

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

LA CHORÉOGÉNÉTIQUE
OU L'ART DE FAIRE DANSER L'ADN

THÈSE
PRÉSENTÉE
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DU DOCTORAT EN ÉTUDES ET PRATIQUES DES ARTS

PAR
FRANÇOIS-JOSEPH LAPOINTE

JANVIER 2012

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

*« Les chorégraphes ne sont pas des créateurs,
nous sommes des chercheurs »*

George Balanchine

REMERCIEMENTS¹

Diane Lafrance Sophie Langlois Stéphanie Labonté-Licker* Anne-Marie Giard Frédéric Maurin Maria Simone* Ivana Nicolas Reeves Alexandre Martin Ersy Contogouris Denis Lejeune Zoé Martine* Janet Zweig Francis Giraudon Philippe Lopez Ariane Ménard Allison Nichol* Sophie Malavoy Lily Lapierre* Alice Eldridge James Partaik Julie Beauregard-Racine Guillaume Lecointre Aymerie Lefebvre Pierre Saurisse Iris Métenier-Canda Johanna Bienaise Dick Burian Pierre-Alexandre Landry Diane Leduc Nuria Carton de Grammont Linda Moussakova Alexandra Riopel Ivar Hagendoorn Christiane Gerson Caroline Gravel* Adam Zaretsky Hugues Roest Crollius Violaine Morinville* Jon Crellin Véronique Capmbell Josèphe Lefebvre Hildelena Vazquez* Stuart Bunt Le Duing Lang Kathryn Chamney* Liss Lesperance* Aude Lalès Joséphine Lapointe Suzanne Anker Gelymar Sanchez* Bryn Williams-Jones Vera Mantero Alejandro Aleman* Nicole Eliopoulos* Sarah Noël Jeanne Dumoulin Mark Wilkinson Alenka Jelen Lorella Abenavoli Luka Bresciani Mercedes la Bandera Penousal Machado Anna I Esparcia-Alcazar Tobias C. van Veen Mathieu Robert-Sauvé Anne Bruneau Mario Bilodeau Harold Vasselin Sylvie Panet-Raymond Luc Bourassa Janis Jefferies Séverine Lombardo* Sophie Boissonneault France Geoffroy* Sophie Goulet Delisle* Stéphane Marceau Tatiana Lokis Jeffrey Hall Ingeborg Reichle Teva Flaman Alexandra Daisy Ginsberg Sira Chayer Edwige Perrot Mélissa Robert Nicolas Fillion Pauline Vigne Rémi Lahaussais Anaïs Boutin Michel Cornu Caroline Dubois Émilie Tremblay* Marc Lincourt Florence Leclerc* A-Shôvane Brisindi* Laurence Bourassa-Lapointe Olivier Bousquet Marcel Bénabou Louise Poissant Eugene Thacker Gabrielle Davoine-Tousignant Isabelle Geoffroy Marie-Kim Brisson Jenny Sundén Pierre-Luc Bélanger Noémie McComber Caroline Bergeron* **Martine Époque** Karine Moisan Ariane Bourassa-Lapointe Francesca Merlin Nicolas Fillion Marie-France Labelle Karina Sieres Noah Levine Kim Brady Tim Blackwell Marjorie Grégoire* Myrille Bédard Amélie Bédard-Gagnon Ingeborg Reichle Geneviève Blanchard Astrid Vik Stronen Anita Rogic Staffan Lundgren Véronique Leduc Philippe Boissonnet Nora Arendt Buck McMorris Ivana Milicevic* Gabriel Lefebvre Pierre Legendre Simon-Xavier Lefebvre* Judith Lessard Bérubé Julie Allard* Melissa Raymond* Sooyeon Cho* Claudine Levasseur Charlotte Lapointe Stéphanie Bernard* Jean Caune Mélodie Porlier Sandra O'Connor Isabelle Lefebvre Joe Davis Prune Benhamou Dmitry Bulatov Sylvain Groud Etienne Deslières Jean-Pierre Lapointe Marie-Josée Rose* Denise Audet Jessica Fiset Sylvain Pôhu Éric Lemieux* Frédérick Gravel* Anaïs Castro Andrea Smith Michèle Febvre Sébastien Rioux Paquette Maite Malaga Carole Jabet Pierre-Alexandre Tremblay Juan Romero Mellisha Richard Dawe* Norman Marcy Isabelle Arcand* Catherine Lavoie-Marcus* Gillian Ferrabee Daniel Léveillé Joseph el Hourany Anne-Marie Jourdenais Yves Jubinville Cindy Bouchard Ginelle Chagnon Olivier Gauthier Sylvie Larouche Mélissa Raymond Camille Bédard Antoine Lapointe Rolph Hughes Erin Flynn* Frédéric Loury Sarah Wendt David Roquis David Leboeuf Cathia Riopel Daniel Tessier Geneviève Lauzon* Marie Béland Karl Popper Louis-Elyan Martin* Jacinthe Gingras Diane Lafrance Fabienne Cabado Amanda Ruggles* Julie Gratton Nathalie Heinich Monique Sicard Carolane Lapointe* Ray Schwartz Frederick Robidoux Karine Cloutier* Anita Rogic Joanne Lalonde Louise Pelletier Réjean Dumoulin Samuel Mwamé Manon Bougeois Mayra Morales Claude Gosselin Sylvie Bouchard John A. W. Kirsch Robert Duguay Louis Dufort Léna Massiani Marthe Lefebvre Helen Chandler Catherine Lafleur* Annie Angers Louise Cloutier Louise Thibault Catherine Cyr David Leboeuf Pierre Dion* Nathalie Tessier Françoise Gaillard Sally Jane Norman Marie-Laurence Bacon Éliane Béliveau Leblanc Denis Lucas Dena Davida Katya Moutagnac Olaf Schmidt* Nicole Poitras Sophie Labelle Dan Graur Isabelle Boutin-Ganache Louis Bec Sylvain Versailles Ingrid Proulx* Pierre Gosselin Amélie Kirouac Julie Châteauvert Véronique Lapointe Aleksey V. Troitsky Mylène Roy* Denis Poulin Martine Richard Béatrice Lapointe Annick Bureau Milan Gervais* Eric Baptiste Régis Debray Pierre Darveau Pierre Marc de Biasi Roxanne Gendron Anonyme Jean Gagon Mathieu Campeau* David Lafrance Jens Hauser Roger Malina

¹ Afin de ne pas déroger au dictat de Chantal Bouthat qui préconise « lorsqu'on désire présenter des remerciements [de le faire] de façon brève et discrète » (1993, p. 10), je serai très bref. Tant de personnes ont contribué, de près ou de loin (de très loin), à la réalisation de cette thèse qu'il me serait impossible de ne pas en oublier. Par souci d'équité, je présente d'un seul **bloc** mes remerciements à tout le monde. Les noms sont en ordre aléatoire. Les danseurs, sans qu'il n'aurait été possible, sont identifiés par un astérisque.

AVANT-PROPOS

Pourquoi la danse ?

D'entrée de jeu, une mise en garde s'impose: je suis un scientifique. J'ai abouti dans le domaine des arts sans préparation, sans expérience et sans filet. Je rêvais de devenir danseur, mais la vie en a voulu autrement. Aujourd'hui, je suis biologiste.

[REWIND]

Nous sommes en 1970. Je me rappelle de mon premier contact avec la danse. Ma mère qui me traîne de force à la Place des Arts avec ma sœur jumelle de quatre ans. Comme des milliers d'enfants de notre âge, le pèlerinage annuel du temps des fêtes s'impose à nous. Surtout ne pas manquer la représentation de Casse-Noisette. Andrea Boardman, Gioconda Barbuto, Annick Bissonnette: au fils des ans, je les ai toutes vues. Mes enfants aussi auront à subir ce rite de passage. Le ballet, ça passe ou ça casse. Ce n'est que beaucoup plus tard que j'ai été confronté (le mot n'est pas trop fort) à un autre type de spectacle: *La La La Human Steps*, Louise Lecavalier, Édouard Lock. « Mais c'est pas de la danse ça » que je me disais. Si seulement j'avais su...

[FAST FORWARD]

Nous sommes en 2001. Je suis professeur au Département de sciences biologiques de l'Université de Montréal. J'ai trois enfants (qui ne vont plus voir Casse-Noisette). Depuis plusieurs années, j'assiste à tous les spectacles de danse contemporaine à Montréal. J'ai délaissé le ballet, trop formel et classique à mon goût. Je ne vais plus à la Place des Arts non plus. Je préfère les petites salles, la proximité des interprètes, le nu qui remplace le tutu. Je connais tous les chorégraphes locaux. La danse, j'en mange. À l'âge vénérable de 35 ans, je décide alors de faire le grand saut. Lorsque

l'Agora de la danse offre au grand public la possibilité de suivre un cours de danse contemporaine pour non-danseurs, je suis le premier inscrit. Je vais pouvoir enfin faire des culbutes comme Louise Lecavalier. Si seulement j'avais su...

[FAST FORWARD]

Deux ans plus tard, je passe les auditions pour faire partie de la troupe de Danse de l'Université de Montréal. Je suis le plus vieux sur place. L'un des seuls mâles dans la salle. Je n'ai pas la moindre chance d'être accepté. Et pourtant... Je suis sélectionné. Une de mes étudiantes en biologie fait partie du groupe. Pendant sept mois je participe à la création d'une œuvre de danse contemporaine. Trois semaines avant le spectacle, je me blesse à la jambe. Ma carrière est finie. Si seulement j'avais su...

[FAST FORWARD]

Je suis maintenant assis face à Martine Époque, fondatrice du Département de Danse à l'UQAM. Suite à ma demande de maîtrise refusée (je n'ai pas la formation requise en danse), on me conseille plutôt de poser ma candidature au programme de Doctorat en études et pratiques des arts. Il me faut impérativement un directeur de recherche. Martine accepte de superviser ma thèse. C'est elle qui a formé Édouard Lock. Je me replonge dans le passé en visualisant Louise Lecavalier qui fait des culbutes sur la scène. « C'est pas de la danse ça ! ». Je ravale mes mots. Si seulement j'avais su...

[STOP]

Comment faire danser l'ADN?

Je ne suis ni chorégraphe, ni danseur. Je fais de la recherche en arts. Pour moi, la créativité n'a pas de frontières. Les compétences requises pour contribuer au développement des sciences sont les mêmes que celles qui s'appliquent au processus de création artistique. Aller à l'encontre des idées établies. Avoir l'esprit critique. Laisser l'imagination guider nos recherches. Dans le cadre de mon projet de thèse création, je propose de faire le pont entre la biologie et la danse, entre les mutations

génétiques qui transforment le génome et les opérateurs chorégraphiques qui transforment le mouvement. Je veux faire danser l'ADN.

Ma question de recherche est très simple, pour ne pas dire simpliste. Est-ce que la danse à besoin d'un chorégraphe ? Je ne parle pas ici de la danse tribale, d'une soirée entre amis à la discothèque, des rythmes spontanés d'un enfant qui bouge au son de la musique ou de la danse contact. Je m'intéresse à la danse en tant qu'œuvre d'art, le fruit de la créativité humaine; une œuvre qui se définit par une suite de gestes chorégraphiés et ayant pour objectif d'être mise en scène et présentée à un public. Pensez à Édouard Lock, à Daniel Léveillé ou à Marie Chouinard. Que resterait-il de la danse si ces chorégraphes n'existaient pas ? Loin de moi l'idée d'assassiner ces figures de proue de la scène montréalaise. Néanmoins, je me demande si le processus d'écriture chorégraphique peut être simulé *in silico*, en substituant l'ordinateur au chorégraphe, ou *in vitro*, en remplaçant le chorégraphe par une molécule d'ADN.

Bien évidemment, cette posture radicale – pour ne pas dire provocante – m'expose aux plus vives réactions. Lorsqu'un biologiste est parachuté dans l'univers de la danse et qu'il désire de surcroît étudier la possibilité de créer une approche chorégraphique qui permette d'évacuer le chorégraphe du processus de composition, on ne peut que le regarder de haut – ou de travers. Il peut être en effet très gênant de se présenter avec le titre d'« homme de sciences » dans certains milieux. Être scientifique, c'est accepter d'être l'ennemi public N° 1 au sein d'une assemblée de littéraires et d'artistes. Il faut être très courageux (ou insouciant) pour oser pénétrer le champ de l'art dans un tel contexte. Confronté aux questions de mes professeurs, collègues, collaborateurs et évaluateurs, j'ai donc été dans l'obligation d'adapter mon discours pour adopter le jargon des sciences humaines; j'ai transformé graduellement mon approche afin de m'ouvrir à l'art. En contrepartie, si les seules retombées de ma thèse sont de permettre au lecteur de s'ouvrir un peu plus à la science, de tisser des liens entre ces deux solitudes, l'exercice aura été salutaire.

Pourquoi faire danser l'ADN ?

Je le répète: je veux faire danser l'ADN. À prime abord, cette proposition n'a rien d'étonnant pour le biologiste. L'ADN est le matériau de la vie. Pourquoi ne pas en faire le matériau de l'art ? Cette intention toute simple soulève par contre de nombreuses questions. Comment fait-on danser l'ADN ? Quels procédés biotechnologiques sont à l'œuvre au cœur de cette démarche ? Parce qu'on y traite de génie génétique et du corps humain, les craintes habituelles suscitées dans les médias sont tout de suite évoquées. Est-ce dangereux pour la santé ? Est-ce néfaste pour l'environnement ? L'aspect principal de ma démarche aux frontières de l'art et de la science se résume alors plus souvent qu'autrement à de la vulgarisation scientifique; expliquer les tenants et les aboutissants de mon projet, le comment et le pourquoi de ma pratique: utiliser l'art dans le but de démystifier la génomique et la biotechnologie.

Le projet que j'avais élaboré avant d'entrer en studio (avant de travailler avec de vrais danseurs professionnels; avant de présenter le fruit de mes expériences au public) n'avait que faire des considérations esthétiques propres à l'œuvre d'art. La mise à l'épreuve de mon hypothèse de recherche avait plus de valeur à mes yeux que le *rendu* de cette hypothèse. À l'instar de Joseph Kosuth, je m'intéressais moins à l'œuvre elle-même qu'au concept de l'œuvre. La rigueur de ma démarche expérimentale faisait foi de tout. Je me suis remis en question lors de la *rencontre* de l'œuvre avec son public, lorsque la subjectivité l'emporte sur l'objectivité en dépit de toutes précautions expérimentales. J'avais oublié (ou volontairement ignoré) la charge émotive d'un corps en mouvement, trop obnubilé que je l'étais par mon postulat scientifique. Je me rappelle du moment précis où tout a basculé: un spectateur éploré sur mon épaule suite à l'une de mes performances. Toutes les critiques outrancières des aspects méthodologiques de mon projet se sont alors dissipées. Si seulement j'avais su... Voilà pourquoi je fais danser l'ADN. Voici pour *qui* je fais danser l'ADN.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	iv
LISTE DES FIGURES.....	xvi
LISTE DES TABLEAUX.....	xviii
RÉSUMÉ.....	xix
INTRODUCTION.....	1
Contexte historique	1
La question de l'interdisciplinarité (l'aventure d'un biologiste chez les danseurs)....	3
Organisation de la thèse	4

PREMIÈRE SECTION PROLÉGOMÈNES

CHAPITRE I QUELQUES NOTIONS DE BIOLOGIE (EN LIEN DIRECT AVEC MA RECHERCHE)

1.1. Mise en bouche.....	10
1.2. La molécule d'ADN	10
1.3. L'évolution biologique	13
1.3.1. La sélection naturelle.....	13
1.3.2. Les sources de la variation biologique	14
1.3.2.1. La reproduction	14
1.3.2.2. Les mutations génétiques	15
1.4. Les mutations génétiques sont des opérateurs chorégraphiques	18

CHAPITRE II ENTREZ DANS LA DANSE

2.1. Tentative d'une définition de la danse	21
2.1.1. Le chorégraphe et ses multiples incarnations.....	23
2.1.2. L'écriture chorégraphique et la partition.....	26

2.2.	Danse et performance: vers une évolution des pratiques	28
2.3.	Performance et body art: confusion des genres ?	31
2.4.	La science, la technologie et la danse.....	33

CHAPITRE III PROBLÉMATIQUE

3.1.	Mon hypothèse de recherche	36
3.2.	De l'approche hypothético-déductive et de ses limites en art	37
3.3.	<i>Le modus operandi</i> de la démarche expérimentale	39
3.4.	<i>Le modus experiendi</i> de l'approche exploratoire	40
3.5.	Les limites du modèle expérimental.....	43

DEUXIÈME SECTION INFLUENCES

CHAPITRE IV ART ET HASARD: LA COMBINATOIRE ET L'INFINI

4.1.	<i>Alea jacta est</i> : tentative de définition du hasard et de ses multiples significations.....	47
4.1.1.	La chance.....	48
4.1.2.	L'aléatoire	48
4.1.3.	La contingence	49
4.1.4.	L'accident, la coïncidence.....	50
4.2.	Mais de quel(s) hasard(s) parle-t-on ?	50
4.2.1.	Le hasard déclencheur	51
4.2.2.	Le hasard thématique	51
4.2.3.	Le hasard structurel	52
4.3.	Survol aléatoire de l'art combinatoire	52
4.3.1.	Le rêve du <i>Livre</i> de Mallarmé, précurseur de l'œuvre d'art totale	53
4.3.2.	Tristan Tzara, ou comment faire un poème combinatoire.....	56
4.3.3.	Raymond Queneau et la littérature potentielle	57

4.3.4. John Cage, le maître de l'indétermination	60
4.3.5. Merce Cunningham, le chorégraphe du hasard	63

CHAPITRE V

ART ET BIOLOGIE: LA MATIÈRE DU VIVANT À L'ŒUVRE

5.1. La rencontre de l'art et de la biologie.....	67
5.2. Typologie pluraliste du bioart et des bioartistes.....	68
5.2.1. Les différents substrats biologiques	69
5.2.1.1. L'art génétique.....	71
5.2.2. Les motivations et revendications des bioartistes	73
5.2.3. Le discours technique	75
5.3. Panorama du bioart contemporain	77
5.3.1. Marc Quinn: l'ADN et le portrait.....	77
5.3.2. Joe Davis: le Maître de l'invisible.....	79
5.3.3. Eduardo Kac: genèse et transgenèse	81
5.3.4. Marta de Menezes: phénotypes artificiels	85
5.3.5. George Gessert: la sélection comme démarche.....	87

CHAPITRE VI

ART, BIOLOGIE ET HASARD: LES PROCESSUS DU VIVANT EN ACTION

6.1. La vie, <i>in silico</i>	90
6.2. Génétique, linguistique et information	91
6.3. À la recherche d'une esthétique mathématique (objective ?).....	92
6.4. Comment comparer des séquences génétiques ?.....	94
6.5. Utilisation du principe de la sélection naturelle pour imiter la nature	95
6.6. Application des algorithmes génétiques en art.....	98
6.7. L'algorithme choréogénétique	100
6.7.1. La phase de génération	101
6.7.2. Les différents types de mutations	101
6.7.3. La phase de sélection.....	103

TROISIÈME SECTION
EXPÉRIMENTATIONS

CHAPITRE VII

CORPUS EXPÉRIMENTAL: LA CHORÉOGÉNÉTIQUE EN ACTION

7.1	Chronologie d'une pratique	108
7.2	<i>Simulation 1.0</i>	109
7.3.	<i>Dance [in vivo / in silico]</i>	114
7.4.	<i>Echoes from the Ancestral Womb</i>	121
7.5.	<i>OGM : Organisme Génétiquement Mouvementé</i>	123
7.6.	<i>OGM2 : Organismes Génétiquement Mouvementés, 2^e génération</i>	126
7.7.	<i>Polymorphosum urbanum</i>	128
7.8.	Récapitulation choréogénétique	133

QUATRIÈME SECTION
ANALYSES

CHAPITRE VIII

LE RAPPORT À L'ESPACE: L'EXPÉRIENCE DU CONTEXTE

8.1.	L'espace géographique de la perception	138
	8.1.1. Distances spatiales / distances relationnelles	139
	8.1.2. Les déclinaisons de l'espace occupé	141
8.2.	L'art contextuel à la rencontre de son public	142
	8.2.1. Tous à la rue	142
	8.2.2. L'appropriation de l'espace public	143
8.3.	L'espace intime du mouvement	144
8.4.	Lieux (et non-lieux) choréogénétiques	146
	8.4.1. Le lieu de la performance: métaphore d'une spatialité cellulaire	146
	8.4.2. Partage des espaces et partage des corps	147

CHAPITRE IX

LE RAPPORT AU TEMPS: L'EXPÉRIENCE DE LA DURÉE

9.1.	Le temps des physiciens / le quotidien des humains	151
9.2.	Darwinisme et bergsonisme	153
9.3.	La durée, matériau de la création / le temps, matériau de l'art	155
9.4.	L'univers multitemporel de la choréogénétique.....	157
9.4.1.	Le temps de la création / le temps de la représentation	157
9.4.2.	L'expérience de la durée chez le danseur.....	158
9.4.2.1.	L'épuisement combinatoire	159
9.4.2.2.	Différences et répétitions	160
9.4.3.	L'expérience de la durée chez le spectateur	162
9.4.4.	La démesure du temps choréogénétique	164

CHAPITRE X

LE RAPPORT AU CORPS: L'EXPÉRIENCE DE LA VIE

10.1.	Du corps biologique et sociologique au corps de l'artiste.....	166
10.2.	L'art intracorporel: le body art à la rencontre du bioart	167
10.2.1.	La choréogénétique: une pratique intracorporelle.....	169
10.3.	Le corps dansant: un corps multiple.....	170
10.3.1.	L'incarnation du mouvement	171
10.3.2.	L'anticipation kinesthésique	171
10.3.3.	Répétitions et mémoire corporelle	175
10.3.4.	De l'individuation choréographique à l'individuation génétique.....	176

CHAPITRE XI

LE RAPPORT AU PUBLIC: L'EXPÉRIENCE DE LA RENCONTRE

11.1.	Pour une esthétique de la relation	180
11.2.	De l'empathie kinesthésique et de la relation au spectateur.....	181
11.3.	Altérité, autrisme et autres: les multiples visages d'autrui.....	184
11.4.	Typologie du public de l'œuvre <i>in situ</i>	186

11.4.1. Le public ou la foule ?	187
11.4.2. La psychologie du spectateur	188
11.5. Le rôle du médiateur et sa relation au public	190
11.5.1. Le médiateur: pédagogue et vulgarisateur scientifique	190
11.5.2. Le médiateur: une composante active de l'œuvre choréogénétique	192

CINQUIÈME SECTION ART/SCIENCE

CHAPITRE XII

ÉVALUATION DE L'ŒUVRE D'ART CHORÉOGÉNÉTIQUE

12.1. L'évaluation artistique d'une œuvre de création	197
12.2. Définition(s) de l'art contemporain	198
12.3. L'œuvre d'art et son évaluation	199
12.3.1. La notion générique	199
12.3.2. La notion génétique	201
12.3.3. La notion d'intention	202
12.3.4. La notion d'attention	204
12.3.5. La notion institutionnelle	205
12.4. De la pluralité des notions d'œuvres d'art (et combien d'autres encore?) ...	206

CHAPITRE XIII

HYBRIDATION ART ET SCIENCE: MYTHE OU RÉALITÉ ?

