ***Des interactions multimodales***

En fait, une fois de plus, les technologies numériques offrent de nouvelles modalités d'accès à l'œuvre rendues possibles par sa dématérialisation. Face à une œuvre classique matérialisée par un tableau ou une sculpture, le spectateur sollicite un seul de ses sens (la vue) pour appréhender l'œuvre à défaut de pouvoir la toucher. Face à une œuvre numérique, le spectateur peut être invité à interagir avec le dispositif par le biais d'une interface (saisie au clavier, déplacement de la souris, acquisition et reconnaissance du mouvement ou de la parole). Paradoxalement, une œuvre numérique bien qu'immatérielle est plus facilement manipulable qu'une œuvre matérielle rendue inaccessible pour un souci de conservation.

D'ailleurs, l'idée même d'interaction avec l'œuvre a des conséquences multiples. Au delà de permettre au spectateur de mieux appréhender l'œuvre en la manipulant, les technologies numériques mettent potentiellement à la disposition du spectateur les mêmes outils que ceux de l'artiste, l'invitant à participer au processus créatif. Au sein de cette nouvelle perspective, l'œuvre à défaut d'être immuable, évolue au gré des transformations imposées par l'acteur/spectateur confronté au dispositif. Les technologies numériques alimentent ainsi le champ des possibles et mettent l'artiste dans la position d'un juge, décidant des libertés

---

<sup>2</sup> Donald Judd, "Specific Objects", Arts Yearbook 8, 1965

accordées au spectateur vis-à-vis de son rapport à l'œuvre.

### **Des choix techniques et esthétiques**

Face à l'immensité des possibles offerts à la création par les outils numériques, la démarche artistique intègre ainsi la définition des règles qui régissent le monde virtuel choisi pour la création de l'œuvre, ainsi que pour sa présentation ultérieure. Dans la création numérique, c'est le logiciel utilisé par l'artiste qui lui fournit une palette de règles. Nous présentons ici le projet *Spline et Idéal*, dans lequel nous avons développé un logiciel original, *Splimo*, pour la conception d'objets virtuels sur la base des œuvres réelles d'une artiste plasticienne, Anne Heff.

#### ***Une rencontre entre art et science***

Ce projet est issu des réalisations d'Anne Heff, autour du thème des courbes. Ce thème est un élément central de son travail dans le monde réel, et elle l'a décliné sous différentes formes. Elle a commencé avec des dessins de strophoïdes 2D, à l'encre. Une strophoïde est une courbe d'équation  $x(x^2 + y^2) = a(y^2 - x^2)$  dont la représentation est une boucle. L'artiste a ensuite varié les techniques de réalisation, toujours en formant des boucles, du tricot aux cordes, des cordes aux drains en plastique, du plastique au métal.

Ses travaux ultérieurs l'ont amenée à réaliser des œuvres monumentales, et à travailler avec différentes institutions : bibliothèque, médiathèque, municipalité, et centre d'art contemporain, en France<sup>3</sup> et au Canada<sup>4</sup>.

La réalisation d'un outil permettant la transposition de ses œuvres dans le monde virtuel (Figure 1) a été le point de départ de notre projet. Il est ensuite apparu que les possibilités du monde virtuel fonctionnaient comme un *Idéal*, dans lequel l'outil mathématique de conception qu'est la courbe *Spline* représentait

---

<sup>3</sup> <http://www.art-contemporain.eu.org/passages/expos/20000307>

<sup>4</sup> [http://www.plein-sud.org/expositions/expos2004\\_05/heff.html](http://www.plein-sud.org/expositions/expos2004_05/heff.html)

un choix particulièrement intéressant. Ainsi fut initié le projet *Spline et Idéal*, qui défend une vision conceptuelle de l'œuvre numérique. Bien au-delà de la simple transposition virtuelle d'un objet réel, ce projet explore les dimensions offertes par le monde virtuel *Idéal*, en posant des choix qui permettent la création d'œuvres numériques animées et interactives.