13.1. De la relation tumultueuse entre l'art et la science	210
13.2. Les deux solitudes	211
13.2.1. Art / Science / Recherche	212
13.2.2. Art / Science / Technologie	215
13.3. De la dichotomie au continuum	217
13.3.1. L'expérimentation – un point de rencontre	219
13.3.2. À la recherche d'un langage commun	222

13.3.3. Interdisciplinarité vs transdisciplinarité: quels types d'interactions entre les disciplines ?.....	223
13.4. Abrégé d'une pratique hybride – la choréogénétique	229
13.4.1. Pour ou contre la science ?	232
13.4.2. À quoi sert le bioart ?	234
13.4.3. Les contributions du bioartiste à la science	235
13.5. Plaidoyer pour une pratique paradisciplinaire	237
CONCLUSION	239
L'évolution d'une hypothèse.....	239
L'artiste est un mutagène sélectif.....	242
BIBLIOGRAPHIE	244

ANNEXE A

- Lapointe, F.-J. (2005). Choreogenetics: The generation of choreographic variants through genetic mutations and selection. Dans F. Rothlauf (dir.), *Workshop proceedings of the genetic and evolutionary computation conference* (p. 366-369). New York: ACM Press 284

ANNEXE B

- Lapointe, F.-J. et Époque, M. (2005). The dancing genome project: Generation of human-computer choreography using a genetic algorithm. Dans H. Zhang, T.-S. Chua, R. Steinmetz, M. S. Kankanhalli et L. Wilcox (dir.), *Proceedings of the 13th annual ACM international conference on multimedia* (p. 555-558). ACM Press, New York 289

ANNEXE C

- Lapointe, F.-J. et Époque, M. (2011). In vivo/in silico/in vitro: The death of the choreographer ? Dans R. Hughes et J. Sundén (dir.), *Second nature: Origins and originality in art, science, and new media* (p. 173-191). Stockholm: Axl Books ... 294

ANNEXE D

- Lapointe, F.-J. (2011). Bio art + body art = inner-body art (with a typology of biotechnological art). *International Journal of the Arts in Society*, 6(3), 1-7 305

ANNEXE E

- Les différentes formulations mathématiques du hasard artistique 313

ANNEXE F

- Formulaire de consentement (*Polymorphosum urbanum*) 317

ANNEXE G

- Certificat d'approbation du comité d'éthique (*Polymorphosum urbanum*) 323

ANNEXE H

- Historique des différentes versions de l'algorithme choréogénétique 325

ANNEXE I

- Code source (en Pascal) de l'algorithme choréogénétique 329

LISTE DES FIGURES

1.1.	Liste des acides aminés et des codons correspondants.....	11
1.2.	Exemple de substitution	15
1.3.	Exemples d'insertion et de délétion	16
1.4.	Exemple d'inversion	16
1.5.	Exemple de translocation	16
1.6.	Exemple de répétition.....	17
1.7.	Exemple de duplication génique	17
1.8.	Exemple d'extinction génique.....	17
1.9.	Exemple de recombinaison génique.....	18
1.10.	Exemples d'opérations chorégraphiques sur des séquences de mouvements	19
4.1.	Reproduction du feuillet 140 du <i>Livre</i> de Mallarmé	55
4.2.	Un des <i>Cent mille milliards de poèmes</i> de Raymond Queneau	59
4.3.	Exemple de Partition de John Cage employant différentes formes de notations	62
5.1.	<i>Portrait of John E. Sulston</i> , de Marc Quinn.....	78
5.2.	Les différentes étapes de la création du gène de la <i>Microvenus</i> , de Joe Davis	79
5.3.	Les différentes étapes de la création de <i>Genesis</i> , d'Eduardo Kac.....	84
5.4.	Papillon <i>Bicyclus</i> transformé par Marta de Menezes pour l'œuvre <i>Nature?</i>	86
5.5.	Hybride d'iris généré de façon artificielle par George Gessert.....	88
6.1.	Exemple d'algorithme génétique appliqué à une population de nombres.....	97
7.1.	Les deux vocabulaires de mouvements ayant servi à la génération de <i>Simulation 1.0</i>	110
7.2.	Partitions chorégraphiques des trois actes de <i>Simulation 1.0</i>	112
7.3.	Les différents vocabulaires ayant servi pour composer <i>Dance [in vivo / in silico]</i>	115

7.4.	Partitions chorégraphiques des sections de <i>Dance [in vivo / in silico]</i> Groupe 1	117
7.5.	Partitions chorégraphiques des sections de <i>Dance [in vivo / in silico]</i> Groupe 2	118
7.6.	Partition chorégraphique de <i>Echoes from the Ancestral Womb</i>	122
7.7.	Exemple de fiche chorégraphique remise au public de <i>OGM</i>	124
7.8.	Exemple de fiche chorégraphique remise au public de <i>OGM2</i>	128
7.9.	Exemple de partition chorégraphique de <i>Polymorphosum urbanum</i>	130
7.10.	Alignement des séquences génétiques des interprètes de <i>Polymorphosum urbanum</i>	131
7.11.	Fiche explicative utilisée par les médiateurs lors des performances publiques de <i>Polymorphosum urbanum</i>	132

LISTE DES TABLEAUX

7.1.	Complexité des partitions chorégraphiques de <i>Dance [in vivo / in silico]</i> ..	119
7.2.	Les étapes de réalisation de <i>Polymorphosum urbanum</i>	129
7.3.	Comparaison des paramètres de réalisation et de présentation des différentes expérimentations choréogénétiques réalisées dans le cadre de ce projet de thèse	134
13.1.	Les différents types d'interactions biologiques entre paires d'espèces; ou les différents types de relations entre deux disciplines	227
13.2.	Les types d'interactions art-science, selon Graur (2010)	228
13.3.	Typologie des collaborations art-science, selon Malina (2010)	228
13.4.	Contributions possibles des artistes à la science, selon Wilson (2005)	236

RÉSUMÉ

Ce projet de recherche-création tient du postulat qu'il est possible de composer des chor ographies en l'absence du chor ographe. Plus précisément, je propose dans ma thèse de simuler le processus de composition choréographique en évacuant tout choix subjectif de la part du chor ographe. La *choréogénétique*, c'est l'approche expérimentale qui me permet de répondre à cet objectif théorique. L'ADN, c'est le substrat moléculaire qui me permet pratiquement de remplacer la partition choréographique.

Deux questions principales motivent mes travaux de recherche doctorale: comment faire danser l'ADN et pourquoi faire danser l'ADN. La première question fait référence à l'aspect scientifique de ma démarche, tandis que la seconde fait appel à des considérations d'ordre artistique. L'ensemble de ma thèse s'inscrit au sein de ce dualisme philosophique: le comment du pourquoi, l'objectif et le subjectif, le quantitatif et le qualitatif.   l'interface des paradigmes de l'art et de la science, ma pratique hybride participe de la rencontre entre ces deux champs de la connaissance.

Le chor ographe est un mutagène sélectif. Ma démarche artistique repose sur cette définition toute simple qui fait office d'hypothèse et de prédiction à la fois. Pour être à même de mettre à l'épreuve la validité de cette hypothèse, j'adopte dans le cadre de ma thèse une approche exploratoire; un aller-retour perpétuel entre la théorie et la pratique. Par l'entremise de la méthode expérimentale, j'évalue mon hypothèse selon différents critères de composition choréographique et sous différentes conditions de représentation.

Je présente les résultats de six expérimentations chor ographiques réalisées dans le contexte précis de ma thèse création. Pour certaines œuvres, le chor ographe est remplacé par un algorithme génétique qui simule *in silico* des séquences de mouvements. Pour d'autres, c'est la molécule d'ADN que j'utilise *in vitro* pour générer des partitions chor ographiques. Dans tous les cas, l'œuvre choréogénétique découle des mutations de séquences de mouvements soumises à la sélection naturelle. Dans tous les cas, c'est un mutagène sélectif distinct qui président à la composition. J'analyse les différences et les similitudes entre ces expérimentations sur la base de critères quantitatifs et qualitatifs.

En prenant forme dans l'espace public, mes performances convoquent différents rapports du corps dansant avec l'espace-temps. Divers types de relation au lieu modulent les conditions de représentation de l'œuvre, tandis que la durée des performances affecte tout autant le danseur que le spectateur. J'aborde également les

rappports au corps du danseur dans une perspective génétique et phénoménologique. Finalement, le rapport au public s'inscrit dans le cadre de l'esthétique relationnelle. J'accorde une importance toute particulière à la fonction pédagogique de ma pratique et je discute du rôle du médiateur qui incite à la rencontre du spectateur.

J'analyse mes différentes expérimentations en fonction de plusieurs critères d'évaluation de l'art. Je me demande si l'expérimentation choréogénétique est une œuvre d'art, une expérience scientifique ou les deux. À l'aide des notions générique, génétique, intentionnelle, attentionnelle et institutionnelle de l'œuvre d'art, je pose un regard critique sur mon travail. Face aux critiques épistémologiques de ma démarche, j'offre une réponse qui tient d'une sociologie de la transgression en art contemporain.

Dans quelles conditions l'art et la science peuvent-elles cohabiter ? Cette question fondamentale tisse la trame de fond de ma recherche-crédation. À la recherche d'un langage commun, l'expérimentation présente une solution méthodologique à la rencontre de ces deux solitudes. De l'interdisciplinarité à la transdisciplinarité et à la paradisciplinarité, je revendique néanmoins le droit de pratiquer l'art et la science en parallèle: ni l'un, ni l'autre, mais les deux.

À l'interface de la danse et de la génétique, ma recherche parle également d'art combinatoire, d'art biotechnologique, d'art génératif, d'art corporel, d'art contextuel, d'art relationnel, d'art conceptuel et de performance. Où me classer ? Mon travail polymorphe s'apparente au corps protéiforme de l'amibe, en constante transformation, en mutation pour s'adapter à son environnement. Mon travail participe, tant dans le fond que dans la forme, de cette évolution créatrice.

Pour terminer, je fais un retour sur l'hypothèse qui m'a permis de réaliser cette recherche-crédation. J'offre en guise de conclusion une nouvelle hypothèse qui généralise le mutagène sélectif à l'ensemble des pratiques artistiques.

Mots clés: *Art combinatoire, Art contextuel, Art corporel, Art génératif, Art génétique, Bioart, Danse, Performance, Science*

INTRODUCTION

« Nous sommes aujourd'hui submergés par un amoncellement de données scientifiques, rassemblées à l'aveuglette, parce qu'il n'existe pas de schéma directeur permettant de comprendre la création dans les sciences. Nous sommes submergés par un foisonnement de nouveaux procédés pseudo-artistiques, parce qu'il n'existe aucune tentative de renouvellement en profondeur. Nous formons des artistes sans connaissances scientifiques, et des savants qui ne connaissent rien à l'art »

Robert M. Pirsig

Contexte historique

Aucune recherche scientifique n'a eu plus d'impact dans le domaine des arts que la découverte de l'ADN par Watson et Crick, le 28 février 1953. Il a pourtant fallu 20 ans avant que les œuvres de Luis Soriano inspirées de la structure hélicoïdale de la molécule d'ADN soient dévoilées au public, en 1976. Depuis, nombre d'artistes de ma génération ont intégré la biologie moléculaire, la biotechnologie et la génétique à leur démarche artistique pour créer un nouveau champ disciplinaire: le *bioart*. L'art biotechnologique est en pleine expansion; on dénombre aujourd'hui des centaines d'expositions sur le sujet dans le monde entier¹. Si l'on devait apposer une étiquette à ma démarche, celle du bioart me conviendrait parfaitement.

¹ Montréal n'échappe pas à la mode avec de nombreuses expositions et conférences en art biotechnologique. Citons notamment: *ART et BIOTech*. 2004. Musée d'art contemporain de Montréal. 5-8 octobre; *The Gee! in Genome*. 2005. Centre des sciences de Montréal. 24 janvier-24 avril.

Il est intéressant de constater que la majorité des artistes œuvrant à l'interface de la génétique sont issus des arts visuels² (Kemp, 2003; Nelkin et Anker, 2002). Des peintres (Deshaies, 2003), photographes (Weens, 2000), bijoutiers (Roderick et Atkins, 1994), sculpteurs (Chihuly, 2003), architectes (Karpov, 2002), ainsi que de nombreux artistes des arts médiatiques (West *et al.*, 2003) se sont également inspirés de la structure de la molécule d'ADN. Puis, il y a eu *Alba*, le célèbre lapin transgénique fluorescent créé par Eduardo Kac en 2002, qui fit scandale dans le monde des arts et de la science. Étrangement, la danse est l'un des domaines artistiques qui a longtemps évolué en marge de cette tendance. Bien que l'ADN ait influencé quelques chorégraphes, la plupart des créations visaient uniquement à représenter par le mouvement la structure de la double hélice³. Mon projet de thèse vise à combler ce vide en utilisant l'ADN non comme métaphore, mais comme matériau.

Contrairement à la génétique, les contributions de l'informatique et de la mathématique au domaine de la danse sont très abondantes. À cet égard, il est notoire que le premier chorégraphe à avoir utilisé l'ordinateur à des fins de création fut Merce Cunningham⁴. Depuis, les chorégraphes et les danseurs ont appris à intégrer l'informatique et les nouvelles technologies lors du processus de création et d'interprétation d'une pièce (Lansdown, 1997). De nombreux logiciels sont désormais disponibles pour assister le chorégraphe (Politis, 1990) et les danseurs virtuels de Martine Époque (ma directrice de thèse) sont un exemple récent de l'intégration de l'informatique en danse (voir Lapointe et Époque, 2005). Les recherches en mathématiques, en parallèle aux développements algorithmiques, ont

² En parallèle au monde l'art visuel, de nombreux écrivains se sont inspirés de la découverte de la structure de l'ADN pour écrire des « fictions génétiques ». Jean-François Chassay (2001) dresse une importante liste d'œuvres littéraires sur le sujet dans *La littérature à l'éprouvette*.

³ Par exemple, on utilise cette approche pour expliquer la composition et la duplication de l'ADN aux enfants en leur faisant interpréter une danse moléculaire (Zinnen, 1992).

⁴ À l'aide du logiciel *LifeForms* (Calvert, 1986; Calvert *et al.*, 1986), Merce Cunningham présenta en 1991 la pièce *Trackers*, une œuvre générée par ordinateur (voir Greskovic, 1991).

également permis de proposer de nouveaux modèles de transformation d'une séquence de mouvements (Tytherleigh et Watson, 1987). Par exemple, la théorie du chaos est fréquemment utilisée pour la modélisation chorégraphique à l'aide de processus purement stochastiques (Bradley et Stuart, 1998). Étonnamment, les modèles paramétriques de la génétique n'ont pas encore été utilisés pour générer des chorégraphies. Mon travail de création s'insère dans ce mince interstice artistique encore vacant: l'utilisation des processus génétiques à des fins de composition chorégraphique.

La question de l'interdisciplinarité (*l'aventure d'un biologiste chez les danseurs*)

Indépendamment des implications particulières de ma thèse à l'interface de la danse et de la biologie, ce projet s'inscrit dans un contexte beaucoup plus large, celui de l'interdisciplinarité. Comment concilier la science et les arts ? Bien plus que deux disciplines, il est question de deux champs de la connaissance humaine, deux façons d'interpréter le monde, deux approches méthodologiques, deux visions qui s'affrontent et s'opposent (les « deux cultures » de Snow, 1963). Est-ce que la science et l'art sont compatibles ? Combien de plasticiens, musiciens, poètes, sculpteurs, architectes et chorégraphes se sont inspirés de la science à des fins de création⁵. Il est pourtant très rare pour un scientifique de s'aventurer dans le domaine des arts, presque autant pour un artiste que de pénétrer les mystères de la physique ou de la biologie moléculaire.

Artiste qui fait de la science ou scientifique qui fait de l'art ? Cette catégorisation dichotomique impose une suprématie de l'un des deux domaines sur l'autre. Et si les deux faisaient partie de moi ? Je connais bien le monde de la science pour y avoir œuvré depuis plus de 20 ans. Je connaissais moins le domaine des arts,

⁵ Plus encore se sont inspirés de la Nature et des secrets qu'elle révèle; du corps humain et de ce qu'il contient; des plantes et des animaux qui nous entourent; des frontières entre les espèces; de la vie, de la mort, etc.

me situant derrière le 4^e mur, du côté du spectateur. L'aventure de cette thèse, au-delà des exigences propres au programme en études et pratique des arts, fut pour moi un laboratoire humain. J'ai servi de cobaye à l'interdisciplinarité. Il y a d'un côté la recherche-crédation qui fait *l'objet* de cette thèse et de l'autre côté le chercheur-crédateur qui en fut le *sujet*, l'acteur principal. Le titre de la thèse ne reflète pas la réelle portée de l'expérience⁶ ayant été complétée. C'est de la *métamorphose d'un scientifique en artiste* dont il est question ici. L'exercice académique s'ajoute à l'exercice de transformation personnelle, le passage de la raison à l'émotion. Dans ma thèse, j'oscillerai constamment entre la posture expérimentale propre au scientifique et la démarche créative de l'artiste. Cette double proposition souligne ma double affiliation. De par ma formation en biologie, j'aborde les problèmes à l'aide d'une approche empirique et objective. À titre de chercheur en art, je m'intéresse plutôt au potentiel poétique et métaphorique de la biologie comme agent de création.

Organisation de la thèse

Le programme de doctorat en études et pratiques des arts propose trois types de thèse – la thèse recherche, la thèse création et la thèse intervention – ainsi que deux champs de recherche – interdisciplinarité et arts comparés. Mon projet de doctorat s'inscrit dans l'axe création⁷ et dans le champ de l'interdisciplinarité. À cet égard, la thèse ne représente qu'une des deux exigences du programme; la seconde étant la réalisation d'une œuvre, d'une performance ou d'un spectacle, en vue d'une diffusion publique. Dans le cadre de mon projet, j'ai réalisé plusieurs œuvres, toutes

⁶ J'utilise volontairement le terme *expérience* pour traduire à la fois (1) les expérimentations réalisées ainsi que (2) le vécu subjectif éprouvé au cours de ce projet de thèse.

⁷ Je préfère parler de *créations*, car l'ensemble des réalisations accomplies dans le cadre de cette thèse ne se limite pas à une seule création, mais à une série d'expériences créatives, certaines réalisées en vase clos, dans les confins d'un studio, d'autres présentées devant des spectateurs, au coeur même de l'espace public. Quelques expériences captées sur vidéo ont été présentées lors de congrès en art/science ou dans le cadre d'expositions artistiques. Même si toutes ces expériences m'ont permis chronologiquement de contruire ma création finale, toutes ont également contribué à alimenter le corpus théorique de cette thèse.

ayant été présentées, sous une forme ou une autre, lors de conférences, expositions et performances publiques. Cette thèse présente le contexte de création ainsi qu'une réflexion critique autour des problématiques soulevées par ces œuvres. Mon style va errer entre certains chapitres plutôt théoriques et d'autres plus autobiographiques, entre des explications formelles de la démarche et une appréciation personnelle des résultats, entre le comment objectif et le pourquoi subjectif.

La thèse est organisée en cinq sections et treize chapitres. La première section comporte trois chapitres. Elle annonce en guise de préambule les concepts et les méthodes qui seront utilisés tout au cours de la thèse. Tout d'abord, le Chapitre I présente quelques notions de biologie en lien direct avec mon sujet de thèse; de la molécule d'ADN à la théorie de la sélection naturelle de Darwin. C'est également dans ce chapitre que les différents types de mutations génétiques qui plus tard serviront d'opérateurs chorégraphiques sont détaillés. Le Chapitre II, quant à lui, cherche à définir la danse et les différentes fonctions du chorégraphe en danse contemporaine. On y fait la distinction entre la danse, l'art de la performance et l'art corporel. Afin de situer ma thèse dans le contexte des pratiques actuelles, je présente un bref survol de l'utilisation de la science et des nouvelles technologies en danse. Ce chapitre traite également de la relation entre la biologie (et biotechnologie) et la chorégraphie. Le Chapitre III aborde de façon plus précise ma problématique de même que l'hypothèse du « mutagène sélectif ». J'y présente l'approche méthodologique adoptée dans le cadre de mon projet et les limites de cette approche expérimentale en danse.

La deuxième section vise à situer ma démarche au sein de l'histoire de l'art contemporain. Cette section comporte trois chapitres qui révèlent mes influences artistiques majeures. En premier lieu, le Chapitre IV illustre diverses applications et utilisations du hasard en art. Il présente une recension historique de l'art combinatoire, de Stéphane Mallarmé à John Cage et Merce Cunningham, en passant par l'Oulipo et Dada. Plusieurs de ces notions sont à la base de mon approche

expérimentale reposant sur les mutations aléatoires de la molécule d'ADN et son évolution subséquente. Le Chapitre V se concentre spécifiquement sur les applications de la biotechnologie – incluant la génétique – en art. J'y propose une définition du bioart, suivi d'une typologie de plusieurs bioartistes contemporains⁸ (notamment Eduardo Kac, le père de l'art transgénique). Ce chapitre traite à la fois du vivant comme thème et du vivant comme matériau de l'art tandis que le chapitre suivant traite du vivant comme processus. En d'autres termes, j'aborde au Chapitre VI le champ de l'art génératif et plus particulièrement les algorithmes génétiques qui s'inspirent des mécanismes du vivant pour générer des œuvres d'art *in silico*. Cette section se termine par une explication de l'algorithme choréogénétique que j'emploie dans certaines de mes expérimentations pour composer des chorégraphies objectives.

La troisième section présente un survol des multiples expérimentations chorégraphiques réalisées dans le cadre de mon doctorat. Cette section qui ne comporte que le Chapitre VII se veut purement descriptive de l'approche expérimentale et de l'hypothèse de travail relative à chacune des œuvres présentées. Je présente de façon chronologique les œuvres *in silico* suivi des œuvres *in vitro* afin de permettre au lecteur de suivre l'évolution de ma pratique, des performances en solo aux pièces de groupe.

La quatrième section propose une analyse critique de mes créations et expérimentations, en référence à quatre thèmes distincts qui sont traités comme autant de chapitres. Au Chapitre VIII, j'analyse mon travail dans une perspective spatiale, en lien à l'art contextuel des œuvres présentées dans l'espace public. Le Chapitre IX traite plutôt de l'aspect temporel de mes performances, du vécu subjectif de la durée et du temps objectif de la biologie. Le Chapitre X parle du rapport au corps biologique des danseurs, des limites de l'individualité et de l'altérité. J'y propose la notion d'art intracorporel comme sous-catégorie de l'art corporel et du bioart.

⁸ L'adjectif contemporain est futile ici – le bioart n'existait pas avant 1990.

Finalement le Chapitre XI traite du rapport au public dans une perspective relationnelle de l'œuvre d'art choréogénétique. Je présente une typologie du public *in situ* avant d'aborder l'aspect pédagogique de mon travail et le rôle particulier des médiateurs.

La cinquième et dernière section parle d'esthétique et d'évaluation des œuvres choréogénétiques, à la frontière de l'art et de la science. Je me demande au Chapitre XII si ma pratique appartient à l'art et sur la base de quels critères, esthétiques ou autres, peut-on délimiter la notion d'œuvre d'art. L'important Chapitre XIII discute de la difficile relation entre l'art et la science et de l'illusoire interdisciplinarité. J'y expose différentes interprétations du dualisme paradigmatique en regard de ma propre pratique hybride. Ce dernier chapitre propose un plaidoyer pour les pratiques paradisciplinaires.

La conclusion de ma thèse récapitule l'ensemble de ma démarche expérimentale. Elle présente une généralisation de mon hypothèse de recherche en étendant son champ d'application du domaine de la danse à toutes les autres pratiques artistiques.

PREMIÈRE SECTION

PROLÉGOMÈNES

CHAPITRE I

QUELQUES NOTIONS DE BIOLOGIE (EN LIEN DIRECT AVEC MA RECHERCHE)

*« Nous sommes tous mutants, mais certains
d'entre nous le sont plus que les autres »*

Armand Marie Leroi

Sommaire – Parce que j'utilise les processus et les outils de la biologie moléculaire à des fins de composition chorégraphique, il importe d'emblée de définir certains concepts qui seront appliqués tout au long de ma thèse. Dans ce premier chapitre, je présente quelques notions de base en biologie de l'évolution. J'explique la structure de la molécule d'ADN, ses différentes formes et ses modes de transmission. J'expose succinctement les principes de la sélection naturelle telle que proposée par Darwin. Je présente les différentes sources de variation biologique: la reproduction et les mutations. Je porte une attention toute particulière aux différents types de mutations pouvant affecter la structure de l'ADN et tente de faire un parallèle entre ces mutations génétiques et certains opérateurs chorégraphiques. Toutes les notions biologiques abordées dans ce chapitre participent de ma recherche doctorale, soit pour nourrir, inspirer ou soutenir ma démarche de composition chorégraphique.

1.1. Mise en bouche

L'ADN est l'unité de base qui nous unit; la composante régissant toute forme de vie, des plus petites bactéries à tous les organismes multicellulaires. La chorégraphie moléculaire opérant au sein des cellules est à la fois responsable de l'apparition de nouvelles espèces, de la survie à long terme de toutes les espèces et du maintien de la biodiversité. C'est la « danse de l'ADN » qui stimule l'évolution du Vivant. C'est elle dont je m'inspire dans ma pratique. L'ensemble de mon travail de recherche-crédation repose sur la molécule d'ADN et son évolution. J'invite les danseurs au sein de mon laboratoire pour extraire et visualiser leur ADN. Je simule les mutations de l'ADN à l'aide d'algorithmes informatiques. Je mets en mouvement l'ADN pour illustrer la sélection naturelle. J'entre en contact avec le public par l'entremise de l'ADN. Afin de pouvoir suivre ma démarche artistique, il faut impérativement définir ce qu'est l'ADN – en quoi cette molécule peut-elle servir de substrat chorégraphique – mais également les processus qui gouvernent à son évolution. J'expose ici brièvement la théorie darwinienne avant de l'appliquer dans les chapitres subséquents à des fins artistiques.

1.2. La molécule d'ADN

Le corps humain comporte plus de 75 000 milliards de cellules, toutes aussi différentes les unes que les autres quant à leurs formes, leurs fonctions, mais aussi leurs dimensions. Au cœur de la cellule se trouve un noyau qui contient l'ensemble des informations qui nous distinguent des autres espèces, mais aussi des autres individus au sein de notre propre espèce. Ce bagage génétique, notre génome, est réparti sur 23 paires de chromosomes. Deux de ces chromosomes permettent d'identifier le sexe des individus (XX pour les femelles et XY pour les mâles), alors que tous les autres, les autosomes, déterminent notre identité génétique propre. Chacun des chromosomes est constitué d'ADN (acide désoxyribonucléique), une molécule hélicoïdale retrouvée chez l'ensemble des êtres vivants. L'ADN est formé

de *nucléotides* pouvant prendre quatre formes: l'adénine (A), la cytosine (C), la guanine (G) et la thymine (T). Cet « alphabet » moléculaire permet de former des « mots » composés par des séquences plus ou moins longues de « lettres » (ex: ATTCGGATGTAT). Comme on le verra plus loin, ces séquences moléculaires sont précisément le substrat chorégraphique que j'utilise pour *faire danser* l'ADN.

		Deuxième lettre									
		U		C		A		G			
Première lettre	U	UUU	Phénil-	UCU	sérine	UAU	tyrosine	UGU	cystéine	U	Troisième lettre
		UUC	alanine	UCC		UAC	tyrosine	UGC	cystéine	C	
		UUA	leucine	UCA		UAA	codons	UGA	codon stop	A	
		UUG		UCG		UAG	stop	UGG	tryptophane	G	
	C	CUU	leucine	CCU	proline	CAU	histidine	CGU	arginine	U	
		CUC		CCC		CAC	histidine	CGC		C	
		CUA		CCA		CAA	glutamine	CGA		A	
		CUG		CCG		CAG	glutamine	CGG		G	
	A	AUU	isoleucine	ACU	thréonine	AAU	asparagine	AGU	sérine	U	
		AUC		ACC		AAC	asparagine	AGC	C		
		AUA	ACA	AAA		lysine	AGA	A			
		AUG	méthionine	ACG		AAG	lysine	AGG	arginine	G	
	G	GUU	valine	GCU	alanine	GAU	acide	GGU	glycine	U	
		GUC		GCC		GAC	aspartique	GGC		C	
		GUA		GCA		GAA	acide	GGA		A	
		GUG		GCG		GAG	glutamique	GGG		G	

Figure 1.1. Liste des acides aminés et des codons correspondants

On distingue 64 codons formés de trois nucléotides pour seulement 20 acides aminés. Par exemple, un seul codon représente la méthionine (AUG) et le tryptophane (UGG), tandis que la leucine est représentée par six codons synonymes (UUA, UUG, CUU, CUC, CUA, CUG). En raison de cette variance du nombre de codons pour chacun des acides aminés, le code génétique est « dégénéré ».

Les nucléotides peuvent former différents types de mots. Notamment, les *codons* sont des mots de trois lettres (ex. ATT, CGG, ATG, TAT) et les différents codons possibles permettent de différencier les *acides aminés*. Il existe vingt acides aminés distincts; un alphabet plus riche que celui des nucléotides – c'est le *code génétique* (Figure 1.1). Les mots formés par les acides aminés peuvent avoir une signification pour l'organisme. On parle alors de régions codantes de l'ADN ou plus communément de *gènes*. Néanmoins, une importante fraction de l'ADN – plus de

98% du génome chez l'humain¹ – est composée de régions non-codantes (« ADN poubelle ») et de pseudogènes (Castillo-Davis, 2005). Il est d'intérêt de noter que les régions non-codantes évoluent souvent plus rapidement que les gènes, car elles ne sont pas soumises aux mêmes pressions de sélection. À cet égard, j'utilise pour mes expérimentations chorégraphiques en solo les régions codantes de l'ADN, mais je préfère utiliser les régions non-codantes pour les expérimentations de groupe.

En plus de l'ADN nucléaire, celui qui se loge au sein du noyau sous forme de chromosomes, on retrouve chez tous les organismes eucaryotes² d'autres types d'ADN. Pour les besoins de ma thèse, il suffit de parler de l'ADN mitochondrial (ADNmt), une molécule circulaire qui se retrouve au cœur des mitochondries³. L'une des caractéristiques permettant de différencier les types d'ADN est leur mode de transmission. L'ADN nucléaire est transmis de génération en génération par le père et la mère selon les lois de l'hérédité⁴. De son côté, l'ADNmt n'est transmis chez les humains que par la mère. En raison de son hérédité dite *clonale*, on peut analyser l'ADNmt afin de retracer la généalogie matrilinéaire. J'ai spécifiquement recours à cette propriété pour simuler l'évolution de séquences chorégraphiques à l'aide d'un

¹ Les fonctions de ces régions non-codantes de l'ADN ne sont pas bien connues. Elles représentent des anciens gènes devenus obsolètes (« gènes fossiles ») ou des éléments transposables (transposons) de l'ADN (c.a.d., des sections de gènes qui se déplacent et se multiplient au sein du génome). De nombreuses théories pseudo-scientifiques ont tenté d'expliquer l'origine des régions non-codantes, la plus ésotérique étant sans doute celle des 12 strates de l'ADN. Selon Lee Carroll (le « canal » d'une entité appelée Kryeon), le décryptage de cet ADN révélerait les secrets de notre passé, de notre avenir et même l'existence de Dieu (Carroll, 2010).

² On divise le vivant en deux grands groupes, les procaryotes et les eucaryotes. Les procaryotes (du latin *pro*, « avant » et du grec *karyon*, « noyau ») sont des organismes unicellulaires dépourvus de noyau, tandis que les eucaryotes (du grec *eu*, « bon » et *karyon*, « noyau ») ont un véritable noyau. L'ADN des procaryotes est constitué d'une molécule circulaire qui n'est pas protégée par une membrane nucléaire. L'ADN des eucaryotes est condensé sous la forme de chromosomes logés au cœur du noyau et protégés par une membrane nucléaire.

³ Les mitochondries sont des organites cellulaires qui servent à la respiration cellulaire. Selon la théorie de l'endosymbiose (Sagan, 1967), ces mitochondries qu'on retrouve chez toutes les cellules eucaryotes proviendraient de l'endocytose de bactéries avec lesquelles elles auraient entretenu une relation symbiotique.

⁴ Les lois de l'hérédité qui définissent la manière dont les gènes sont transmis ont été découvertes par le moine autrichien Johann Gregor Mendel, grâce à des expériences de croisements sur les petits pois. Ses travaux, publiés en allemand en 1866, n'étaient pas connus de Darwin au moment de la publication de *L'Origine des espèces*.

algorithme génétique. De même, j'utilise l'ADNmt comme substrat chorégraphique pour la majorité de mes expérimentations.

1.3. L'évolution biologique

Au cours de l'évolution, les espèces animales et végétales – également les bactéries – se sont graduellement transformées en réponse aux pressions environnementales. Leur ADN s'est donc également transformé, multiplié et diversifié en de multiples variantes. Deux processus sont responsables de l'évolution de cette diversité biologique: la sélection naturelle et la variation.

1.3.1. La sélection naturelle

Le principe de la sélection naturelle, tel que proposé par Darwin dans *L'Origine des espèces* (1859), stipule que tous les individus d'une population n'ont pas la même chance de se reproduire et que tous n'ont pas la même probabilité de survie. Les plus aptes, ceux qui survivent, sont donc avantagés car ils ont plus de chance de transmettre leurs gènes aux générations suivantes. Il y a survie du plus apte parce que la nature sélectionne certains individus au détriment des autres – les plus rapides, les plus gros ou les plus colorés, ou dans d'autres conditions environnementales, les plus lents, les plus petits ou les plus ternes – ceux qui pourront fuir face à un prédateur⁵, ceux qui sauront se camoufler, ceux qui pourront riposter. Or, du point de vue de l'évolution biologique, rien ne sert de survivre si on ne peut se reproduire. En conséquence, ceux qui survivront *et* qui se reproduiront plus souvent que leurs congénères seront avantagés. Ainsi, au fil des générations, on observera un déclin des caractères phénotypiques moins « efficaces » au détriment de ceux qui

⁵ Richard Dawkins (1976) explique dans *The selfish gene* le concept de la survie du plus apte à l'aide d'une blague. Deux hommes croisent un ours dans la forêt. Le premier: « Vite, il faut s'enfuir pour ne pas être dévorés ». Le second: « Rien ne sert de courir, on ne pourra jamais être plus rapide qu'un ours ». Et le premier de rétorquer: « Je n'ai pas besoin d'être plus rapide que l'ours, j'ai besoin d'être plus rapide que toi! ».

confèrent un avantage sélectif. À long terme, certaines caractéristiques morphologiques, physiologiques ou comportementales sont donc appelées à disparaître tandis que d'autres seront fixées, c'est-à-dire, que tous les individus d'une population seront porteurs de ce caractère.

1.3.2. *Les sources de la variation biologique*

Le processus de reproduction et de survie différentielle représente une des forces évolutives majeures – la conséquence en est l'adaptation biologique (Lewontin, 1978). Mais pourquoi les individus d'une population n'ont-ils pas tous le même succès reproducteur et la même probabilité de survie ? Parce qu'ils sont différents, différents de leurs parents, mais également différents les uns des autres. Sans cette variation biologique individuelle, il ne pourrait y avoir de sélection différentielle – tous les individus seraient identiques. On distingue chez les organismes vivants deux sources principales de variations: la reproduction et les mutations.

1.3.2.1. La reproduction

La reproduction représente la plus importante source de variation au sein des populations. Chez les espèces à reproduction sexuée, les enfants ne sont jamais identiques à leurs parents car ils représentent un mélange aléatoire des gènes du père et de la mère. C'est au moment de la formation des gamètes mâles (les spermatozoïdes) et femelles (les ovules), lors de la *méiose*, que le bagage génétique d'un individu est divisé en deux pour ne léguer à sa progéniture qu'une moitié de son génome. La reproduction est donc un processus visant à assembler deux moitiés de génomes pour créer de nouveaux individus – des *zygotes* – qui diffèrent de leurs parents.

Qu'en est-il des espèces qui se reproduisent de manière asexuée ? Chez les bactéries, par exemple, la multiplication des cellules procède par division binaire

d'une cellule mère qui « donne naissance » à deux cellules filles. Dans ce type de reproduction clonale, le génome de la mère est en tout point identique à celui des cellules filles. La variation biologique des bactéries origine d'ailleurs: de la recombinaison génétique, mais également des mutations génétiques.

1.3.2.2. Les mutations génétiques

De tous les processus agissant au niveau du génome d'un organisme, la *mutation* est un facteur majeur de transformation. Sans mutations, l'évolution serait impossible. Notamment, les mutations permettent d'introduire de la variation au sein des populations, créant ainsi de nouvelles combinaisons génétiques que la reproduction ne pourrait engendrer seule.

Il est possible de classifier les mutations en différents types, en fonction de leur effet – positif ou négatif – sur l'organisme, de leur fonction, ou des changements structurels qu'elles causent au niveau des gènes ou des chromosomes⁶. Pour les besoins de ma thèse, je me limiterai aux mutations génétiques qui affectent directement les séquences de nucléotides.

La *substitution* est une mutation fréquente qui agit directement sur la séquence d'ADN en modifiant l'identité d'un (ou de plusieurs) nucléotide(s) de la séquence originale à la séquence mutante (Figure 1.2).



Figure 1.2. Exemple de substitution
Substitution d'un T par un G dans la séquence originale.

⁶ La sélection naturelle a pour rôle d'éliminer les *mutations négatives*, celles qui réduisent la survie et le potentiel reproductif d'un individu. Par opposition, les *mutations positives* – celles qui favorisent la survie et/ou la reproduction – sont transmises à travers les générations de telle sorte que leurs fréquences augmentent dans la population. Une *mutation neutre* en est une qui n'est pas affectée par la sélection naturelle.

Les *insertions* et les *délétions* (ou *indels*) sont des mutations équiprobables qui modifient la molécule d'ADN par le retrait ou l'ajout d'un (ou plusieurs) nucléotide(s) de la séquence originale à la séquence mutante (Figure 1.3).

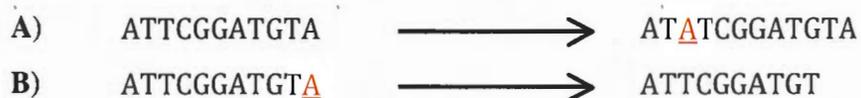


Figure 1.3. Exemples d'insertion et de délétion

A) Insertion d'un A dans la séquence originale; B) Délétion d'un A de la séquence originale.

L'*inversion* est un type de mutation qui consiste à remplacer une fraction de la séquence originale par son inverse dans la séquence mutante (Figure 1.4).



Figure 1.4. Exemple d'inversion

Inversion de ATTCG dans la séquence originale.

La *translocation* est une mutation qui excise une fraction de la séquence originale pour la replacer ailleurs dans la séquence mutante (Figure 1.5). Ce type de mutation représente en fait la combinaison simultanée d'une délétion et d'une insertion.



Figure 1.5. Exemple de translocation

Translocation de ATTC dans la séquence originale.

La *répétition* est une insertion multiple de certaines fractions de la séquence originale dans la séquence mutante (Figure 1.6). Le nombre de répétitions peut varier d'un gène à l'autre. On parle de répétition simple lorsqu'un seul nucléotide est répété, de répétition en tandem (la plus fréquente) lorsque deux nucléotides sont répétés, de répétition triple lorsque trois nucléotides successifs sont répétés, et ainsi de suite.



Figure 1.6. Exemple de répétition
Répétitions en tandem de AT dans la séquence originale.

La *duplication génique* est un phénomène mutationnel des plus intéressants qui consiste à dupliquer la totalité d'un gène pour en faire une copie jumelle de la première⁷. Les deux copies du même gène peuvent demeurer identiques suite à la duplication pour exprimer de façon conjointe la même protéine, ou alors suivre des lignées distinctes pour remplir de nouvelles fonctions moléculaires (Figure 1.7). La duplication répétée de la même séquence peut mener à une multiplication de gènes quasi-identiques exprimant des protéines apparentées (c'est le cas du gène de l'hémoglobine chez l'humain; Aguileta *et al.*, 2004).

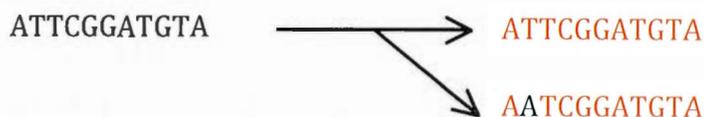


Figure 1.7. Exemple de duplication génique
Duplication génique, suivie d'une substitution d'un T par un A dans une des copies mutantes.

L'*extinction génique* est l'élimination d'un gène (ou d'une copie de gène) du bagage génétique d'un individu (Figure 1.8). Si le gène éliminé est en copie unique, cette mutation peut être létale ou entraîner une déficience génétique. Dans le cas de gènes en copies multiples (des gènes dupliqués), l'extinction génique réduit de façon proportionnelle le nombre de copies, sans effet notable sur la survie.



Figure 1.8. Exemple d'extinction génique
Extinction d'une des copies de la séquence dupliquée à la Figure 1.7.

⁷ Il ne faut pas confondre la duplication génique et la duplication chromosomique responsable de la trisomie.

La *recombinaison génique* est une mutation importante qui combine deux séquences entre elles en échangeant des fractions de gènes (Figure 1.9). Ce type de mutation correspond à deux translocations simultanées, lorsque les parties excisées ne sont pas déplacées à l'intérieur des séquences originales, mais plutôt insérées dans des séquences non-apparentées.

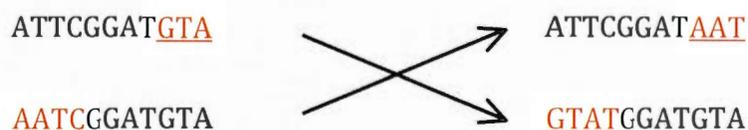
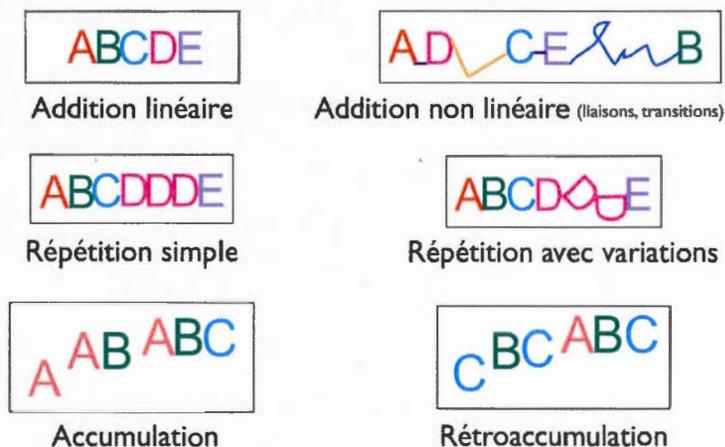


Figure 1.9. Exemple de recombinaison génique
Recombinaison des deux copies du gène dupliqué à la Figure 1.7.

1.4. Les mutations génétiques sont des opérateurs chorégraphiques

Les tenants et les aboutissants de ma thèse reposent sur une équivalence entre les mutations génétiques affectant les séquences de nucléotides et certains types d'opérations employées par le chorégraphe pour transformer une séquence de mouvements. Notamment, l'addition linéaire, l'addition non-linéaire et la répétition de mouvements sont des illustrations directes d'opérations chorégraphiques qui correspondent respectivement à l'insertion, la translocation et la répétition de nucléotides (Figure 1.10).

Plus particulièrement, je montre au Chapitre VI que plusieurs autres transformations chorégraphiques peuvent être simulés par ordinateur à l'aide d'un processus génétique. Or, bien que les mutations soient fréquentes en évolution, toutes ne sont pas transmises de génération en génération. De même, les chorégraphes n'utilisent pas tous les outils mis à leur disposition pour composer une partition chorégraphique.



*Figure 1.10. Exemples d'opérations chorégraphiques sur des séquences de mouvements
Tiré de la « boîte à outils chorégraphiques » de Martine Époque (avec la permission de l'auteur).*

Un des débats les plus importants en biologie moléculaire traite précisément de l'importance relative des différents types de mutations au sein du génome (Nei, 2005). Il est clair qu'une mutation qui affecte directement la survie d'un organisme – par exemple une mutation génétique létale – ne pourra pas se propager dans la population. La sélection agit dans ce sens comme facteur d'épuration des mutants les moins bien adaptés aux conditions de l'environnement (voire, les moins conformes à des critères esthétiques). L'un des objectifs de ma thèse est d'appliquer ces divers critères de sélection à des phrases chorégraphiques mutantes, tout comme le chorégraphe les appliquerait à des phrases gestuelles.

CHAPITRE II

ENTREZ DANS LA DANSE

« On peut supposer qu'à l'avenir, l'innovation dans la danse dépendra des rapports de cet art avec d'autres domaines comme la science et la technologie »

Frank Popper

Sommaire – Mon travail de recherche convoque les champs de la danse et de la biologie à des fins de composition chorégraphique. À cet égard, je m'inscris dans cette mouvance de la danse actuelle qui vise à redéfinir les rôles traditionnels du chorégraphe en déléguant à d'autres – les interprètes ou, dans mon cas, à un algorithme – certaines de ses fonctions; notamment, la génération du vocabulaire gestuel, l'écriture de la partition chorégraphique et/ou la mise en scène. Dans ce chapitre, je donne ma propre définition de la danse et des étapes de la création chorégraphique, pour m'attarder plus en profondeur sur l'étape de composition. Je cherche à établir une filiation entre la danse contemporaine, la performance et l'art corporel, situant ma recherche à l'interface de ces trois champs de pratiques artistiques traitant du corps en mouvement. Finalement, j'expose certaines des interactions de la danse avec la science et les nouvelles technologies, en notant les très rares hybridations avec la biologie de l'évolution – le champ d'expérimentation de ma thèse.