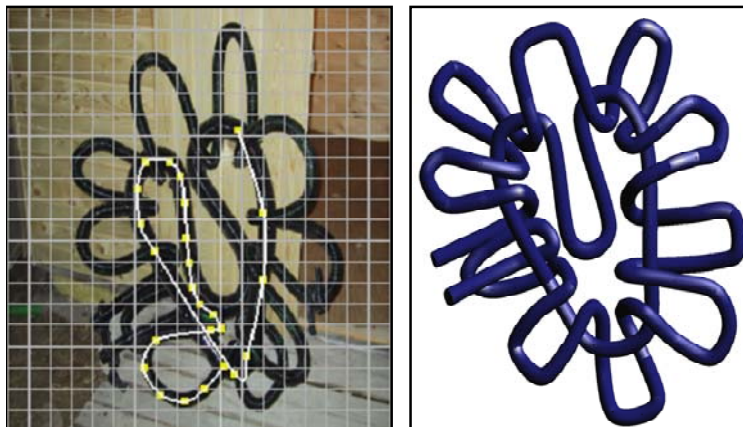


Figure 1 : Sculpture virtuelle (à droite) créée à partir d'une œuvre réelle, *Cœur*, dont une photographie est importée dans *Splimo* (à gauche).

### ***Les lois fondamentales du monde virtuel***

Les propriétés intrinsèques de notre monde physique sont régies par quatre forces fondamentales : l'interaction nucléaire forte, l'interaction électromagnétique, l'interaction nucléaire faible et la gravitation. Cette dernière est la plus couramment transposée dans le monde virtuel, depuis le légendaire *Particle Dreams* de Karl Sims<sup>5</sup> en 1988. Elle donne un aspect coutumier aux objets virtuels, dans la mesure où l'attente vis-à-vis d'eux est qu'ils tombent vers le sol. Les interactions électromagnétiques sont elles aussi prises en compte dans les modèles virtuels. La complexité particulière de ces forces d'interaction est de fait habituellement réduite à leurs

<sup>5</sup> [http://fr.wikipedia.org/wiki/Karl\\_Sims](http://fr.wikipedia.org/wiki/Karl_Sims)

effets macroscopiques observables : la cohésion de la matière, la modélisation des chocs entre objets, et les interactions lumineuses.

Nous nous intéressons à ces dernières à travers le rendu des objets modélisés. Nos choix se portent sur le modèle classique de rendu de Gouraud, rehaussé par l'utilisation d'effets de plaquage d'environnement et de relief.

### ***Les quatre choix de la création***

Quatre choix sont à opérer pour travailler la matière afin de produire une œuvre :

Premièrement l'artiste choisira avec soin son matériau. S'il s'agit d'un sculpteur, il suivra par exemple son inclination pour la terre, le bois, la pierre calcaire, le marbre blanc de Carrare ou l'acier. Les œuvres d'Anne Heff sont réalisées à l'aide de tubes de drainage flexibles en polychlorure de vinyle. L'artiste numérique, lui, est face à un choix de matériaux mathématiques et informatiques.

Nous avons basé le logiciel *Splimo* sur les courbes splines<sup>6</sup> interpolantes cubiques de Catmull-Rom<sup>7</sup>. Il en tire d'ailleurs son nom, contraction de *Spline Modeler*. Nous considérons une courbe spline comme la succession de segments de courbe. Un segment est lui-même défini à partir d'un ensemble de points de l'espace, appelés *points de contrôle* : il s'agit simplement du chemin continu passant par chacun de ces points. Concrètement, la position  $\mathbf{p}(\omega)$  d'un point de la courbe pour une valeur de  $\omega$  comprise entre 0 et 1 est obtenue à partir de la moyenne des positions des points de contrôle  $\mathbf{p}^i$  pondérées par des fonctions de mélange  $b_i(\omega)$ . Le choix de fonctions de mélange appropriées conditionne l'allure générale de la courbe spline.

$$\mathbf{p}(\omega) = \sum_{i=1}^n b_i(\omega) \cdot \mathbf{p}^i \quad \text{pour } \omega \in [0,1]$$

---

<sup>6</sup> Les A. Piegl et Wayne Tiller, « The NURBS book », Springer 1996.