2.1. Tentative d'une définition de la danse

Ayant défini au chapitre précédent ce qu'est l'ADN, il me faudrait maintenant définir ce qu'est la danse – et ce qu'elle n'est pas – afin de pouvoir « faire danser l'ADN ». *Le Larousse*, comme d'autres dictionnaires, donne une définition générique de la danse: art de s'exprimer en interprétant des compositions chorégraphiques. Il faudrait dès lors faire une distinction entre la danse populaire et la danse dite savante – celle qui nous concerne ici –, une danse qui n'est pas une activité corporelle rythmée qui se déroule dans l'espace et le temps, mais qui est aussi un langage. Et en danse savante, il y a autant de styles et de philosophies que de chorégraphes. L'exercice définitoire se traduit alors en une vision très personnelle, teintée de références culturelles et historiques.

Si tous ne s'entendent pas sur les paramètres délimitant la danse, il est néanmoins plus facile de distinguer la danse classique (le ballet) de la danse moderne et de la danse contemporaine. Ici encore, un exposé chronologique pourrait certes éclairer mon argumentation, mais je ne voudrais pas répéter (lire: recopier) ce qu'on trouve déjà dans des centaines d'ouvrages sur la question¹. Je pourrais résumer l'histoire en évoquant le nom de quelques figures emblématiques – Vaslav Nijinsky, Isadora Duncan, Martha Graham, Merce Cunningham – en insistant sur quelques moments forts de l'histoire de la danse – le *Sacre du Printemps*, le Judson Dance Theater – voire en expliquant le passage de la modernité à la postmodernité; rien de cela ne saurait circonscrire la danse à une définition universelle.

Face à cette impasse définitoire, un choix s'impose: soit proposer ma propre définition, soit adopter la définition de quelqu'un d'autre. Pour les besoins de ma thèse, j'ai choisi d'adhérer à une définition proposée, non par un chorégraphe, mais par des enseignants de la danse; une définition du *verbe* « danser » qui s'affranchit

¹ La lecture du premier chapitre du livre *Danse contemporaine et théâtralité* de Michèle Febvre (1995) présente un très bon parcours historique de la danse contemporaine et postmoderne.

des considérations historiques, une définition qui s'applique tout autant au ballet, à la danse moderne, à la danse contemporaine, qu'au baladi, au flamenco ou au hip-hop :

Danser, c'est organiser intentionnellement des formes corporelles pour créer un impact impressif chez autrui; c'est reproduire ou créer des mouvements, seul ou à plusieurs, pour ressentir le plaisir des corps qui s'animent et pour communiquer et provoquer à travers les formes perçues, des réactions affectives chez des spectateurs. (Delga *et al.*, 1990, p. 54).

Toute danse existe donc avant tout pour être vue et appréciée – par des spectateurs – et ce par l'entremise d'un langage gestuel. Ce langage est caractérisé par un ensemble de mouvements corporels qui, lorsqu'ils sont combinés forment ce qu'on nomme une *chorégraphie*. On peut dire de la danse qu'elle est une *morphocinèse*, c'est à dire « une motricité dont la finalité est dans la production de formes, appréciées en elle-même et pour elles-mêmes, qui président aux relations de l'individu avec son milieu social, à des fins artistiques » (Serres, 1976). Or, la danse est aussi une *sémiocinèse* puisque le mouvement est chargé de sens. Elle n'est donc pas seulement une activité de production de formes corporelles, mais également et surtout une activité de création et de communication de sens (et d'émotions). Dans *La signature de la danse contemporaine*, Sylvie Crémézi affirme que « l'histoire de la danse et de l'art en général, semble avoir débouché, en cette fin de siècle, sur une interrogation sémiologique » (Crémézi, 1997, p. 9). C'est précisément cette notion de sens qui distingue la danse dite contemporaine de la danse classique. Tandis que le ballet se concentrait à raconter une histoire, la danse contemporaine privilégie notamment « le remplacement de toute histoire ou narration par un 'gestus' comme logique des postures et positions » (Deleuze, 1992, p. 83). Pour ce faire, « les chorégraphes [actuels] ne travaillent pas à la forme à partir d'un axe narratif, mais plutôt sur un imaginaire » (Crémézi, 1997, p. 41). Ainsi, « l'abandon de la narration dansée [au profit de la recherche de forme] a laissé une place prépondérante au corps du danseur dans sa naturalité » (Boisseau et Gattinoni, 2011, p. 88). Le sens naît du corps dansant.

Si l'évolution est impossible sans mutations, la danse est impossible sans mouvements. Or la danse n'est pas une simple juxtaposition ou succession de mouvements, mais un enchaînement logique de mouvements dansés, donc signifiants. Le but de la danse est de produire une œuvre qui aura un effet affectif sur le spectateur (ou à tout le moins de communiquer avec lui). Pour ce faire, toute danse repose sur une relation à trois entre le créateur, le danseur et le spectateur. Le créateur, ou chorégraphe, a pour rôle de générer un langage gestuel (un vocabulaire), de composer des suites de mouvements (des phrases) et de mettre en scène sa création. Le danseur doit transmettre l'idée chorégraphique et réaliser les formes corporelles (exécution) pour communiquer une émotion (interprétation) en situation de représentation. Le spectateur, quant à lui, doit pouvoir lire (de manière objective) et éprouver (de façon subjective) la chorégraphie. Puisque mon travail de doctorat porte plus spécifiquement sur le processus de création chorégraphique, il est ici pertinent de mieux définir les diverses fonctions dudit chorégraphe. J'aborderai dans d'autres chapitres la question de l'interprétation par les danseurs et de la réception par les spectateurs.

2.1.1. Le chorégraphe et ses multiples incarnations

Le dictionnaire *Larousse* donne deux définitions du mot chorégraphe: (1) celui qui transcrivait des danses et des ballets à l'aide de signes conventionnels (on dit aujourd'hui notateur); (2) artiste qui compose des danses et des ballets [et qui veille à leur exécution]. Le chorégraphe est donc l'élément principal de toute création chorégraphique destinée à être présentée à un public². Pour Mathilde Monnier, « c'est une personne qui, avec le langage de la danse, construit un spectacle autour d'une

² Audrey Bottineau (2009) souligne également la fonction de gestionnaire du chorégraphe contemporain qui s'organise « autour de deux types d'activités: élaborer un projet artistique et gérer une compagnie, le chorégraphe se faisant alors vendeur, chef de projet et créateur ». Je ne traiterai pas ici de cet aspect du travail hors de la sphère artistique, même s'il occupe une large fraction de l'emploi du temps du chorégraphe.

idée ou à partir d'un mouvement [...] ce qui est important, c'est ce que l'on veut dire avec un corps ». Pour Sidonie Rochon, « il y a 'chorégraphie' dès qu'il y a écriture d'un corps dans l'espace, quoi que fasse ce corps, et même un objet ». Conséquemment, l'un des multiples rôles du chorégraphe est d'inscrire ce corps dans l'espace: « en fait dès qu'il y a écriture dans l'espace, on peut dire qu'il y a chorégraphie, un corps c'est évident » (Rochon, citée dans Roux, 1997, p. 112).

Traditionnellement, il appartient au chorégraphe de composer une danse qui intègre les différents facteurs du mouvement – l'espace, le temps et l'énergie – pour donner du sens à son œuvre. Cette activité artistique repose sur la création d'un vocabulaire gestuel, la composition chorégraphique en elle-même et la scénographie. Cependant, l'apparition de nouvelles techniques de composition a révolutionné le rôle du chorégraphe, de l'époque classique à l'époque moderne. Aujourd'hui, la création du vocabulaire est de plus en plus reléguée au danseur, un « performer » qui doit savoir créer du « matériel chorégraphique », dans n'importe quelle situation ou n'importe quel environnement. Les chorégraphes sont unanimes sur un point: « l'élaboration de la chorégraphie s'appuie en grande partie sur le travail avec les danseurs » (Crémézi, 1997, p. 62). L'hégémonie du chorégraphe est sans cesse remise en question dans cet aller-retour avec les interprètes devenus co-créateurs de l'œuvre chorégraphique. Notamment, la danse contemporaine a mis en évidence cette notion d'improvisation, qui s'oppose à la reproduction fidèle de mouvements appris, l'idée étant ici de créer sur le champ un langage gestuel signifiant. Le rôle du chorégraphe se limite alors souvent à celui de compositeur ou de metteur en scène, tandis que le danseur est responsable de la génération du vocabulaire, de l'exécution et de l'interprétation de la chorégraphie.

Quel est le véritable auteur d'une chorégraphie ? La question de paternité – ou d'autorité – d'une œuvre chorégraphique remonte à la danse classique, où la seule

trace écrite du ballet était le livret³. Comme le précise Arthur Pougin dans son *Dictionnaire historique et pittoresque du théâtre et des arts qui s'y rattachent*, « [...] pour un ballet on nomme généralement deux auteurs, dont l'un est celui du scénario, et l'autre, – le maître de ballet, – celui de la chorégraphie » (Pougin, 1885, article « chorégraphie »). Dans les faits, « [...] en l'absence d'un système universel de notation chorégraphique, le livret était la seule trace durable d'un ballet – abstraction faite de la partition musicale –, l'unique garantie de survie pour une œuvre par définition éphémère » (Laplace-Claverie, 2001, p. 305). Jacques Rivière en 1913 posait déjà la question à propos du *Sacre du Printemps*: « Qui à fait ça ? Nijinski, Stravinsky ou Roerich ? » Le chorégraphe, le compositeur, ou le décorateur ? Est-ce plutôt « l'entité collégiale qui présidait dorénavant aux destinées de tout projet chorégraphique » (Laplace-Claverie, 2001, p. 311). Il en a fallu des batailles juridiques pour que les droits d'auteur des chorégraphes soient enfin reconnus (Dumas-Parmentier, 1953) et que les pleins pouvoirs lui soient accordés. Tel que le précisent Boisseau et Gattinoni (2011), « au XXe siècle on assiste à l'émergence de créateurs pluridisciplinaires dont les atouts multiples, cultivés aussi bien dans les studios de danse que dans les écoles d'art, leur permettent d'envisager le spectacle dans tous ses paramètres scéniques » (p. 48). Ce chorégraphe « chef d'orchestre » se fait néanmoins de plus en plus rare. Depuis Cunningham qui délégait à ses collaborateurs le rôle de composer la musique et d'élaborer le décor, il est aujourd'hui impossible pour un chorégraphe intéressé par les technologies numériques (voir plus bas) de maîtriser tous les aspects de la création; ingénieurs, informaticiens, vidéastes, webmestres, sont devenus des co-créateurs sans qui l'œuvre n'existerait pas. Le véritable travail du chorégraphe contemporain est donc un travail d'écriture et de composition, un « processus unificateur, qui vise à relier le tout aux parties et donc à créer la vitalité esthétique de l'œuvre » (Crémézi, 1997, p. 78).

³ En danse contemporaine, c'est « le programme distribué lors de la représentation de l'œuvre chorégraphique [qui] semble remplir la fonction de 'l'argument' du ballet classique qui recoupait en partie la notion de thématique, ou le livret » (Crémézi, 1997, p. 74).

2.1.2 L'écriture chorégraphique et la partition

Chaque chorégraphe – chaque écrivain, chaque compositeur – possède sa propre technique d'écriture. En dépit des nombreux manuels (Bloom et Chaplin, 1982; Humphrey, 1959; Robinson, 1981; Waehner, 1993) destinés aux chorégraphes-en-devenir, il n'existe pas de méthode universelle de composition chorégraphique. Comme pour tout exercice d'écriture, le style du chorégraphe s'exprime dans son travail de composition. L'écriture chorégraphique a souvent recours à des partitions, qui sont autant de représentations graphiques de la danse⁴. « Les partitions libèrent le sujet créateur car elles ne cherchent ni à catégoriser, ni à organiser, mais à rendre le processus lisible » (Loupe, 2007, p. 26). Elles peuvent se présenter sous forme de notations, de dessins, de photos, de traductions numériques de la danse⁵. Elles représentent une suite de gestes, de mouvements et de phrases chorégraphiques. Elles indiquent, selon le cas, la direction, la durée, la hauteur, la force et le poids de chacune des parties du corps impliquées dans le mouvement, de même que la position relative des interprètes, les interactions et les déplacements dans l'espace.

Une partition, selon la définition de Nelson Goodman (1968/1990), c'est l'objet qui garantit l'identité d'une œuvre au-delà des interprétations. Dans *Langages de l'art*, il développe une théorie axiomatique de la partition. Une partition est avant tout un code. Le système de codification proposé par Goodman « repose fondamentalement sur la notion de concordance, c'est-à-dire sur la corrélation entre un schéma symbolique utilisé comme notation et un domaine de référence » (Peccatte, 2010). Pour lui, toute notation doit observer cinq réquisits essentiels, deux syntaxiques et trois sémantiques. Notamment, le réquisit de *disjointure* (Goodman, 1968/1990, p. 187) stipule qu'aucun couple de caractères n'a quelque concordant que

⁴ Pour Lawrence Halprin, les partitions sont retrouvées dans « tous les champs des activités humaines. Même une liste d'achats ou un calendrier, par exemple, sont des partitions » (cité dans Loupe, 2007, p. 23-24).

⁵ Ann Hutchinson-Guest (1984) recense dans son livre *Dance Notation* plus de 80 systèmes de notations.

ce soit en commun; de sorte que, non seulement deux classes-de-concordances différentes, quelles qu'elles soient, doivent, dans un système notationnel, être disjointes, mais deux caractères, quels qu'ils soient, doivent avoir des classes-de-concordances différentes. Ce concept mathématique de relation biunivoque (ou bijection) est respecté par une partition si et seulement si tout élément de son ensemble d'arrivée (par exemple, les gestes d'une chorégraphie) a un et un seul antécédent, c'est-à-dire est l'image d'exactly un élément de son ensemble de départ (l'ensemble des codes associés aux gestes). Un code pour chaque geste, un geste pour chaque code.

Les systèmes de notation chorégraphique inventés par Rudolf Benesh et Rudolf Laban sont des codes dans le sens goodmanien. Ils servent à écrire et à retranscrire la danse pour en assurer la pérennité. Mais qui peut bien comprendre et vouloir utiliser de tels « systèmes de notation traditionnels de la danse lesquels, nécessitant plusieurs années de formation, imposent l'intervention de spécialistes et ne peuvent être considérés comme 'universels' » (Poulin, 1995, p. 158). La notation de la danse « trahit quelque chose de l'émotion et de l'urgence du moment présent, [...] aucun signe ne peut le restituer, aucun signe n'a même le droit de l'inscrire comme événement définitif dans les annales du temps humain » (Louppe, 1991, p. 6). Le chorégraphe contemporain utilise des systèmes non-notationnels, des « partitions ouvertes » (*sensu* Myriam Gourfink) qui « invitent l'inattendu » (Halprin, 2010, p. 32). Bien rares (en existe-t-il seulement) sont les chorégraphes qui composent en utilisant la notation Laban (*Labanotation* en anglais) ou la choréologie de Benesh. Cette notation (anciennement « chorégraphie ») qui assurait historiquement la pérennité de l'œuvre est maintenant remplacée par la trace numérique de l'œuvre.

De nos jours, « le chorégraphe contemporain ne travaille pas [ou plus] à partir d'un code de gestes, mais 'intuitivement' selon une 'logique motrice'. Il est davantage question pour lui de trouver la séquence 'juste' en étant à l'écoute

intuitivement de la logique du mouvement et des circuits d'énergie déclenchés » (Crémézi, 1997, p. 31). Cette notion de *séquence* est cruciale à la réalisation de ma thèse. La séquence moléculaire comme partition chorégraphique.

2.2. Danse et performance: vers une évolution des pratiques

S'il n'est pas facile de définir la danse contemporaine, la performance au sens d'*action artistique* se trouve elle aussi confrontée à une multitude de définitions. Pour Chantal Pontbriand, « il s'agit d'un phénomène [plutôt que d'un genre] différent [...], caractérisé par la multiplicité des tendances et des formes » (Pontbriand, 1998, p. 19): « action unique pour les uns, action qui peut se réitérer pour les autres, participation obligatoire ou non du public, action improvisée ou qui peut supposer des longues répétitions » (Roux, 1997, p. 16-17). Dans *La condition de performance*, Glenda León présente les traits généraux de ce type de pratique caractérisée notamment par la présence physique du créateur/récepteur (manifesté par un comportement, une action); l'élargissement du champ d'action et d'efficacité (en ayant recours à d'autres langages artistiques que celui de l'artiste); l'appel à la sensorialité du spectateur (à l'aide de messages tactiles, olfactifs, acoustiques, ou cinétiques); l'importance accordée au processus, au déroulement de l'œuvre (beaucoup plus qu'au résultat); une reformulation de la temporalité (le temps de la répétition, de la circularité) (León, 2001/2010, pp. 45-48). De façon plus claire on peut donc définir la performance:

[...] comme une action singulière opérée devant un public restreint ou enregistrée pour diffusion ultérieure. Elle est liée à un caractère exceptionnel, parfois dangereux, souvent rattachée à un contexte spatio-temporel défini, mais le plus souvent différent des lieux de spectacle [...] On l'a rapprochée du happening [...], l'imaginant sans public ni lien direct à la culture. [...] Liée au mouvement de l'art corporel [...], elle suppose une mise en danger du corps de l'artiste (Boisseau et Gattinoni, 2011, p. 55)

La dissection de cette définition révèle plusieurs critères pouvant servir à circonscrire le champ de la performance, mais également de le confronter au champ de la danse.

Tout d'abord, la notion d'action singulière. Qu'est-ce qui distingue l'action singulière de la performance du simple geste quotidien ? L'intention artistique, voire la démarche, le discours, le commentaire sur le corps, la société, etc⁶. « Il importe de rappeler la nécessité du critère artistique, faute de quoi nous sombrons dans la médiocrité du sensationnel ou, face à certaines provocations, dans l'effroi traumatique » (Sag, 2009, p. 207). Or, la danse contemporaine fait grande utilisation de l'action singulière – du quotidien – dans son vocabulaire. Comme le précise Merce Cunningham, « le geste de la danse va du geste du quotidien à la virtuosité. Il ne faut se priver de rien. Chaque danse n'utilise pas tout le registre, mais le registre est celui-là » (Cunningham, cité dans Crémézi, 1997, p. 22). Dans les faits, le « geste » de la performance n'est pas très différent du « geste » de la danse (et de la non-danse). Qu'en est-il alors du contexte spatio-temporel ? C'est ce qui définit plus souvent qu'autrement l'espace de la performance, surtout lorsque celle-ci sort des lieux de diffusion traditionnels (les musées, les galeries, les salles de spectacles) pour investir ceux de la vie quotidienne (la rue, le métro, le cabinet du médecin, le laboratoire). Et pourtant, la danse *in situ* n'exclut aucun lieu de représentation⁷. Même le rapport au spectateur, « un des thèmes à revenir d'une façon obsessionnelle » (Pontbriand, 1998, p. 33), et la participation de public, si cruciale à la réalisation de certaines

⁶ Le défaut d'intention est précisément ce qui nous permet d'exclure certaines actions singulières du champ de la performance. Prenons l'exemple d'un concours où les participants doivent engloutir le plus grand nombre de hot-dogs en 10 minutes (le record de 62 est détenu par l'américain Joey « Jaws » Chestnut, tandis que la meilleure femme, Sonya Thomas, a réussi en 2011 à engloutir 40 « chiens chauds »). Il s'agit bel et bien d'une action singulière présentée devant un public dans un contexte spatio-temporel particulier et mettant le corps du participant en danger (en 2002, un étudiant de 14 ans est mort étouffé en tentant d'imiter cette compétition; en 2007, l'ancien recordman du monde, le japonais Takeru Kobayashi a pris sa retraite, pour cause d'arthrite de la mâchoire). Or, il ne s'agit pas d'une « performance artistique » parce que le commentaire soulevé par ce concours n'est pas du champ de l'art (à moins qu'un artiste y participe pour dénoncer la faim dans le monde).

⁷ Citons la compagnie Sens Production de la chorégraphe Noémie Lafrance qui a présenté notamment ses pièces dans un parking souterrain (*Noir*), une piscine désaffectée (*Agora*) et les escaliers d'un édifice historique de New York (*Descent*). Il n'est pas anodin de noter au passage que le site web de la compagnie utilise le terme « performances » pour parler des différentes œuvres *in situ* produites à ce jour.

performances, le sont tout autant en danse contemporaine⁸. Reste alors la notion de *mise en danger*, caractéristique définitoire de plusieurs performances extrêmes (Jones, 2004), sans être essentielle par ailleurs. Là encore, la danse contemporaine fait usage du même procédé en repoussant les limites du corps des interprètes⁹.

À bien des égards, il semble impossible de tenter de séparer la performance de la danse (ou du théâtre¹⁰) et « rediscuter les termes de 'performance' et de 'danse' est nécessaire pour entrevoir l'élaboration d'une possible grille de lecture des projets chorégraphiques performatifs » (Roux, 1997, p. 11). Pour ma part, je questionne le principe et la finalité d'une telle distinction. Même si la grande majorité des œuvres chorégraphiques actuelles n'ont rien à voir avec la performance et que plusieurs performances ne relèvent pas de la danse, ces deux champs de pratiques artistiques se chevauchent au sein d'une zone d'hybridité formelle et sémantique. S'il existe encore une distinction (très mince) à faire, c'est au sujet des thèmes abordés par la performance, sur son discours politique et les préoccupations sociales qui l'animent. Même si le commentaire sociopolitique n'est plus exclusif à la performance¹¹, il demeure une condition *suffisante* à « l'attitude performative » de Richard Martel (2002), la seule condition *nécessaire* étant « toujours [cet] élément irréductible, l'idée de la présence du Corps » (Zumthor, 1990, p. 41-42), manifestée par « la présence physique du *performer* » (Sag, 2009, p. 199). Parce qu'on parle bien de « performeur » ici, pas d'interprète. « L'attitude performative défigure l'archétype du chorégraphe » (Roux, 1997, p. 111). Il n'est plus nécessaire, plus utile, plus désirable.

⁸ Le concept de « public » est crucial car une action singulière sans public n'est pas une performance, à moins qu'elle ne soit enregistrée pour être diffusée ultérieurement devant un public. Cette trace numérique (photos, vidéos) est d'ailleurs la seule mémoire de la performance qui s'exprime souvent dans l'espace de l'éphémère, de l'évanescent.

⁹ Par exemple, un danseur qui se mutile avec des tessons de bouteille dans *Sonic Boom* (2003) du chorégraphe Wim Vandekeybus (Boisseau et Gattinoni, 2011, p. 62).

¹⁰ Il n'est pas plus facile de séparer danse et théâtre qui s'hybrident en plusieurs formes allant de la danse théâtre (Tanztheater) au théâtre physique.

¹¹ À titre d'exemple, *Can we talk about this?*, la récente production (2011) de la compagnie DV8 Physical Theater, traite de l'intégrisme religieux dans le contexte du multiculturalisme anglais.

Comme on le verra plus loin, ma pratique prend vie au sein de ce mince interstice séparant la danse et la performance. La choréogénétique repose sur des actions singulières (la répétition des quatre mêmes mouvements) présentées dans des lieux non-traditionnels (un ascenseur) devant un public restreint (voire un seul spectateur à la fois) qui doit participer à l'œuvre (en lisant la partition). On y traite de la biotechnologie (commentaire sociopolitique) et de son utilisation à des fins artistiques. Par son discours explicite sur le corps humain – et sa composition génétique – mon travail appartient également (ou plutôt) à l'art corporel.

2.3. Performance et body art: confusion des genres ?

En marge de la performance, « s'il est une pratique artistique [...] qui avait toutes les chances d'influencer les danseurs contemporains, c'est bien le 'body art' [...]. Partageant le même matériau de base, à savoir le corps, les deux disciplines cherchent leur mode spécifique de monstration » (Boisseau et Gattinoni, 2011, p. 90). Le body art (ou art corporel) est obligatoirement assujéti à des questions *explicites* sur le corps, ce que la danse et la performance touchent de manières plus ou moins *implicites*. L'art corporel est un sous-genre de l'art de performance (et du bio art, voir Lapointe 2011), c'est-à-dire, un art fait *sur* le corps, *avec* le corps, ou à *propos* du corps humain. Il s'agit pour ces artistes d'explorer « la source matérielle première, leur propre corps » (Nemser, 1971 citée dans Donguy, 2001, p. 127), ou encore celui des autres à des fins artistiques. Souvent de nature provocante, cette forme d'art soulève des questions d'identité sexuelle, de l'objectification et la commercialisation du corps dans notre société, de l'image corporelle véhiculée par les médias, etc. « L'art corporel agit essentiellement en trois dimensions bien distinctes: la dénonciation par le corps de phénomènes intolérables, de tares sociales ou de règles morales désuètes [...], l'affirmation de l'existence du corps [...], la démonstration des relations entre le corps et l'esprit, leur interdépendance [...] » (Pluchart, 1971, p. 6-7). Cette forme d'art a « pour dénominateur commun de mettre en évidence ce que le

corps cache, de révéler le corps dans son fonctionnement, de dépasser les contraintes rattachées au biologique, aux lois physiques et à ce qui est inné » (Morosoli, 2007, p. 71). En travaillant le matériau du vivant, l'artiste exprime le temps biologique, l'évolution du corps humain, tant dans une perspective ontogénétique que phylogénétique. Ce corps, pierre angulaire du body art, s'exprime à la fois comme « modèle réduit de l'humanité », mais également comme « métaphore du corps sociopolitique » (Gómez-Peña, 2004, p. 78).

Ici, je m'interroge sur les liens entre l'art corporel et toute autre pratique performative impliquant le corps. Si l'on veut distinguer l'art corporel de la danse et de la performance, il incombe de démontrer en quoi ces pratiques diffèrent quant à leurs modes de « monstration ». Ces trois champs disciplinaires partagent le même objet sans toutefois utiliser les mêmes modalités de représentation. Pour l'art corporel, « plus question de beau mouvement mais d'une expérience [qui] met en scène des corps extrêmes » (Boisseau et Gattinoni, 2011, p. 58); des corps triturés, torturés, maltraités, coupés, découpés. L'artiste est mis en danger dans le cadre de performances autobiographiques. Le corps est non seulement l'objet artistique, il est surtout le sujet de la pratique artistique. Objet et sujet ne font plus qu'un. Le corps biologique – ensemble d'organes, tissus et cellules – se décompose et se recompose sous les yeux des spectateurs, témoins passifs (ou actifs) de la performance. Le « corps est obsolète » disait Stelarc. Il faut se libérer de notre « destin génétique » prônait Orlan. Les progrès de la science moderne offrent aujourd'hui la chance de dépasser les limites corporelles de notre existence. Du *body art* aux *body parts*, il n'y a qu'un pas.

2.4. La science, la technologie et la danse

La danse, la performance et l'art corporel – comme toutes les disciplines artistiques contemporaines – ne sont pas étanches aux développements scientifiques et aux nouvelles technologies¹². Des neurosciences à l'intelligence artificielle, en passant par la physique quantique et la génomique, les exemples d'application de la science à la création chorégraphique sont innombrables¹³. Ces « nouvelles technologies » dont on parle tant sont avant tout des technologies numériques, des senseurs, des capteurs et autres interfaces homme-machine (Poissant, 2003; Zeitoun, 2010). Elles sont utilisées, soit « pour la production de l'œuvre en aval de sa présentation » soit encore « intégrées à l'œuvre comme composante active lors de sa présentation publique » (Poulin, 2012). Notamment, la technologie vidéo fait désormais partie de la boîte à outils du chorégraphe contemporain qui ne se prive pas de l'utiliser – voire de la surutiliser – à toutes les sauces (Davidson, 2008; Huesca, 2007; Jaffré, 2007). Cunningham fut un pionnier dans ce domaine, mais de nombreux chorégraphes ont depuis suivi la mode. Une autre tendance consiste à utiliser l'ordinateur comme moyen de composition (Herbison-Evans, 1988; Herbison-Evans

¹² Il existe tellement d'ouvrages sur l'art, la science, la technologie et les nouveaux médias qu'il serait futile de les recenser tous ici. Le lecteur curieux est invité à consulter les livres et actes de colloques suivants: *Science and technology in the arts: a tour through the realm of science/art* (Kranz, 1974); *Arts et multimédia; l'œuvre d'art et sa reproduction à l'ère des médias interactifs* (Chateau et Darras, 1989); *Arts et technologies: nouvelles approches de la création artistique* (Époque, 1995); *L'art et le numérique* (Balpe, 2000); *Information arts: intersection of art, science, and technology* (Wilson, 2002); *L'art numérique: comment la technologie vient au monde de l'art* (Couchot, 2003); *Arts et nouvelles technologies: art vidéo, art numérique* (de Méredieu, 2003); *L'art numérique* (Paul, 2004); *Les nouveaux médias dans l'art* (Rush, 2005); *La création artistique face aux nouvelles technologies* (Jimenez, 2006); *Arts et nouvelles technologies* (Lachaud et Lussac, 2007); *Performance, technology and science* (Birringer, 2008); *Art + science* (Wilson, 2010).

¹³ Déjà en 1960, Loïe Fuller crée la danse du radium; « fée électricité à sa façon, elle s'intéresse aux nouveaux matériaux découverts par la science physique » (Boisseau et Gattinoni, 2011, p. 7). Plus récemment, Thierry Giannarelli, neurobiologiste de formation, intègre les concepts de la proprioception dans ses créations; Isabelle Choinière cherche à hybrider la danse et les arts électroniques; François Veyrunes s'intéresse à la notion d'entropie chorégraphique; Kitsou Dubois cherche des états de danse encore non défrichés en travaillant dans l'apesanteur; Annick Charlot collabore avec le physicien Daniel Guimet pour aborder la capacité de résistance du corps humain; Mark Baldwin compose une chorégraphie en hommage à Einstein pour le centenaire de la théorie de la relativité et la Compagnie Scalène interroge le champ scientifique à l'aune du mouvement dansé.

et Politis, 1988). Plusieurs (Cunningham encore) ont développé leur propre logiciel de composition et de notation chorégraphique¹⁴. Certaines de ces approches ont pour effet de libérer le chorégraphe de ses choix subjectifs en faisant appel à des processus de composition aléatoire. Dans d'autres cas, il s'agit plutôt d'explorer un univers de mouvements virtuels que le corps humain ne pourrait exécuter. Certains encore emploient l'infographie en temps réel pour informer le danseur des consignes à suivre (Fontaine, 2007). Quoi qu'il en soit, la science et la technologie¹⁵ doivent être acceptées comme des composantes importantes de la création en danse contemporaine (voir Corin, 2006).

Étrangement, même si la danse est un art du corps et que la biologie est la science qui étudie ce corps, son ontogenèse et sa phylogenèse, il n'existe que peu d'hybridations concrètes entre la danse et la biologie de l'évolution¹⁶. De surcroît, on ne retrouve que deux projets chorégraphiques actuels à s'être inspirés de la structure de l'ADN à des fins de création. Le premier (*SPR Synthesis Project*) est le fruit d'une collaboration entre un chorégraphe, un artiste en art visuel et un biologiste moléculaire en l'honneur de Watson et Crick (Sinsheimer *et al.*, 2003). Le second (*Dancing Nature's Art*), fait suite à un long de travail de création avec des danseurs de bharata natyam, un type de danse traditionnelle indienne (Srinivasan et Saigal, 2004). Dans les deux cas, l'objectif était d'utiliser l'ADN pour transcender le mouvement des interprètes. Cependant, aucun chorégraphe n'a poussé plus loin le processus en intégrant les mécanismes de transformation et d'évolution de la molécule d'ADN dans un *processus* de création. La biotechnologie est-elle le dernier rempart de la création chorégraphique? C'est le défi que relève cette thèse.

¹⁴ Ce que Martine Époque et Denis Poulin appelle l'*infontation* (voir Poulin, 1995, p. 158).

¹⁵ The Dance & Technology Zone (<http://www.dance-tech.net/>) est un site web qui liste toute les compagnies de danse qui utilisent les technologies et les nouveaux médias, ou encore les ressources pour intégrer ces technologies à la création.

¹⁶ La compagnie Michel Hallet Eghayan travaille autour du thème des origines de l'homme pour la pièce *En attendant l'autre*, Liz Lerman Dance Exchanges s'interroge sur les limites de la génomique dans *Ferocious beauty: Genome*, tandis que *The comedy of changes* de Mark Baldwin rend hommage à Darwin pour le 150e anniversaire de *l'Origine des espèces* (Clayton, 2009).

CHAPITRE III

PROBLÉMATIQUE

*« Pour un poète, c'est exactement le même gaspillage
de faire ce qui a déjà été fait, que pour un biologiste
de refaire les découvertes de Mendel »*

T. S. Eliot

Sommaire – À l'interface de l'art et de la science, mon projet de thèse s'inscrit également à l'interface de deux paradigmes de recherche. Ici, je présente l'approche scientifique à la base de ma démarche artistique. J'énonce l'hypothèse que mon travail vise à tester par l'entremise d'une approche expérimentale. Je discute des problèmes de la méthode hypothético-déductive en regard du paradigme de recherche qualitatif des arts. Je propose de situer ma pratique à l'intérieur d'un cadre exploratoire reposant sur un aller-retour entre l'hypothèse et l'expérimentation. Ce chapitre se termine par une discussion des limites de l'approche adoptée.

3.1. Mon hypothèse de recherche

L'ensemble de ma thèse repose sur le postulat qu'il est possible d'évacuer le chorégraphe du processus de composition et sur une définition toute simple, définition qui fait office d'hypothèse et de prédiction à la fois:

**** le chorégraphe est un mutagène sélectif ****

Si cette hypothèse de recherche est valide, on peut remplacer le chorégraphe par un algorithme génétique qui fait office de mutagène sélectif en transformant et sélectionnant certaines séquences de mouvements. De même, on peut aussi le remplacer par une molécule d'ADN, le résultat de millions d'années d'évolution, le produit de mutations génétiques et de la sélection naturelle. Cette étude va tenter de démontrer que les opérateurs chorégraphiques employés subjectivement par certains artistes sont équivalents aux mutations génétiques de l'ADN. En d'autres mots, je postule qu'il est possible d'obtenir des chorégraphies objectives en utilisant des critères de composition s'inspirant de la sélection naturelle.

Dans le cadre de mon projet de recherche doctorale, j'applique les méthodes et les concepts de la biologie moléculaire et de la bioinformatique afin de simuler le processus de création chorégraphique, *in silico*, *in vivo* ou *in vitro*¹. En substituant les nucléotides et les gènes se trouvant sur les chromosomes par des mouvements et des phrases chorégraphiques, la danse de l'ADN peut se traduire par une chorégraphie déterminée quasi-exclusivement par des processus aléatoires et/ou stochastiques, sans intervention directe du chorégraphe; une partition chorégraphique générée – effectivement ou virtuellement – par la sélection naturelle. Le chorégraphe est-il indispensable à la création chorégraphique ? C'est la question que se posait Merce Cunningham (cité dans Copeland, 2004). C'est ce que l'hypothèse du mutagène sélectif vise à tester expérimentalement.

¹ Je reprends ici le titre d'un chapitre de livre rédigé en collaboration avec ma directrice de thèse Martine Époque (Lapointe et Époque, 2011). Ce texte au titre provocateur évoque *la mort du chorégraphe* et son remplacement par un mutagène sélectif.

3.2. De l'approche hypothético-déductive et de ses limites en art

De nombreux épistémologues ont caractérisé la science par son approche hypothético-déductive, reléguant au second plan la pensée inductive (Hutcheon, 1995). D'une manière générale, la pensée déductive conduit à passer par raisonnement d'un cas général à des situations particulières qui s'expliquent par celui-ci. Par opposition, l'induction constitue, non pas à proprement parler un raisonnement, mais « un moyen heuristique ou algorithmique pour découvrir du nouveau, pour inventer, pour généraliser » (Develay, 1989, p. 10). L'élaboration d'une « véritable » théorie scientifique (*sensu* Popper, 1934/1984) repose sur l'hypothèse et la mise à l'épreuve de cette hypothèse par l'expérimentation. Le concept même d'hypothèse est la pierre angulaire de l'approche scientifique. Une théorie scientifique est d'autant plus respectée qu'elle est testable par de nombreuses hypothèses et qu'elle est généralisable à un ensemble de conditions universelles. Puisque l'art semble surtout fonctionner par induction, les principes de la méthode hypothético-déductive ne s'y appliquent peut-être pas. Est-il même possible de falsifier une hypothèse artistique ? Deux scientifiques réalisant la même expérience dans les mêmes conditions doivent normalement obtenir les mêmes résultats et en déduire la même conclusion. Deux artistes dans les mêmes conditions de travail et avec les mêmes matériaux ne réaliseront jamais la même œuvre, en dépit de toutes les contraintes de production que l'on puisse leur imposer. S'affrontent alors deux visions de la méthode expérimentale² inspirées de Karl Popper et de Francis Bacon; « la première approche [basée sur une démarche hypothético-déductive] relève d'un paradigme quantitatif, alors que la seconde approche [basée sur une démarche empirico-inductive] procède davantage d'un paradigme qualitatif ». (souligné dans le texte) (Chevrier, 1992, p. 53). La méthode dite baconienne affirme que les chercheurs

² Pour René Thom (1985) la « méthode expérimentale » est un oxymore; la seule activité présente dans les laboratoires est une « pratique expérimentale ».

devaient effectuer des expériences ou recueillir des données d'une manière générale *avant* toute théorisation, qu'ils devraient enquêter sur le monde par l'observation:

L'homme ministre et interprète de la nature, n'étend ses actions et ses connaissances qu'à mesure de ses observations, par les choses ou par l'esprit, sur l'ordre de la nature; il ne sait ni ne peut rien de plus (Bacon, 1620/1986, p. 101) [...] Mais la meilleure démonstration est de loin l'expérience, pourvu qu'elle tienne ferme à cela même qui est expérimenté (p. 130).

Selon Bacon donc, l'expérience répétée pouvait fournir – par induction – l'idée de la loi. A contrario, la méthode poppérienne rejette cette collecte de données sans but précis, suggérant plutôt que les scientifiques devraient expérimenter seulement *après* que les théories aient été construites:

Le théoricien pose certaines questions bien définies à l'expérimentateur qui tente, par ses expériences, de trouver une réponse décisive à ces questions et rien de plus. Il s'efforce de répondre à toutes ses questions. [...] Par conséquent, il effectue son test en fonction de la question [...] Une partie de son travail consiste à éliminer toutes les sources d'erreur possibles. (Popper, 1934/1984, p. 107)

La querelle qui oppose ces approches méthodologiques alimente encore de nombreux débats tant chez les philosophes que chez les chercheurs en sciences humaines (Groulx, 1997). À défaut de prendre position au cœur de ce différend paradigmatique (*sensu* Kuhn, 1962), l'artiste qui préconise une démarche expérimentale doit éviter tout « fétichisme méthodologique » (Bourdieu, 1992) qui pourrait nuire à sa pratique. Bien plus qu'une contrainte, l'hypothèse doit servir de moteur à la création. Les deux prochaines sections feront état du rôle de l'hypothèse au cœur de ma pratique artistique, tant dans un cadre poppérien que dans une perspective exploratoire de type « néo-baconienne » (*sensu* Hall, 2005 p. 889). En conclusion du chapitre, je présenterai certaines des limites du modèle expérimental adopté dans le cadre de ma thèse.

3.3. Le *modus operandi* de la démarche expérimentale

La démarche expérimentale comporte plusieurs étapes. La première est l'observation de faits empiriques. Par exemple, dans le cas qui me concerne, il est observé qu'un chorégraphe en répétition avec ses danseurs peut décider d'inverser des mouvements dans une phrase, ou de faire exécuter des phrases à répétition par certains interprètes. Ce fait, observable et vérifiable, permet alors de poser des questions sur les processus et les mécanismes sous-jacents à ces observations. Comment le chorégraphe transforme-t-il et juxtapose-t-il les mouvements ? Comment choisit-il les séquences de mouvements ? Les questions sont des hypothèses déguisées que le chercheur doit alors reformuler plus clairement, en remplaçant simplement l'interrogation par une déclaration vérifiable par l'expérience. Ainsi, ces deux questions peuvent s'intégrer à une hypothèse générale du type « le chorégraphe est un mutagène sélectif ». Il est un mutagène lorsqu'il transforme et juxtapose des mouvements. Il est sélectif quand il choisit consciemment de conserver certaines séquences de mouvements au détriment des autres. Son rôle est de composer une chorégraphie en combinant et sélectionnant des séquences de mouvements.

Une prédiction de l'hypothèse est que le chorégraphe est inutile à la création et qu'il peut être remplacé par un mutagène sélectif qui joue le même rôle. Le but de l'expérimentation est alors de réfuter ou de corroborer les prédictions de l'hypothèse. Or, s'il est confirmé que le chorégraphe est un mutagène sélectif, est-ce que deux types de mutagènes qui remplacent le chorégraphe pourraient produire une œuvre similaire ? La seule façon de *tester* cette hypothèse dans un cadre poppérien consiste à comparer les chorégraphies réalisées dans différentes conditions expérimentales à l'aide d'outils statistiques. Par exemple, est-ce que deux partitions chorégraphiques générées à partir de vocabulaire distincts produisent le même effet sur le public ? Est-ce que deux partitions composées par deux « chorégraphes » à partir d'un même vocabulaire sont facilement identifiables ? Est-ce que différentes interprétations de la même chorégraphie produiraient un effet différent ? Quid pour des espaces scéniques

différents ? La même partition serait-elle perçue de la même façon si les danseurs étaient nus ? Et que dire de la musique ? De l'éclairage ? De la mise en scène ? Il aurait été impossible de tester l'ensemble de ces combinaisons chorégraphiques dans une thèse³. Dans les faits, une seule de mes expériences correspond à ce modèle hypothético-déductif très rigoureux⁴. Toutes mes autres expérimentations chorégraphiques s'inscrivent dans un cadre *exploratoire* – au sens philosophique du terme – une approche qui « sert à produire des connaissances sur des phénomènes inconnus » (Trudel *et al.*, 2007, p. 39) plutôt que (seulement) tester des hypothèses.

3.4. Le *modus experiendi* de l'approche exploratoire

L'épistémologie classique s'intéresse principalement aux *concepts* d'hypothèses et de théories plutôt qu'aux *processus* de génération d'hypothèses et de la découverte (Burian, sous presse). Récemment, certains philosophes ont néanmoins soumis que les expérimentations scientifiques font bien plus que tester des hypothèses. En d'autres termes, « une expérimentation inspirée par la théorie ne doit pas nécessairement tester la théorie, mais être planifiée, conçue et réalisée dans la *perspective* d'une théorie en question. » (Hall, 2005, p. 891). Les *expérimentations exploratoires* représentent un élément clé de toute recherche visant à préciser l'importance des variables, des paramètres et des sources d'erreur d'un phénomène:

La recherche exploratoire peut viser à clarifier un problème qui a été plus ou moins défini. Elle peut aussi aider à déterminer le devis de recherche adéquat, avant de mener une étude de plus grande envergure. [Elle] permettrait ainsi de baliser une réalité à étudier ou de choisir les méthodes de collecte des données les plus appropriées pour documenter les aspects de cette réalité ou encore de sélectionner des informateurs ou des sources de données capables d'informer sur ces aspects. (Trudel *et al.*, 2007, p. 39)

³ J'ai proposé dans une contribution indépendante de cette thèse (voir Annexe C) une méthode pour mettre à l'épreuve cette hypothèse (Lapointe et Époque, 2011).

⁴ J'ai testé l'hypothèse du *mutagène sélectif* dans le cadre d'un atelier de création avec des danseuses inscrites au programme de danse contemporaine à l'Université Concordia. Les détails de cette expérimentation sont présentés au Chapitre VII de la thèse.

Plutôt que de tester des hypothèses, [elle] varie les paramètres ou les circonstances expérimentales afin de voir ce qui va arriver; [...] elle utilise la connaissance afin d'établir de nouvelles corrélations; [...] elle emploie une panoplie de stratégies de variation de paramètres afin d'orienter les questions à l'étude. (Burian, sous presse)

Je préconise l'emploi de cette approche exploratoire pour la réalisation de ma thèse création. Cette méthodologie éprouvée permet un arrimage entre la théorie et la pratique en séparant l'hypothèse de l'expérimentation (Hacking, 1983). Ainsi, le processus de création s'apparente à une roue qui, de tour en tour, soulève de nouvelles questions, les évalue de façon expérimentale, les précise sans cesse et contribue, peu à peu, à faire progresser l'artiste dans sa démarche scientifique (ou le scientifique dans sa pratique artistique). Le but de la démarche exploratoire consiste à identifier ce qu'on appelle les *marqueurs de différence*⁵; des facteurs causaux qui affectent les résultats d'une expérience. À cet égard, « l'exploration [par définition] peut conserver un certain flou » (Trudel *et al.*, 2007, p. 43). Tel un explorateur, l'artiste qui s'aventure dans de telles expérimentations ne connaît pas toujours sa destination finale, ce qui l'attend à l'arrivée:

Je suggère que nous concevions cette famille d'expériences exploratoires comme des activités de cartographie. Une carte, bien sûr, ne doit pas être statique ou structurelle de la façon dont une carte du génome ou d'un pays pourrait l'être. Les cartes peuvent présenter des interactions dynamiques telles que les courants océaniques. Peu importe qu'elles soient fonctionnelles ou structurelles, l'explorateur qui cartographie le territoire n'a pas besoin de tester une hypothèse, ni même que la carte soit explicitement le produit d'une hypothèse. (Hall, 2005. p. 893-894)

⁵ Hall (2005, p. 896) parle de *difference-makers* qu'on peut traduire littéralement par « faiseurs de différence » ou « facteurs de différence ». Je préfère parler de « marqueurs de différence » pour mettre l'accent sur les résultats d'une expérimentation qui se démarquent qualitativement lorsque certains paramètres expérimentaux sont modifiés. L'approche exploratoire se résume à identifier les causes de ces différences observées dans le cadre d'expérimentations.