<sup>7</sup> E. Catmull et R. Rom, « A class of local interpolating splines. », *Computer aided Geometric design*, p. 317–326. Academic Press, 1974.

Les courbes splines sont utilisées comme les axes paramétrés de cylindres généralisés, qui permettent ainsi de représenter des tubes.

Deuxièmement, l'artiste choisira le format de son œuvre, ou la dimension du support de celle-ci : s'agira-t-il d'une miniature ou d'une œuvre monumentale ? Pour nous, puisque l'œuvre numérique est affranchie du support, le travail s'opérera à l'échelle voulue, en utilisant la fonction de zoom du logiciel.

Troisièmement, l'artiste choisira une technique. Pour le sculpteur, il s'agira par exemple de taille ou de modelage, ou d'assemblage de matériaux. Les œuvres d'Anne Heff sont mises en forme par déformation.

*Splimo* permet simplement et intuitivement de créer une courbe et de la modifier par l'intermédiaire de ses points de contrôle. Le placement des points de contrôle peut se faire de deux manières différentes :

En *mode point*, l'artiste construit la courbe en plaçant les points de contrôle les uns après les autres.

En *mode libre*, le geste de l'artiste décrivant les courbes est enregistré, et les points de contrôle sont générés automatiquement à intervalles de temps régulier. De cette manière, le geste créatif se trouve libéré afin de privilégier la spontanéité, à l'image de l'expressionnisme abstrait.

Le quatrième et dernier choix est celui de l'outil pour travailler le matériau. Le sculpteur aura par exemple recours aux couteaux, gouges, burins, pointes, gradines, ou autres ciseaux. Anne Heff emploie la manipulation manuelle et des rivets pour fixer les tubes.

*Splimo* permet une manipulation par saisie et déplacement des points de contrôle. L'outil est alors la souris. Mettons l'accent sur le fait que *Splimo* en tant que logiciel est lui-même un outil. Il fournit également la possibilité d'ajouter ou de supprimer un point de contrôle sur n'importe quelle courbe. Une nouvelle branche



peut être ajoutée à la courbe en n'importe quel point de contrôle. Deux points de contrôle non voisins peuvent être fusionnés, quelle que soit leur localisation dans la courbe : qu'ils soient à une extrémité ou en son milieu.

Les travaux existants sur la conception d'outils d'édition de courbes 3D<sup>8</sup> ont montré que pour plus de précision dans la manipulation des courbes 3D, il est préférable qu'elles soient créées et éditées dans des vues orthographiques 2D de la scène 3D. Nous avons ainsi fait le choix de fournir quatre vues au sculpteur. Trois d'entre elles sont orthographiques, et la quatrième est une vue perspective (Figure 2). Dans cette dernière vue, les éléments de la scène sont également facilement édités : ils se déplacent sur un plan virtuel perpendiculaire à la direction de visée de la caméra.

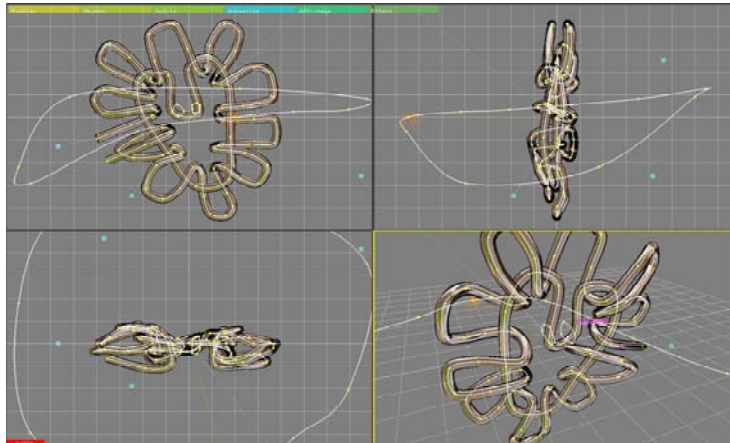


Figure 2 : Interface utilisateur de Splimo.

---

<sup>8</sup> T. Grossman, R. Balakrishnan et K. Singh, « An interface for creating and manipulating curves using a high degree of freedom curve input device », dans *CHI '03 : Proc. of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, p. 185–192, New York, NY, USA, 2003. ACM Press.

## Un matériau numérique mouvant et élastique

Revenons sur deux propriétés spécifiques du matériau employé dans *Splimo*. Nous avons en effet doté de manière intrinsèque les tubes basés sur nos courbes splines de capacités de mouvement, et d'une élasticité qui permet des déformations interactives réversibles des œuvres numériques.

### *Capacité de mouvement*

La spline qui est au cœur de *Splimo* pour représenter les tubes est également l'outil qui permet de spécifier une trajectoire au cours du temps. Le chemin 3D de la courbe spline décrit les positions successives au cours du temps, et la vitesse de déplacement peut être ajustée indépendamment sur chaque segment.

Ainsi, les objets de la scène virtuelle deviennent mobiles, et les lampes d'éclairage comme les caméras se déplacent au cours du temps (la grande courbe rouge de la Figure 3). En combinant les splines des tubes avec les splines trajectoires, on est à même de déformer les objets virtuels au cours du temps. Les points de contrôle des splines des objets ne sont plus fixes, ils se déplacent en fonction du temps  $t$  (les petites courbes rouges de la Figure 3).

$$\mathbf{p}(\omega, t) = \sum_{i=1}^n b_i(\omega) \cdot \mathbf{p}^i(t) \quad \text{pour } \omega \in [0,1]$$

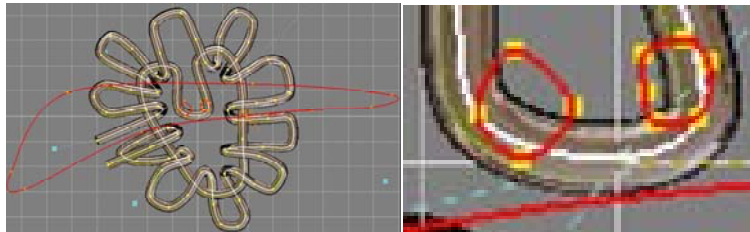


Figure 3 : Vue de face du cœur virtuel, et des trois trajectoires qui régissent l'animation, avec zoom sur la partie centrale.

### ***Une déformabilité élastique***

Un *mode exposition* est dédié à la présentation interactive de l'œuvre réalisée. Ce mode permet de manière simple au public de découvrir l'œuvre virtuelle, d'appréhender ses propriétés, et d'observer son évolution au cours du temps (Figure 4).

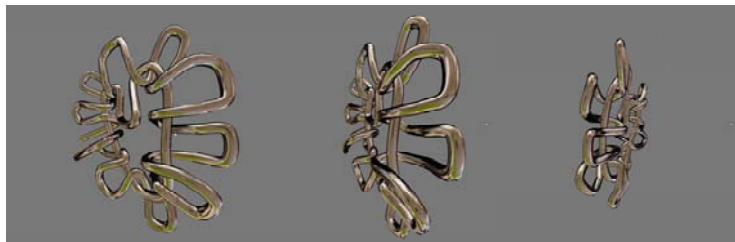


Figure 4 : Trois étapes sur la trajectoire de la caméra autour du cœur virtuel.