Dans une approche exploratoire où l'objectif est de cartographier les rôles et les limites du chorégraphe, l'hypothèse se présente plus souvent qu'autrement sous la forme de questions. Par *qui* remplacer le chorégraphe ? Par *quoi* le remplacer ? Un autre chorégraphe ? Un ordinateur ? Une bactérie ? Une molécule d'ADN ? Qu'ont en commun l'ordinateur, la bactérie, l'ADN et un autre chorégraphe ? Ce sont des *mutagènes sélectifs* ! L'approche exploratoire va plus loin que l'approche hypothético-déductive en s'appuyant sur des questions ouvertes⁶. Il ne suffit donc pas seulement de reformuler l'hypothèse (affirmation) sous la forme d'une question fermée – le chorégraphe est-il un mutagène sélectif ? – où les seules réponses possibles sont « oui » et « non ». L'avantage des questions ouvertes est qu'on ne sait pas quelles seront les réponses. Par exemple, n'est-il pas plus intéressant de se demander *comment* faire l'économie du chorégraphe que de tester son utilité ou son inutilité pour la composition chorégraphique ? Sous quelles conditions et dans quels contextes l'œuvre choréogénétique peut-elle être définie comme une œuvre d'art ?

La méthode dite exploratoire ne nie pas l'hypothèse, bien au contraire. Notamment, « l'interaction itérative entre les expérimentations exploratoires et les tests d'hypothèses est cruciale au développement des [idées] propre à un domaine » (Burian, sous presse). En faisant naître de nouvelles hypothèses et questions, l'exploration s'inscrit dans un cycle expérimental; de l'émergence de phénomènes nouveaux à l'identification des causes de ces différences. Comme le précise Hall (2005, p. 897), « l'expérimentateur dirigé par l'hypothèse risque non seulement d'identifier plus de marqueurs de différence », il sera en position au fur et à mesure de ses travaux de « former des hypothèses qui augmenteront le taux de découverte de

⁶ La clé de voute de l'approche hypothético-déductive est l'hypothèse et non pas la question. Dans l'approche popperienne, la forme de l'hypothèse est du même ordre que la forme de la conclusion (Glass, 2006). *Hypothèse*: le chorégraphe est un mutagène sélectif. *Conclusion*: le chorégraphe est un mutagène sélectif. Or, Popper (1963) et son falsificationnisme nous disent qu'on ne peut pas *prouver* une hypothèse, on peut seulement la *falsifier*. Impossible dans ce cadre épistémologique de valider l'hypothèse du mutagène sélectif. L'approche exploratoire offre la chance d'obtenir des réponses inattendues en dehors de ce cadre hypothético-déductif.

ces marqueurs de différence ». Il est plausible que le type de composition – *in silico*, *in vitro* ou *in vivo* – soit un marqueur de différence. L'approche exploratoire permettra de répondre à la question en faisant varier les paramètres expérimentaux et en évaluant les résultats sur la base de critères artistiques.

3.5. Les limites du modèle expérimental

La méthode de recherche envisagée et l'hypothèse proposée reposent sur une nouvelle définition objective du chorégraphe. Il est naturellement utopique d'éliminer complètement l'auteur du processus de création. Au minimum, il sera responsable de l'implémentation et de la paramétrisation d'un algorithme génétique, des manipulations génétiques au laboratoire, mais il pourrait également exercer son choix sur le vocabulaire de base, le nombre, le sexe et l'âge des interprètes, la durée de la pièce, les costumes, la musique, la scénographie et l'éclairage. L'objectif de la thèse n'est pas d'étudier l'impact de l'ensemble de ces choix subjectifs, mais de restreindre l'expérimentation à la génération de mutants chorégraphiques et à leur sélection subséquente. Je me concentre donc exclusivement sur la fonction de compositeur du chorégraphe. Ce modèle, comme toute modélisation, représente une vision réductionniste, une simplification de la réalité. La paramétrisation du processus chorégraphique ne remplacera jamais le chorégraphe par une molécule ou un algorithme. Il s'agit plutôt de proposer de nouvelles méthodes de composition en s'inspirant des mécanismes agissant au niveau moléculaire. Une telle approche, en s'affranchissant des choix subjectifs souvent imposés par un style, offre la possibilité d'investiguer une infinité de propositions chorégraphiques mutantes⁷. À l'antithèse de l'improvisation, ce type de création est assujéti à un ensemble de critères stochastiques fixés a priori, libérant ainsi le chorégraphe de toutes décisions prises en amont du processus de création.

⁷ Pour les mêmes raisons le chorégraphe Merce Cunningham avait recours au hasard pour « sortir de sa zone de confort » (Reynolds et McCormick, 2003).

En dépit de son formalisme, l'un des objectifs de cette thèse création demeure la production d'œuvres chorégraphiques originales. L'expérience esthétique du spectateur sera évidemment modulée par les autres choix du chorégraphe. Néanmoins, autant que faire se peut, l'intervention directe du chorégraphe sera contrôlée lors des expérimentations. Il importe ici de distinguer le rôle du *mutagène sélectif* du rôle que le chorégraphe peut jouer à d'autres niveaux et de contribuer à la recherche chorégraphique en proposant une méthode où l'intention artistique n'est pas définie par une esthétique subjective (Carroll, 2000; Lavender, 1997). Dès lors, les mécanismes de mutations génétiques et de la sélection naturelle, opérant *in vivo* au cœur de l'ADN ou *in silico* par l'entremise d'un algorithme génétique, peuvent métaphoriquement remplacer le chorégraphe et agir à titre de mutagènes sélectifs responsables de la génération d'une œuvre chorégraphique, en limitant au maximum l'intervention humaine⁸.

Évidemment, n'importe quel processus peut remplacer le chorégraphe. La véritable question est de déterminer si le spectateur (amateur ou initié) sera capable d'apprécier la différence entre les différentes approches chorégraphiques. Ensuite, il ne suffit pas (uniquement) de générer une chorégraphie pour les besoins de l'expérimentation. Le véritable « test » consiste à vérifier si cette chorégraphie est porteuse d'émotions (valeur esthétique), productrice de sens (valeur herméneutique), déterminer non seulement ce qu'elle est (valeur ontologique), mais ce qu'elle vaut (valeur axiologique).

⁸ Sous certains aspects, l'approche préconisée dans cette thèse s'inscrit dans le paradigme cybernétique (Wiener, 1950) qui vise à annuler le concept même d'esprit en le remplaçant par une machine. À bien des égards, elle s'en démarque néanmoins en refusant d'emblée l'idéologie cybernétique qui rejette toute forme d'humanisme (voir Lafontaine, 2004). Sans nier l'influence de la cybernétique de second ordre (von Foerster, 1974) et de toutes ses formes dérivées – notamment le concept d'autopoïèse (Maturana et Varela 1998) et la biologie synthétique (Church, 2005) – sur mon travail, j'ai volontairement choisi ne pas y souscrire en évitant de traiter de cette question qui dépasse largement le cadre de mon doctorat. En opposition à la vision anti-humaniste de la cybernétique, j'adhère plus volontairement à une forme d'humanisme numérique défendu par Milad Doueïhi (2011).

DEUXIÈME SECTION

INFLUENCES

CHAPITRE IV

ART ET HASARD LA COMBINATOIRE ET L'INFINI

*« Toutes les œuvres inventées à ce jour doivent plus au
hasard et à la simple expérience qu'aux sciences »*

Francis Bacon

Sommaire – On peut définir comme art combinatoire tout type de création artistique reposant sur l'utilisation du hasard, la combinatoire n'étant qu'une des multiples formes de l'aléatoire. Dans le cadre de mes recherches scientifiques, j'applique au quotidien les méthodes combinatoires et permutationnelles et je contribue à développer de nouveaux tests d'hypothèses statistiques en biologie. Tout naturellement, la combinatoire s'est donc imposée à moi comme source d'inspiration artistique. Mais afin d'explicitier les détails de mon utilisation du hasard en art, il importe de mieux circonscrire les sens (l'essence) de ce terme aux usages multiples. Tout d'abord, définir le hasard pour ensuite parler les différentes formes du hasard de même que leurs utilisations par différentes pratiques artistiques. Dans ce chapitre, je présente un survol de l'art combinatoire, de la littérature à la danse, en mettant l'accent sur les artistes pour qui le hasard est utilisé comme véritable processus de création.

4.1. *Alea jacta est*: tentative de définition du hasard

Les mathématiciens probabilistes ne sauraient mieux décrire le hasard que Mallarmé l'a fait en 1914. *Un coup de dés, jamais n'abolira le hasard* n'est qu'une des multiples réalisations possibles du hasard, dont l'étymologie nous vient de l'arabe *az-zhar* signifiant précisément « jeu de dés ». Certains pourraient attribuer le hasard à l'imprévisibilité des choses, voire à l'absence de relation de cause à effet (indéterminisme), mais ces interprétations simplistes ne sauraient délimiter parfaitement le hasard de la nécessité: le destin, ce qui doit arriver (voir Monod, 1970). Comment différencier le hasard de l'imprévu, de l'imprévisible, de l'irréfléchi, de l'ignorance, de la providence, de l'inadvertance, de la chance, de l'incertitude, de l'inconnu, de l'inattendu, de la contingence, de l'incontrôlable, de la coïncidence, de la surprise, du désordre, de l'arbitraire, du chaos, de l'accident, de l'aléatoire et de l'indéterminisme, autant de concepts polysémiques aux contours flous. Pour Denis Lejeune, « le hasard n'est épuisé par aucun de ces mots, pas plus qu'il ne l'est par la liste entière. Il s'y retrouve, mais ne s'y limite pas » (Lejeune, 2007, p. 40). Le hasard n'existe pas. Ou plutôt, le hasard comme unité n'existe pas:

[...] nulle définition monolithique ne peut en être donnée, car le terme « hasard » ne rend en fait pas compte d'une catégorie unique de faits bien définis, mais d'un véritable patchwork. [...] Le hasard est un anti-concept. Il est l'anti-matière de la raison. [...] Ce n'est pas le manque d'exemples qui empêche la clôture, mais bel et bien le fait que le hasard soit le concept ouvert par excellence, donc impossible à fermer. (Lejeune, 2007, p. 34-35)

Pour la science, le hasard est bien plus qu'un anti-concept. Selon les champs d'application et les auteurs, la notion de hasard varie grandement. En sciences naturelles, par exemple, Jean Gayon (2005) distingue trois significations et utilisations du mot « hasard »: la chance, l'aléatoire, et la contingence. Une quatrième interprétation du hasard, l'accident, est présentée par Francesca Merlin (2009), pour expliquer la rencontre fortuite entre deux séries causales indépendantes.

4.1.1. *La chance*

La *chance*, se définit comme « quelque chose qui se produit de manière inattendue, sans aucune finalité » (Gayon, 2005), comme la chance pour un jardinier de trouver par hasard un coffret de bijoux en labourant le sol. Dire que le jardinier a trouvé « par hasard » les bijoux signifie ceci: « le jardinier a trouvé un objet hautement désirable en poursuivant un but tout à fait différent » (p. 528). Cette conception du hasard, la plus ancienne, est celle défendue par Aristote dans *La Physique* (trad. 1990) qui « distingue, d'une part, les phénomènes nécessaires et constants et les phénomènes qui se produisent la plupart du temps et, d'autre part, les phénomènes qui se produisent par exception à ceux-là » (Merlin, 2009, p. 59). En d'autres termes, il sépare les phénomènes nécessaires, ceux qui sont prévisibles, des événements fortuits, ceux qui arrivent par hasard. Pour Aristote, la « spontanéité » et la « fortune » sont deux incarnations du hasard. Alors que la première notion fait référence à un processus involontaire et automatique qui, lorsqu'il advient, peut être avantageux (par exemple, trouver « spontanément » un coffret à bijoux), la seconde notion implique une décision volontaire dont l'issue est imprévisible (par exemple, acheter un billet de loterie, et gagner le gros lot). Cette notion de chance est la plus répandue dans le langage courant.

4.1.2. *L'aléatoire*

La notion d'*aléatoire* fait plutôt référence à la probabilité qu'un événement se produise ou non. « Elle exige qu'on fasse une hypothèse sur ce qui, précisément, est aléatoire, et qu'on soit capable de démontrer qu'on est bien dans une situation aléatoire » (Gayon, 2005, p. 529). Selon cette définition, on dira qu'un événement est aléatoire si, et seulement si, il obéit à une loi de probabilité spécifique. C'est le cas, par exemple, du jeu de dés, dont on ne peut prédire le résultat, même si le processus causal est parfaitement déterministe (Strzalko *et al.*, 2009). On connaît le nombre d'événements (12 pour le lancer de deux dés), tous également possibles, mais le

résultat d'un lancer particulier est imprévisible, donc aléatoire (sauf si les dés sont pipés). Le lancer gagnant, le double 6 qui ramène les dés, n'a qu'une chance sur douze d'être obtenu. À cet égard, même si l'ensemble des événements possibles suit un loi probabiliste « aléatoire », que chacune des combinaisons relève de la « chance », une seule d'entre elles affirme la nécessité. Pour Merlin (2009, p. 79), la loi de probabilité représente un modèle formel qui permet de mathématiser le hasard.

4.1.3 *La contingence*

La *contingence*, ou possibilité qu'une chose arrive ou n'arrive pas, dépend d'une loi de probabilité (comme l'aléatoire), mais également des conditions initiales d'un système. Selon Poincaré (1908), « la notion de hasard désigne donc une certaine disproportion entre la cause d'un phénomène et son effet: cette notion doit donc être invoquée lorsque des différences très petites dans les conditions initiales d'un système donné engendrent des conséquences importantes dans son état final » (Merlin, 2009, p. 67). Ce concept est expliqué par l'effet papillon, bien connu des météorologues qui ne peuvent pas toujours prédire avec certitude, même avec les modèles déterministes les plus complexes, l'évolution d'un système. Un simple battement d'aile de papillon au Brésil peut provoquer une tornade au Texas (Lorenz, 1993) ou, pour paraphraser Poincaré (1908), « un dixième de degré de plus ou de moins en un point quelconque [...] un cyclone éclate ici et non pas là ». Cette notion de hasard implique que des différences minimales dans l'état d'un système à un instant donné (t_0) peuvent entraîner des différences importantes dans son état, à un temps futur ($t+1$) (Merlin, 2009). La contingence affirme l'aléatoire de l'évolution d'un système, qui, bien qu'il repose sur des lois déterministes, demeure imprédictible. Il s'agit d'une des notions du hasard les plus utilisées en physique et en biologie.

4.1.4. *L'accident, la coïncidence*

L'accident représente encore une autre notion du hasard qui s'exprime par la rencontre de séries causales indépendantes. Dans *Exposition de la théorie des chances et des probabilités*, Cournot (1843) écrit: « Les événements amenés par la combinaison ou la rencontre de phénomènes qui appartiennent à des séries indépendantes, dans l'ordre de la causalité, sont ce qu'on nomme des événements *fortuits* ou des résultats du *hasard* » (p. 55). C'est-à-dire que les événements dépendants, qui font partie de la même série causale, sont liés par une raison commune, contrairement aux événements appartenant à des séries causales indépendantes (Merlin, 2009). Deux séries causales sont donc indépendantes dès lors qu'on ne peut rendre raison de la coïncidence de leur rencontre (voir Martin, 2007). Cette coïncidence fortuite rejoint l'interprétation du hasard proposée par Aristote pour qui la spontanéité et la fortune sont des causes par accident. La *synchronicité* est la coïncidence, selon Jung (1971/1988), de deux événements qui ne sont pas liés causalement, mais qui ont un même contenu de sens (Bronner, 2007, p. 3). Toujours selon Bronner « une coïncidence est la co-occurrence, due au hasard, de deux événements (indépendants) » (p. 1). La chance et la malchance sont donc des coïncidences qui impliquent une réponse émotionnelle, positive dans le premier cas, négative dans l'autre (Lejeune, 2007, p. 66). Cette dernière notion est d'importance cruciale dans plusieurs interprétations « fatalistes » du hasard (Hopcke, 1997).

4.2. **Mais de quel(s) hasard(s) parle-t-on ?**

Dans sa thèse, Denis Lejeune (2009) propose une étude comparée de l'utilisation du hasard en littérature, en arts plastiques et en musique, s'appuyant sur les œuvres d'André Breton, de John Cage et de François Morellet. Pour Lejeune, le hasard est soit la source d'inspiration (le hasard déclencheur), soit le sujet d'une œuvre (le hasard thématique), soit le processus de création (le hasard structurel).

4.2.1. *Le hasard déclencheur*

Les sources de l'inspiration sont insondables. Depuis l'antiquité, l'homme de science, le philosophe et l'artiste cherchent à les comprendre, à les apprivoiser, à les manipuler sans grand succès. Nul ne sait quand, ni comment, ni pourquoi l'éclair de génie va surgir dans la conscience. Pour Newton, l'élément déclencheur fut une pomme soumise aux lois de la gravité, pour Archimède, c'est dans sa baignoire que l'*Eureka* se manifesta. Les muses ont longtemps incarné les sources divines de l'inspiration. Puis la psychanalyse a pris le relais. Pour André Breton (1964), c'est dans l'inconscient que l'inspiration se cache, c'est dans l'inconscient qu'on doit la chercher. Le hasard objectif, c'est l'intrusion du merveilleux dans le quotidien, comme la révélation d'une loi universelle qui dépasserait les consciences. Chez les surréalistes qui utilisent l'écriture automatique, le hasard est la spontanéité, l'élément déclencheur qui permet d'accéder à l'inconscient. Ici, le hasard est extérieur à l'art, mais il a besoin de l'homme pour s'exprimer (Lejeune, 2007, p. 154).

4.2.2. *Le hasard thématique*

Chez d'autres artistes, le hasard n'est pas le déclencheur de l'œuvre, mais le sujet de l'œuvre. Selon Lejeune (2007), le hasard fait partie de la vie, et *a fortiori* de la fiction:

Sans hasard, la vie serait parfaitement ennuyeuse [...] ce qui intéresse le lecteur c'est la rupture dans la linéarité, les problèmes qui interviennent de façon forcément inattendue dans le quotidien [...] Le hasard thématique n'est donc ni plus ni moins qu'un des traits définitoires de la littérature. (p. 167)

Il serait beaucoup trop long d'énumérer ici les œuvres littéraires ayant le thème du hasard, de la chance, des coïncidences ou de la synchronicité comme partie intégrante du récit. Pour Köhler (2010, p. 12), le hasard est « ressenti au premier degré comme une catégorie du vécu », mais pour Chapleau (1996, p. 10), il constitue « une des portes les plus sûres pour passer du côté de l'imaginaire contemporain ». De

Marivaux (*Le jeu de l'amour et du hasard*, 1730) à Kundera (*L'immortalité*, 1990), pour Borges (*La bibliothèque de Babel*, 1944) ou Calvino (*Si par ne nuit d'hiver un voyageur*, 1981), le hasard est un thème inépuisable en littérature¹. Ici, on ne s'inspire pas du hasard, des muses, de l'inconscient à des fins de création, on parle directement du hasard, en action dans l'œuvre.

4.2.3. *Le hasard structurel*

Pourtant, le hasard qui m'interpelle vraiment n'est pas inconsciemment inspirant, ni consciemment thématique, je m'intéresse au hasard comme négation de l'individu, c'est le *has-art* de Lejeune: « Pour les hasartistes, la spontanéité [de l'écriture automatique] laisse encore une place à l'individu, par l'entremise de l'inconscience » (Lejeune, 2007, p. 181) L'improvisation, qui implique des moments fortuits, n'est pas non plus hasard structurel. « [E]lle se distingue fondamentalement du hasard puisque l'intervention autocréatrice de l'acteur improvisant avec les matériaux constitue son élément déterminant » (Darsow, 2005, p. 491). Les sections suivantes vont se limiter à une poignée d'artistes pour qui le « has-art » s'inscrit en véritable *procédé* de création; la combinatoire, l'aléatoire, la permutation ou l'indétermination en guise de *démarche* artistique.

4.3. **Survol aléatoire de l'art combinatoire**

Cette brève introduction à l'art combinatoire et à son influence sur mes travaux ne se veut pas être une présentation exhaustive de tous les artistes ayant eu recours au hasard comme processus de création. J'ai volontairement choisi de limiter ma présentation en me concentrant sur quelques moments forts de l'histoire de l'art, une sélection très personnelle des acteurs-clés qui résonnent avec mon approche dans

¹ Le plus bel exemple du hasard thématique se retrouve dans *L'Homme-Dé* de Luke Rhinehart (1971), un livre qui, selon sa couverture anglaise, va changer votre vie. Le personnage principal du livre est un psychiatre qui décide de vivre sa vie en prenant chaque décision sur un coup de dés: « si j'obtiens 1 je vais travailler, si j'obtiens 6, je viole ma voisine ».

les domaines de la musique, de la littérature surtout, et finalement de la danse². De Stéphane Mallarmé à Merce Cunningham, comment les artistes ont-ils réussi à intégrer le hasard, les permutations, les variations et les combinaisons dans leur travail³. Cet exposé de l'art fortuit, de l'art aléatoire, de l'art contingent et accidentel ne se veut pas chronologique. À la manière d'une marche aléatoire⁴, je passerai d'un artiste à l'autre, d'un courant à l'autre, en mettant l'accent sur les différences et similarités des approches. En lien avec les sections précédentes, je tenterai d'interpréter l'utilisation du hasard par ces artistes en regard des différentes notions philosophiques et mathématiques, au risque d'en proposer une vision imparfaite.

4.3.1. *Le rêve du Livre de Mallarmé, précurseur de l'œuvre d'art totale*

Le hasard, un thème récurrent, s'infiltré en filigrane au cœur de toute l'œuvre de Stéphane Mallarmé. Harnacher le hasard, l'épuiser, l'énumérer exhaustivement pour le maîtriser, voilà ce qui le tourmente, ce qui le stimule. *Un coup de dés* ne vient qu'affirmer par un procédé typographique les motivations profondes du poète; l'utopie du *Livre* est en la démonstration. Malheureusement, ce *Livre* qui contient tous les livres, ne verra jamais le jour, la mort ayant eu raison de la littérature. Le *Livre*, dans les mots de Mallarmé qui expose enfin son projet à jour dans une lettre à Verlaine datée du 16 novembre 1885, c'est quoi ?

² Plusieurs peintres et plasticiens (mais également des sculpteurs, vidéastes, cinéastes) ont eu recours au hasard, à l'imprévu et à la combinatoire: Jackson Pollock, Yves Klein, François Morellet, par exemple. Afin de ne pas surcharger le texte, je me suis attardé surtout à la littérature et à la musique, arts pour lesquels le processus d'écriture est plus près de la composition chorégraphique que l'est l'art visuel.

³ Je présente les formulations mathématiques de ces concepts à l'Annexe E.

⁴ Une marche aléatoire, marche de l'ivrogne ou mouvement brownien, est un processus purement stochastique de déplacement dans l'espace qui n'est pas affecté par l'état passé, mais uniquement par l'état présent du système, comme si le chemin parcouru jusqu'ici n'était pas gardé en mémoire. Ce phénomène fut découvert en 1827 par le botaniste Robert Brown en observant les mouvements erratiques de particules dans un grain de pollen.

Quoi ? c'est difficile à dire: un livre, tout bonnement, en maints tomes, un livre qui soit un livre, architectural et prémédité, et non un recueil des inspirations de hasard, fussent-elles merveilleuses... J'irai plus loin, je dirai: le Livre persuadé qu'au fond il n'y en a qu'un, tenté à son insu par quiconque a écrit, même les Génies. (Mallarmé, 1885/1991, p. 14-15)

Pour Mallarmé, « le livre est sacré – l'expression finale d'un art éternel. C'est l'absolu et le parfait, détaché complètement de la personnalité de l'auteur, qui n'y est pour rien » (Aish, 1938, p. 17). Il fallut attendre plus de 60 ans pour que le *Livre* soit enfin révélé au grand public par Jacques Scherer (1957); réaliser alors que les brouillons laissés en friches ne contiennent rien de plus que quelques phrases arithmétiques, un exposé de la structure de l'œuvre sans réel contenu, une stratégie de diffusion et une analyse des revenus que sa vente pourrait engendrer⁵. Qu'est-ce donc que ce *Livre* ? Un rêve inachevé ? Un projet mystique visant à nous rapprocher de l'infini (Dieu) ? Un projet impossible, dont Mallarmé niait la paternité ?

Pour certains (Boschot, 1923), Mallarmé s'inscrit dans l'histoire de l'art comme précurseur de Wagner. Pour d'autres, l'ébauche du *Livre* s'inscrit plutôt dans les cadres de l'art combinatoire. Mallarmé, le poète-mathématicien, « s'est livré à des calculs astronomiques concernant le nombre de volumes, [...], le nombre de pages de chacun [...] et même le nombre de caractères imprimés sur chaque page » (Aaron, 2006). Le *Livre* devait être lu en public comme une pièce de théâtre, dans le cadre de séances où Mallarmé aurait été l'opérateur. À cet égard, « Mallarmé ne joue pas le *Livre* et ne l'écrit pas; il le présente » (Scherer 1957, p. 69). Il calcule même les

⁵ Lors d'une visite à Boston en 2004, j'ai eu l'occasion de consulter le manuscrit du *Livre* conservé à la Houghton Library de l'Université Harvard. Contrairement aux dernières volontés de l'artiste qui avait exigé que tous ses manuscrits soient brûlés à sa mort, les descendants de Mallarmé ont vendu l'ébauche du *Livre* aux américains. Depuis, bien peu sont ceux qui ont eu la chance, l'autorisation, le privilège de manipuler ce document historique. Il existe un microfilm du *Livre*, j'en ai la copie, mais celui-ci ne rend pas justice à l'expérience sensorielle qu'on peut ressentir en tenant l'artefact entre ses doigts, sous la supervision d'une bibliothécaire zélée, et sous le contrôle d'un chronomètre qui bat trop rapidement la mesure du temps: 5 minutes, c'est tout ce qui me fut accordé. N'empêche, la consultation du *Livre* m'a permis d'apprécier la texture du papier, le poids des mots, la couleur des annotations en marge des feuillets, et toute la portée sémantique de l'utopie mallarméenne (la reproduction « typographique » du *Livre* publiée par Scherer en 1957 ne rend pas grâce au manuscrit original).

recettes que chacune des séances pourrait rapporter en énumérant le nombre de permutations des pages et le prix d'entrée des invités (Figure 4.1). Comme le montre Scherer (1957):

Le vrai moyen littéraire est de se faire mouvoir avec liberté et originalité, mais sans arbitraire, dans le livre même, les éléments du livre, qui sont la page, la phrase, le vers (s'il y a vers), le mot et même la lettre (p. 57) [...] On pourra ainsi les changer de place, et les lire, non certes dans un ordre quelconque, mais selon plusieurs ordres distincts déterminés par les lois de permutation. (p. 58)

Le *Livre* n'est pas une œuvre littéraire, pas seulement ça. Ce n'est pas dans les mots qu'il prend vie, mais dans les nombres. On ne peut circonscrire la véritable signification du *Livre* sans l'interpréter dans un contexte mathématique, c'est la combinatoire avant la lettre. De par son utilisation du hasard et des permutations, Mallarmé annonce la venue des Tristan Tzara, Raymond Queneau et autres dadaïstes ou oulipiens.

1

$$\begin{array}{|c|c|} \hline 160 & 160 \\ \hline B & B \\ \hline & A \\ \hline B & B \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|c|} \hline 160 & 160 \\ \hline A & A \\ \hline & B \\ \hline A & A \\ \hline \end{array}$$

autres invitées

autres visitables

$$= 480 \times 2 = 960$$

$$= 480 \times 2 = 960$$

$$(324 \times 5) = 1980 = 96 \times 20$$

2

3

4

5

$$= 10 \times 320$$

$$\times 3 = 30 \text{ de } 320$$

$$= 200 \mid \text{invitées} \times 3 = 600$$

$$(324 \times 29) = 96 \times 100 = 9600$$

Figure 4.1. Reproduction du feuillet 140 du *Livre* de Mallarmé
Les calculs combinatoires ont servi à établir le prix de l'œuvre et le nombre de permutations possibles. L'original est conservé à l'Université Harvard.

4.3.2. *Tristan Tzara, ou comment faire un poème combinatoire*

Les artistes du mouvement Dada (dont la légende nous dit que le nom aurait été généré en ouvrant au hasard les pages d'un dictionnaire) sont de véritables hasartistes pour qui le hasard ne renvoie pas à l'individu, mais plutôt à une propriété de la nature que les artistes cherchent à domestiquer, à imiter. Ce que les dadaïstes qualifient de hasard aurait par la suite été requalifié d'automatisme par les surréalistes en fonction de leurs préoccupations propres. Wagner (2005) interprète très bien cette évolution des processus de création classique au mouvement surréaliste, en distinguant le hasard dada de l'automatisme:

Dans le processus de création classique, la main transcrit d'abord un produit de l'intelligence raisonnante [...] dans le cas de l'écriture automatique cependant, l'intelligence est remplacée dans ses fonctions initiatrices de la création par « l'automate » de l'inconscient qui agit sans réfléchir le réel perçu [...] Le poème et l'œuvre d'art Dada sont plutôt des produits du hasard, au même titre que la nature. [...] La main dans cette optique n'apparaît plus comme un outil au service de l'intelligence ou d'un inconscient, mais comme un capteur sensible tendu vers un monde extérieur, vers la nature, dont elle cherche à saisir et à transcrire en œuvres les moindres vibrations. (Wagner, 2005, p 25)

Pour Picabia, le hasard est logique. Pour Hans Arp, le hasard est « non seulement un caprice dadaïste pour déjouer la production traditionnelle de sens, mais aussi un moyen moderne [...] de se libérer de l'époque, même au niveau du subconscient » (Darsow, 2005, p. 490). Pour Tristan Tzara, le hasard est une recette, un algorithme de création poétique; *Pour faire un poème dadaïste* présente les étapes nécessaires pour créer de la poésie qui vous ressemble avec un journal, un sac et une paire de ciseaux:

Prenez un journal.
Prenez des ciseaux.
Choisissez dans ce journal un article
ayant la longueur que vous comptez donner à votre poème.
Découpez l'article.

Découpez ensuite avec soin chacun des mots
 qui forment cet article et mettez-les dans un sac.
 Agitez doucement.
 Sortez ensuite chaque coupure l'une après l'autre.
 Copiez consciencieusement dans l'ordre où elles ont quitté le sac.
 Le poème vous ressemblera.
 Et vous voilà un écrivain infiniment original et d'une sensibilité charmante,
 encore qu'incomprise du vulgaire. (Tzara, 1921)

Le dada, dans sa forme la plus « avant-gardiste » réhabilite ainsi l'importance de la spontanéité (à ne pas confondre avec l'automatisme), mais le hasard ne constitue pas une nouvelle doctrine qui glorifie l'inattendu. Or, comme le montre Suter, « Tzara aurait tout aussi bien pu choisir n'importe quel autre texte pour en arriver à un exemple semblable. Le journal ne sert guère ici que d'épouvantail » (Suter, 2005, p. 498). La surprise ne concerne pas l'objet d'apparition, mais l'ordre de la succession (Magrelli, 2005, p. 20). Le poème dadaïste représente l'archétype de l'approche permutationnelle en littérature, méthode qui sera reprise et déclinée de multiples façons par les oulipiens.

4.3.3. Raymond Queneau et la littérature potentielle

Le tautogramme⁶, l'anagramme⁷, le palindrome⁸, le lipogramme⁹, la transduction¹⁰ ou le monovocalisme¹¹ sont des exercices de style qui appartiennent au domaine des littératures à contraintes¹². *Exercices de style*, c'est aussi le titre d'un ouvrage de Raymond Queneau (1947), un des maîtres incontestés du genre, qui

⁶ Le tautogramme est un texte dont tous les mots commencent par la même lettre.

⁷ L'anagramme est une permutation des lettres d'un ou de plusieurs mots, de façon à former un ou plusieurs autres mots: « ami » est l'anagramme de « mai ».

⁸ Le palindrome de lettres est un texte qui peut être lu de gauche à droite comme de droite à gauche.

⁹ Le lipogramme est un texte dans lequel l'auteur s'impose de ne jamais employer une lettre, parfois plusieurs. Le roman *La Disparition* (1969) de Perec est entièrement écrit sans la lettre « e ».

¹⁰ La transduction d'un texte consiste à substituer aux substantifs de ce texte d'autres substantifs pris dans un lexique spécialisé différent.

¹¹ Un monovocalisme est un lipogramme d'où sont bannies toutes les voyelles, sauf une. Le roman *Les revenentes* (1972) de Perec est entièrement écrit avec une seule voyelle, le « e ».

¹² On trouve une liste des contraintes utilisées par l'OULIPO à l'adresse suivante: <http://www.ouliipo.net/contraintes>

proposa 99 versions d'un même récit qui diffèrent par leur seul style. Queneau, et tous les autres membres fondateurs de l'OULIPO (OUvroir de Littérature POtentielle), ont travaillé sous contraintes mathématiques, ou probabilistes, dans le but de produire des textes à partir de règles formulées explicitement et impliquant une intentionnalité particulière.

Il existe une contrainte plus intéressante que les autres: c'est la contrainte combinatoire (Zweig, 1997). Pour cet exercice, le rôle de l'auteur se limite à la rédaction d'une série de mots ou de phrases qui sont réorganisés par le lecteur, qui devient ainsi co-auteur du texte final. *Cent mille milliards de poèmes* (Figure 4.2) de Raymond Queneau (1961) est une œuvre combinatoire composée de 10 sonnets, chacun comportant 14 vers. Le lecteur, ou opérateur¹³, sélectionne au hasard n'importe quel des premiers vers d'un des dix sonnets, n'importe quel des seconds vers, n'importe quel des troisièmes vers, et ainsi de suite, de façon à créer aléatoirement l'un des cent mille milliards de poèmes possibles¹⁴. Queneau explique qu'en « comptant 45 s pour lire un sonnet et 15 s pour changer de volets, à 8 heures par jour, 200 par an, on a pour plus d'un million de siècles de lecture ». L'oulipien François le Lyonnais¹⁵ en rajoute dans la préface du livre:

Cet ouvrage représente à lui tout seul une quantité de texte nettement plus grande que tout ce que les hommes ont écrit depuis l'invention de l'écriture, en y comprenant les romans populaires, la correspondance commerciale, diplomatique et privée, les brouillons jetés au panier et les graffiti. (le Lyonnais, dans Queneau, 1961)

Dans toute œuvre combinatoire, le lecteur se pose en auteur (opérateur, co-auteur) potentiel et l'imagination des possibles s'oppose à la nécessité d'un texte définitif. Il

¹³ Ou encore l'ordinateur qui peut générer aléatoirement l'un des *Cent mille milliards de poèmes* de Queneau (<http://www.szarah.org/seuils critiques/litter4.html>)

¹⁴ Il s'agit de la construction de 10 sonnets (donc 14 vers chacun) où à chaque premier vers de chaque sonnet on peut faire correspondre 10 autres vers différents. Il y a donc 100 combinaisons des deux premiers vers, mille avec le troisième etc. Cela fait donc en tout 10^{14} combinaisons possibles, donc 100 000 milliards de poèmes.

¹⁵ Il est notoire que François le Lyonnais, l'un des co-fondateurs de l'OULIPO avec Raymond Queneau, était mathématicien.

n'y a donc plus de rôle privilégié de l'auteur véritable, si ce n'est que pour établir les règles du jeu, la liste des contraintes, ou l'algorithme de production littéraire. Une œuvre à contraintes combinatoires laisse place au hasard. Elle ouvre le champ des possibles. Elle réduit le pouvoir de l'auteur en donnant le choix au lecteur. La littérature combinatoire est par définition multiple, ouverte (*sensu* Eco). L'imposition de contraintes permet à l'œuvre de s'affranchir des contraintes discursives et sémantiques pour n'exister qu'en fonction des contraintes formelles.

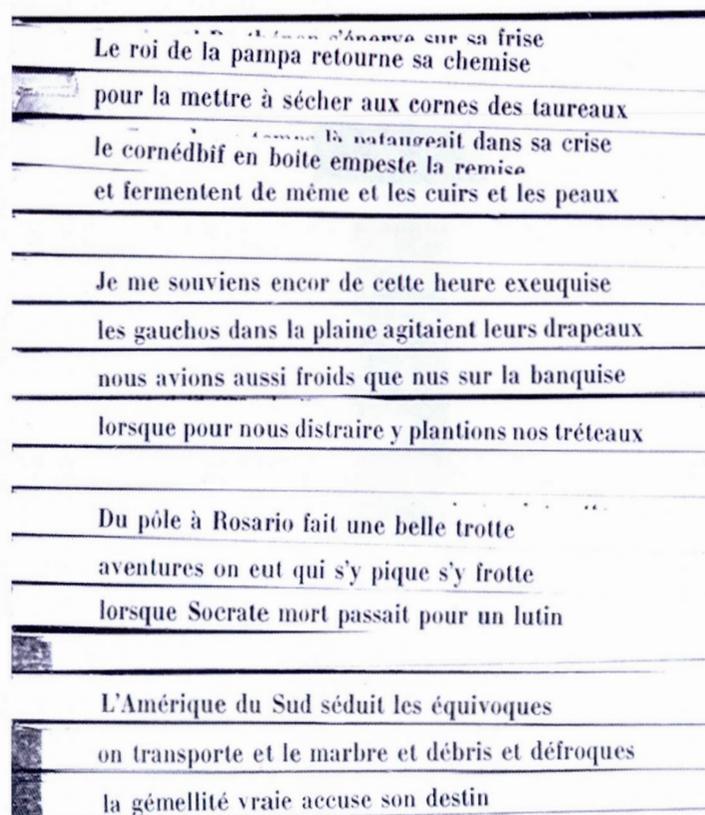


Figure 4.2. Un des Cent mille milliards de poèmes de Raymond Queneau

D'aucuns s'accordent sur le rôle de la contrainte en poésie classique. Le rondeau, le sonnet, voire le haïku japonais, sont autant d'instances de littérature à contraintes; des contraintes de formes en opposition à l'alexandrin qui impose une

contrainte de style. Tout comme les contraintes poétiques formelles qui sont transparentes et connues, les contraintes oulipiennes sont traditionnellement visibles, lisibles, explicites, voire explicites. Le lecteur avisé saura les identifier. Néanmoins il existe également des contraintes algorithmiques invisibles, implicites, des contraintes trop complexes pour être décryptées, même par le plus averti des oulipiens. Dès lors, « de plus ou moins bons esprits sont prêts à voir un peu partout des contraintes cachées [...], c'est le trait cryptographique de la contrainte » (Roubaud 2001, p. 26). Les oulipiens sont divisés quant à l'explicitation de la contrainte ayant procédé à la génération d'une œuvre. Masquer ou ne pas masquer la contrainte au lecteur, telle est la question ? J'y reviendrai plus loin en traitant de l'aspect pédagogique de mon propre travail.

4.3.4. *John Cage, le maître de l'indétermination*

L'utilisation des contraintes, du hasard et de la combinatoire en musique est très ancienne, Mozart (1973) lui même ayant eu recours à une procédure aléatoire pour composer des valses. John Cage, plus que tout autre, a néanmoins repoussé les limites du hasard, de la contingence et de l'aléatoire en art. C'est à Black Mountain, durant l'été 1942, que fut présenté *Untitled Event*, reconnu à juste titre comme le premier *happening* par les historiens de l'art (Harris, 1987, p. 226), événement fondateur auquel Cage participa :

Considéré a posteriori comme un avatar des mises en scènes provocatrices des dadaïstes, *Untitled Event* en combinait les événements fondamentaux, à savoir principalement l'absence de structure narrative, l'improvisation, le simultanément sous la forme de juxtaposition des différentes actions menées parallèlement ainsi que le réquisit de la participation du spectateur. (Delfiner, 2005, p. 441)

Lors d'un *happening*, les intervenants possèdent un ou plusieurs temps d'action déterminés selon les lois du hasard. La « lecture » des différentes propositions artistiques est ainsi multipliée par la rencontre fortuite de plusieurs actions présentées

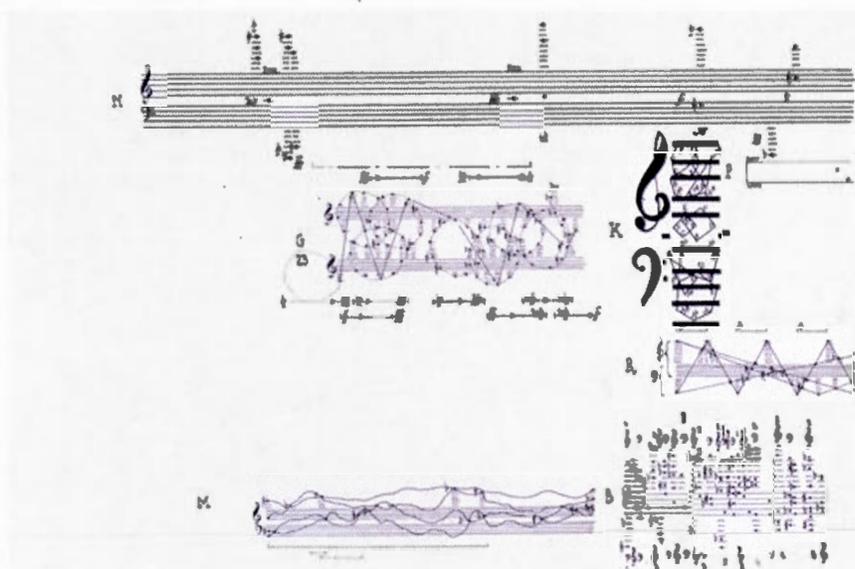
simultanément, de telle sorte que chaque spectateur doive choisir ce qu'il regarde, ce qu'il entend, ce qu'il comprend, ce qu'il ressent. Cet état d'esprit qualifié d'esthétique de l'indifférence n'est pas sans rappeler le projet dadaïste de réconciliation de l'art et de la vie, c'est « suspendre l'art dans le flux de la vie par un acte de suppression de la volonté personnelle [...] ne rien imposer de spécifiquement artistique, en offrant plutôt une surface de réflexion pour le monde environnant » (Delfiner, 2005).

Le travail de Cage oppose les notions de signification et de communication. Toute son œuvre a pour objectif de déplacer la responsabilité du créateur vers celle du spectateur, de manière à « imposer une liberté » au spectateur (Lejeune, 2009, p. 197). La simultanéité de différentes propositions artistiques lors d'un happening n'est qu'une des multiples façons d'atteindre cet objectif ultime¹⁶. De même, l'utilisation du Yi King¹⁷ (*Livre des changements*) lui a permis de composer de nombreuses œuvres musicales, la plus célèbre étant *Music of Changes* (mais également *Imaginary Landscape No. 4*, composée au même moment), pièce pour laquelle le tempo et la durée des notes sont générés par des tirages aléatoires (*chance operations*)¹⁸. Or cette utilisation du hasard lors du processus de composition ne réussit que partiellement à répondre aux objectifs de Cage. Il va plus loin que ses prédécesseurs en introduisant le concept d'indétermination, le simple hasard n'étant pas assez puissant. C'est l'indétermination qui représente le véritable objectif où l'art et la nature se rejoignent dans leur manière d'opérer.

¹⁶ Ce concept n'est pas sans rappeler les poèmes simultanés des dadas, récités en plusieurs langues (anglais, français et allemand) en même temps.

¹⁷ Le Yi King est un ancien texte chinois sacré qui sert à la divination et la méditation. Il est constitué de 64 hexagrammes formés par des lignes brisées (yin) et pleines (yang). Chaque hexagramme est associé à un commentaire qu'on découvre en lançant des dés ou encore des bâtons au hasard.

¹⁸ *Imaginary Landscape No. 4* (1951) est une pièce indéterminée pour 12 radios, chacune avec deux « interprètes », l'un intervenant sur la longueur d'onde, l'autre sur le volume. Cage détaille la procédure aléatoire qu'il a utilisé pour composer cette pièce et *Music of changes* dans son livre *Silence* (Cage 1961, p. 57-60).



*Figure 4.3. Exemple de Partition de John Cage employant différentes formes de notations
Concert for Piano and Orchestra (1958).*

Il importe de distinguer l'indétermination de composition, formalisée notamment par l'utilisation du Yi King, de l'indétermination de performance, elle même distincte de l'improvisation. Les œuvres indéterminées de John Cage (par exemple, *Concert for Piano and Orchestra*) se présentent sous la forme d'une collection de notations plus ou moins ambiguës, sans véritable partition musicale (voir Figure 4.3). Il incombe alors à l'interprète de choisir les passages à jouer, l'ordre des sections et la durée de la pièce au moment de la performance, tout en restant à l'intérieur du cadre rigoureux défini par le compositeur. Pour Cage, l'improvisation est un piège à éviter, car elle laisse trop de place à l'interprète qui va, naturellement ou instinctivement, reproduire les mêmes choses qu'il aime tout en évitant ce qu'il n'aime pas (Turner, 1990). Une performance indéterminée exige de la discipline et une certaine part de responsabilité chez l'interprète qui ne peut pas faire « n'importe quoi ». Pour Fetterman (1992), l'indétermination, la chance et l'utilisation d'une notation expérimentale sont trois des neuf concepts caractérisant

l'œuvre de John Cage¹⁹. Ses contributions au domaine de l'art contemporain continuent encore aujourd'hui à influencer le travail de plusieurs artistes et chercheurs en art.