L'originalité de ce *mode exposition* est de donner de surcroît au visiteur la possibilité de déformer la sculpture virtuelle, et ce, de manière respectueuse vis-à-vis de l'œuvre. Nous avons en effet choisi de donner des propriétés d'élasticité au matériau composant les tubes virtuels de *Splimo*. L'œuvre est ainsi à la fois animée et déformable, et son élasticité lui permet de retrouver ses caractéristiques propres lorsque cesse l'action du visiteur. De cette manière, le visiteur peut s'approprier l'œuvre en la déformant, sans que son action ne soit destructrice.

Techniquement, tout déplacement d'un point de contrôle par le visiteur entraîne la modification du calcul de sa trajectoire, de manière à ce que le point rejoigne sa trajectoire initiale au bout d'un temps de quelques secondes. La Figure 5 montre le déplacement d'un point de contrôle de la partie centrale du cœur (a→b). Ce point suit la trajectoire circulaire présentée dans la Figure 3. La Figure 5 montre également la déformation interactive du cœur, qui suit le déplacement d'un point de contrôle imposé par le visiteur (b→c).

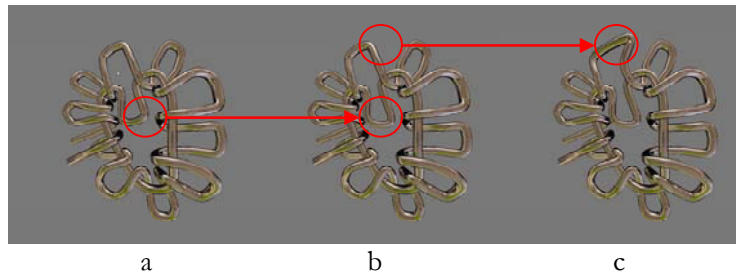


Figure 5 : Animation de la partie centrale du cœur (a→b) et déformation interactive (b→c)

### Renouveler le statut de l'œuvre numérique

Les modes de présentation des œuvres d'art numériques sont habituellement répertoriés dans une classification en trois groupes<sup>9</sup>.

- L'œuvre ne bouge pas, et n'est pas déformée
- Des éléments de l'œuvre peuvent être déplacés par les spectateurs
- L'œuvre est animée.

Les modalités originales de notre *mode exposition* rendent ainsi cette classification insuffisante. Nous lui ajoutons un quatrième mode : l'œuvre est animée et déformable.

La modélisation réalisée par *Splimo* unifie les trois dimensions de l'espace avec celle du temps. Le modèle mathématique unique des courbes splines permet en effet de décrire à la fois la forme de la sculpture et son mouvement. Lors de la manipulation directe et en temps réel des données, le

<sup>9</sup> L.Miskiewicz et M. Pietruszka, « Presentations of time-spatial works-of-art in virtual reality », *The LASTED International Conference on Visualization, and Image Processing*, p. 364–349, Malaga (Spain), 2002.

sculpteur dessine aisément aussi bien les courbes qui portent les tubes que celles qui représentent les trajectoires des sculptures devenues animées.

Le monde virtuel conçu dans le cadre de notre projet<sup>10</sup> *Spline et Idéal* permet ainsi de manipuler de manière interchangeable l'espace et le temps.

Se distinguant des œuvres pour lesquelles l'aléatoire ou la réaction à l'interaction avec le public mènent à des configurations non prévues, notre choix préserve la forme de l'œuvre et les évolutions insufflées par son créateur, lequel pourra déployer son souffle<sup>11</sup> dans le monde numérique pour répondre à la *nécessité intérieure* de créer dont parlait Kandinsky.

Cette vision donne une portée nouvelle à l'œuvre numérique, qui est conforme au façonnage original qui lui a été attribué par son auteur, tout en pouvant être largement interpellée et manipulée par le public.

---

<sup>10</sup> Voir <http://eric.bittar.free.fr/Spline&Ideal>

<sup>11</sup> Zeyno Arcan, « Le souffle vital de la création », dans *Destruction, création, rythme : l'expressionnisme, une esthétique du conflit*, Sous la direction de Georges Bloess, Arts 8, L'Harmattan, pp35-76, 2009