4.3.5. Merce Cunningham, le chorégraphe du hasard

Le célèbre chorégraphe Merce Cunningham, en collaboration avec John Cage, a souvent fait appel à la chance lors du processus de création ou lors de représentations publiques de ses œuvres. C'est en 1951 (à la même époque que Cage), qu'il expérimente avec le hasard pour composer *16 Dances for Soloist and Company of Three*, une pièce où les séquences individuelles, les durées et les directions dans l'espace ont été déterminées en jouant à pile ou face (Cage, 1968, p. 49-51). Le hasard l'amène à réaliser des enchaînements auxquels la logique ou sa seule inspiration ne l'auraient sans doute jamais conduit (de Gubernatis 1990, p. 29).

Dans les mots du chorégraphe:

Devant le hasard, l'ego de l'artiste disparaît. Il s'y substitue une sorte de fatalité qui dépasse l'homme. En composant une chorégraphie, puis en laissant au hasard le soin de combiner entre elles les phrases que j'ai élaborées, je tire mes ressources d'un jeu qui n'est pas le produit de ma volonté, mais qui découle d'une énergie et d'une loi auxquelles je me sou mets (Cunningham, cité par de Gubernatis, 1990, p. 133)

On comprendra donc que l'utilisation du hasard chez Cunningham se limite à la composition chorégraphique, à la combinaison des phrases qu'il a élaborées, et non à la génération d'un vocabulaire de mouvements qui lui, n'est pas laissé au hasard.

Avant même de soumettre ses propositions aux lois du hasard, le chorégraphe devra tout d'abord les forger. On aura compris que l'extraordinaire inventivité des formes secrétées par Merce Cunningham ne tient qu'à son propre génie,

¹⁹ Les autres concepts sont la structure de la composition (aux dépens de son contenu), l'utilisation différente du temps et de l'espace lors des performances, l'accent mis sur le processus de création (et non sur le résultat), le rôle principal de la perception chez le spectateur (en opposition à l'intention du compositeur) et l'authenticité de l'interprète (qui ne joue pas d'autre rôle que d'être lui même).

que le hasard ne viendra interférer qu'au moment de leur assemblage (de Gubernatis 1990, p. 134)

Depuis ses premières expérimentations, toutes les chorégraphies de Cunningham ont intégré une part d'aléatoire, soit lors du processus de composition ou lors de la performance. Pour *Suite by Chance* (1953), entièrement composée au hasard, et *Suite for Five* (1956), c'est la chance qui fixera la position des danseurs, leur nombre, la composition des groupes. Pour *Untitled Solo* (1953), Cunningham nous explique son processus de création:

J'ai imaginé une vaste gamme de mouvements des bras, de la tête et du torse, des mouvements indépendants, en tension et en déséquilibre. L'enchaînement de ces mouvements a ensuite été déterminé par tirage au sort, permettant les superpositions et de conserver le rythme et la durée propres à chacun (Cunningham, cité dans Cage, 1968, p. 51)

Très souvent, Cunningham a fait appel au hasard pour déterminer l'interprétation d'une œuvre indéterminée le soir même de la performance. Pour *Dime a Dance* (1956), un spectateur est invité à payer 10 cents (un « dime »), puis à piger dans un jeu la carte qui désigne la danse à interpréter (Vaughan, 1997, p. 73). *Scramble* (1967) est construit en 18 séquences autonomes de durées variables, dont l'ordre interchangeable varie à chaque représentation (p. 158), tandis que *Changing Steps* consiste en dix solos, cinq duos, trois trios, deux quatuors et deux quintettes qui peuvent être dansés dans n'importe quel ordre, n'importe quel espace, n'importe quelle combinaison (p. 187-188). Plus récemment, pour *Split Sides* (2004), les interprètes, les costumes, la musique, l'éclairage et l'ordre des sections furent déterminés de façon aléatoire à chaque soir où la pièce fut présentée.

Cunningham, tout comme Queneau, est un créateur d'œuvres à contraintes; des contraintes dures facilement mathématisables et qui peuvent être codées sous la forme d'un algorithme. À cet égard, il fut l'un des premiers chorégraphes à utiliser l'ordinateur pour aider au processus de composition. *Trackers* (1991) est la première chorégraphie qu'il compose à l'aide du logiciel d'animation tridimensionnelle

LifeForms. Dans ce travail informatique, il voit un parallèle avec les premiers procédés aléatoires qu'il a utilisé pour chorégraphier (Vaughan, 1997, p. 256), ce qui lui permet de créer un nouveau vocabulaire de mouvements:

Parfois je vois des postures ou des mouvements impossibles à faire faire à un danseur. Mais en regardant bien, et longtemps, je pourrais trouver comment y parvenir, sans essayer de reproduire ce qui se passe à l'écran, mais en découvrant, par le regard, de nouvelles manières et une autre façon de penser (Cunningham, cité dans Greskovic, 1991)

Dans le domaine des arts vivants, il est un précurseur des arts technologiques et algorithmiques.

CHAPITRE V

ART ET BIOLOGIE LA MATIÈRE DU VIVANT À L'ŒUVRE

*« Les plus grands efforts de l'art sont toujours
une timide contrefaçon des effets de la nature »*

Honoré de Balzac

Sommaire – Le bioart, c'est la rencontre de l'art et la biotechnologie, la rencontre du biologiste et de l'artiste, une espèce hybride issue de la fusion de ces deux champs disciplinaires. Afin de situer ma recherche personnelle au cœur de ce courant productif de l'art contemporain, je présente dans ce chapitre une typologie du bioart. Je distingue les différents types de pratiques en fonction du substrat biologique employé, du commentaire sociopolitique de l'artiste et du discours technique, en accordant une attention particulière à l'art génétique. Je présente par la suite quelques bioartistes qui, à leurs façons, participent de cette rencontre entre l'art et la science. Mon intérêt porte plus spécifiquement sur les œuvres qui traitent de l'ADN – comme sujet ou comme objet – de même que sur les dispositifs ayant pour thème la sélection naturelle. Ce panorama de l'art biotechnologique me sert de cadre pour définir les conditions de ma pratique expérimentale.

5.1. La rencontre de l'art et de la biologie

Le BioArt est un courant artistique récent aux contours flous, tant dans sa forme que dans ses fonctions et ses objectifs. À la frontière des pratiques scientifiques et artistiques, les bioartistes sont des expérimentateurs, des manipulateurs, à la fois « chercheurs en biologie, en génétique et en art » (Bec, 2005, p. 79). Bioart, le terme en lui-même, n'est pas facile à définir. Eduardo Kac emploie ce terme pour nommer ses travaux impliquant des « agents biologiques », par opposition aux « objets biologiques » (Kac, 2003a, p. 33). Pour Marta de Menezes, il s'agit plutôt « [d']une nouvelle forme d'art, un art créé dans des tubes à essai, utilisant les laboratoires comme ateliers » (de Menezes, 2003, p. 71). Pour Louis Bec, *l'art au vivant*, « désigne l'ensemble des pratiques artistiques, scientifiques et biotechnologiques *lucides, conscientes et explosives*, qui utilisent la matière du vivant à des fins d'expression fortement qualitative et provocatrice en prônant des expériences d'adaptation inventive » (Bec, 2005, p. 71). Selon Hervé Fischer (2005), le bioart, c'est tout simplement « la rencontre entre art et biologie » (p. 143), alors que pour Stephen Wilson (2010), le bioart traite à la fois de bioingénierie, de l'incorporation de messages dans des séquences génétiques, d'expériences de reproduction et de sélection, de recherches sur les cellules souches ou d'expérimentations proprement dites. Ainsi, il est possible de distinguer les multiples pratiques du bioart selon le type de matériau biologique, l'approche expérimentale ou encore les motivations du bioartiste, distinguer entre ce qui « relève de la métaphore et ce qui relève de l'effectivité » (Michaud, 2003, p. 83). Dans le cadre de ma thèse, j'adopterai la proposition de Georges Gessert (1996) en définissant le bioart comme un ensemble de pratiques qui reflète sur les *processus* scientifiques *les significations* culturelles et les *ramifications* politiques de la biotechnologie, une forme d'art qui *utilise* la biotechnologie comme métaphore ou comme matériau de création. Cette interprétation polysémique du terme satisfait le biologiste tout autant que l'artiste en moi.

5.2. Typologie pluraliste du bioart et des bioartistes

Pour Annick Bureau, « l'art biologique engendre deux types de discours. Le premier est technique. [...] Le second type de commentaire, le plus fréquent, est d'ordre social, politique et éthique » (Bureau, 2002, p. 38). Alors que la première classification « catégorise les œuvres selon leur processus de création », la seconde ignore l'aspect purement méthodologique de la démarche artistique en traitant plutôt du discours sur l'œuvre elle-même. Cette typologie « binaire » est détaillée par Jean-Philippe Cointet dans son mémoire de maîtrise sur le bioart.

Tout d'abord, une classification technique:

Du plus général au plus spécifique, on distingue en premier lieu l'art biologique, reposant sur les mécanismes du vivant au sens large [...], l'art biotechnologique, qui s'attache à l'emploi de technologies contemporaines [...], l'art génétique, fondé sur les connaissances et l'utilisation de celles-ci à des fins de manipulation de l'ADN, ou encore dans un registre similaire, l'art transgénique [...] qui s'ingénie à incorporer un gène artificiel dans le patrimoine génétique d'un être, ou le transfert de matériel génétique naturel d'une espèce à une autre. (Cointet, 2004, p.7)

Puis une classification sociopolitique des œuvres:

Une différenciation, selon des critères moins techniques des œuvres est également possible [...], selon le type de discours qu'entretient l'œuvre. Très fréquemment, ces artistes intègrent dans leurs œuvres un discours d'ordre politique, ou du moins d'ordre éthique, qui très majoritairement prend la forme d'une critique ou d'une dénonciation. On trouve néanmoins certains artistes qui s'intéressent aux manipulations du vivant à des fins plus purement esthétiques, voire métaphysiques, tant la structure génétique les fascine et semble pour eux pouvoir faire office de véritable code de la vie. (Cointet, 2004, p.7)

Sans remettre en question ces deux façons de catégoriser l'art biologique, j'établirai dans ce chapitre ma propre typologie du bioart en fonction des objectifs de ma thèse, une classification des différentes pratiques individuelles, tant au niveau de la démarche scientifique (le discours technique) et des revendications des bioartistes (le commentaire sociopolitique), mais aussi en fonction du matériel vivant (le substrat

biologique) employé. Je présenterai les œuvres les plus pertinentes de quelques artistes pour illustrer mes propos. Cette sélection est loin d'être exhaustive¹. Elle ne reflète qu'une infime fraction des applications de la biotechnologie en art, dénotant plutôt mes préférences personnelles, les chercheurs qui ont influencé ma recherche, les pratiques artistiques auxquelles je m'identifie et les œuvres qui résonnent avec le fruit de mes travaux.

5.2.1. Les différents substrats biologiques

Alors que plusieurs artistes utilisent l'humain – *Homo sapiens* – comme matériau, on ne compte plus le nombre d'espèces différentes ayant servi de support à des œuvres biotechnologiques, tant chez les plantes, les insectes et les vertébrés supérieurs que chez les bactéries. Parmi les plus célèbres, citons le lapin (*Oryctolagus cuniculus*) fluorescent d'Eduardo Kac (2003b), les papillons (*Bicyclus anynana* et *Heliconius melphomene*) modifiés par Marta de Menezes (2003), les bactéries (*Escherichia coli*) transgéniques utilisées par Joe Davis (1996), les iris (*Iris chrysophylla*) artificiels produits par George Gessert (2003) et les noyers hybrides (*Juglans hindsii* x *Juglans regia*) clonés par Natalie Jeremijenko (2007). En parallèle à cette diversité taxonomique « d'organismes modèles »², on observe une impressionnante variété de niveaux d'organisation biologique exposés par l'art biotechnologique. Le matériau du bioartiste se décline de l'espèce à la molécule:

¹ Pour une couverture du bioart, le lecteur est invité à consulter les nombreux livres sur le sujet: *L'Art biotech*' (Hauser, 2003a); *The molecular gaze: Art in the genetic age* (Anker et Nelkin, 2004); *Biomediale: Contemporary society and genomic culture* (Bulatov, 2004); *Art and science* (Ede, 2005); *Art et biotechnologies* (Poissant et Daubner, 2005); *Signs of life: bio art and beyond* (Kac, 2007a); *Art in the biotech era* (Pandilovski, 2008); *Art in the age of technoscience: Genetic engineering, robotics, and artificial life in contemporary art* (Reichle, 2009); *Art + Science* (Wilson, 2010).

² Il est notoire que l'essentiel des connaissances en biologie moderne repose sur l'utilisation d'organismes modèles – le rat (*R. norvegicus*), la souris (*M. musculus*), le poulet (*G. g. domesticus*), le poisson zèbre (*D. rerio*), la drosophile (*D. melanogaster*), le vers nématode (*C. elegans*), la levure (*S. cerevisiae*) et la bactérie (*E. coli*) pour ne citer que les plus utilisés. Le choix de certaines espèces par les bioartistes ne fait que perpétuer (à tort ou à raison) le *modus operandi* de la science, à moins que les contraintes technologiques (ou les impératifs des collaborations avec certains laboratoires qui utilisent déjà certaines espèces) affectent la démarche artistique.

organes, tissus, cellules, chromosomes, gènes, rien n'est exclu. Les expériences de croisements (*Pacifica iris*, Georges Gessert), de transgénisme (*Microvenus*, Joe Davis) et de clonage (*OneTrees*, Natalie Jeremijenko) s'attaquent au concept d'espèce même et visent à mettre en lumière « la perméabilité des frontières entre espèces (voir Lapointe, 2010), la continuité qui va du non-vivant aux différents stades de la complexité du vivant » (Bureaud, 2002, p. 39). Pour certains, l'écosystème fait partie de l'équation de la vie et les travaux exposant la compétition, la prédation ou le mutualisme entre espèces (*Le théâtre du Monde*, Huang Yong Ping)³. À des niveaux plus réductionnistes, on distingue des œuvres couvrant l'ensemble des niveaux d'organisation biologique du vivant: les organes (*Extra Ear 1/4 Scale*, TC&A), les tissus (*Pig Wings*, TC&A), les cellules (*Victimless Leather*, TC&A), les chromosomes (*NucleArt*, Marta de Menezes) et l'ADN (*DNA Garden*, Marc Quinn). À ne plus en douter, notre siècle est celui de la biotechnologie (Rifkin, 1999). À cet égard, il coule de source que les œuvres biotechnologiques les plus importantes (celles qui aux yeux du grand public et des médias ont eu le plus d'impact⁴) soient celles ayant recours à la biologie moléculaire pour exprimer à travers l'art le substrat de la vie: l'ADN. Pour mes propres recherches, je m'intéresse à ce champ particulier du bioart qui traite de la molécule d'acide désoxyribonucléique – comme sujet ou comme médium – et de l'impact de la sélection naturelle sur l'évolution du génome.

³ L'exposition *Le théâtre du Monde* de l'artiste chinois Huang Yong Ping est « un vivarium en forme de tortue contenant des serpents, des araignées, des lézards, des scorpions, des mille-pattes, des scolopendres, des cafards, lesquels y seraient abreuvés et pourraient y évoluer librement » (Heinich, 1997, p. 157).

⁴ « Nous sommes à l'heure actuelle au seuil d'un changement paradigmatique majeur qui est la transition historique de l'ère industrielle à l'âge de la biotechnologie. Si cette nouvelle ère biotechnologique promet des percées biomédicales extraordinaires à peine imaginables, elle soulève en même temps des questions fondamentales et inquiétantes, surtout en ce qui concerne la manipulation et l'exploitation du vivant dans des buts spécifiquement économiques » (Rifkin, 1999).

5.2.1.1. L'art génétique

Qu'il s'agisse d'art génomique (*sensu* George Gessert), transgénique (*sensu* Eduardo Kac) ou chimérique (*sensu* Dmitry Bulatov), j'utiliserai sans distinction l'appellation « art génétique » pour désigner l'ensemble des pratiques artistiques pour lesquelles la molécule d'ADN est utilisée, soit à des fins métaphoriques ou de représentation (Nelkin, 1996), soit encore à titre de substrat artistique. Cette distinction entre une pratique artistique qui prend la biologie comme sujet et celle qui la prend comme médium semble indispensable (Travis, 2000): l'art biologique repose non pas sur le vivant, mais sur les mécanismes du vivant. Il n'est pas dans l'ordre du métaphorique et du commentaire sur le biologique, mais dans le réel, dans l'acte *in vivo*. Dans les prochaines sections, je distinguerai les pratiques qui *montrent* l'ADN de façon plus ou moins évidente (ADN thématique), pour ensuite discuter des pratiques qui *utilisent* l'ADN lors du processus de création (ADN structurel).

L'ADN thématique

Depuis la découverte de la structure hélicoïdale de la molécule d'ADN par Watson et Crick en 1953, l'art s'est emparé de cette figure emblématique de la science en proposant divers types de représentation du code génétique. Nous sommes passés de l'ère du signe à l'ère du code (Sichel, 1996). En étudiant l'ADN, les scientifiques ont réussi à expliquer les mécanismes de l'hérédité et à explorer la possibilité de manipulations génétiques. De leur côté, les artistes ont appris à utiliser les structures et les processus génétiques comme thème de leur art (Levy, 1996, p. 20-22). On distingue notamment les artistes fascinés par l'esthétique de la structure moléculaire de l'ADN de ceux qui s'opposent à toute forme d'essentialisme génétique⁵, ceux qui expriment par l'art une peur de la technologie et finalement ceux

⁵ Cette vision déterministe proche de l'eugénisme considère la génétique comme le facteur principal de la condition humaine et que « les gènes sont à l'origine de notre véritable nature, de l'essence même de notre identité » (Nelkin et Lindee, 1998, p. 21).

qui utilisent la métaphore génétique pour représenter l'identité des individus (Nelkin, 1996, p. 56). Dans *The Molecular Gaze*, Suzanne Anker et Dorothy Nelkin (2004) proposent une typologie iconographique de l'ADN en trois catégories – icônes, indices et symboles – selon la sémiologie de Charles S. Peirce (Samson, 2008). Les *icônes* « sont des représentations de l'ADN qui reflètent avec fidélité le sujet du portrait » (Anker et Nelkin, 2004, p. 27), telles que les images qui représentent la double hélice ou les chromosomes (*Chromosome Chart of Suzanne Anker, Artist*, Suzanne Anker). Les *indices* « sont des représentations indirectes de la molécule de l'ADN » (Anker et Nelkin, 2004, p. 31), telles que les autoradiogrammes associés à l'empreinte génétique d'un individu (*Designer Gene*, Dennis Ashbaugh; *Genetic Self-Portrait*, Gary Schneider). Enfin, les *symboles* « sont basés sur des conventions sociales associées à l'objet représenté » (Anker et Nelkin, 2004, p. 33), notamment la séquence des lettres – ATCG – représentant les nucléotides qui composent la molécule d'ADN (*DNA Portraits*, Kevin Clarke; *DNA Panties*, Joe Davis) ou les acides aminés correspondants (*Proteic Portrait*, Marta de Menezes). Ces portraits génétiques qui montrent l'invisible visent à exprimer l'individualité génétique des sujets (Clarke, 1996). Chez d'autres artistes, l'ADN est bien plus qu'un thème, mais un véritable substrat de création.

L'ADN structurel

Rares sont les artistes ayant eu recours au médium de l'ADN à des fins artistiques. Parce qu'il n'est pas encore possible de produire de l'art transgénique à l'extérieur des laboratoires scientifiques, ce type de démarche implique nécessairement une collaboration entre bioartistes et chercheurs en biologie (à moins que l'artiste soit biologiste). Pour Georges Gessert, on distingue deux types d'art génétique en fonction du matériau: vivant ou non-vivant (Gessert, 2008, p. 8). Joe Davis (2003) quant à lui définit deux sous catégories d'œuvres sur le vivant. L'une « comprend les œuvres recourant à des interventions génétiques pour modifier de

manière visible le phénotype d'un hôte » (p. 63). Le lapin transgénique *Alba* créé par (ou pour) Eduardo Kac correspond à cette première sous-catégorie. Dans la seconde, « au contraire, la création s'exprime sous forme moléculaire, en tant que génotype. L'œuvre est constituée d'ADN [...] mais n'est pas destinée à affecter directement le phénotype des organismes hôtes » (p. 63). La *Microvenus* de Joe Davis appartient à cette sous-catégorie.

Pour la première fois dans l'histoire, la biotechnologie rend possible un des rêves démiurgiques de l'art. Non seulement imiter la vie, mais créer la vie, la manipuler, la transformer:

Alors que création artistique et création de la vie semblent se condenser, on pourrait penser que l'art réalise enfin le leitmotiv qui a traversé toutes les avant-gardes: voir l'art s'inscrire directement dans la vie. On pourrait aussi croire que la fonction première de l'art et de la création arrive enfin à terme, et que l'humain, prenant en charge un destin jusque là dirigé par Dieu ou le hasard, s'investit d'un rôle de grand maître d'œuvre. (Poissant, 2005, p. 1).

Dans tout type de démarche basée sur l'ADN, « [...] l'attention de l'artiste ne se concentre exclusivement ni sur la fabrication d'un produit chimérique, ni sur l'obtention d'un résultat [...], mais plutôt sur le *médium* qui l'aide à obtenir un résultat et sur ce qu'il en pense personnellement » (Bulatov, 2005, p. 87). Mais, comme le souligne Louise Poissant: « les artistes sont-ils réellement habilités à manipuler les enjeux découlant des pratiques scientifiques ayant cours dans ce domaine ? » (Poissant, 2005, p. 9). En conséquence, le *discours* sur l'œuvre prime souvent sur l'œuvre elle-même.

5.2.2. Les motivations et revendications des bioartistes

Notre siècle est celui de la biotechnologie et la biotechnologie fait peur. Les OGM, le clonage, le transgénisme, les techniques de reproduction assistée ou les recherches sur les cellules souches font maintenant partie de notre quotidien, mais les conséquences à long terme de ces manipulations génétiques sont encore débattues par

les experts autant qu'au sein du public en général.

Ces pratiques sur le vivant, et donc sur nous-mêmes, font peur et réveillent les angoisses d'un déterminisme génétique que la science rend désormais possible. Tant que ces pratiques restaient cloisonnées dans les laboratoires et étaient contrôlées par les comités d'éthique, nous nous sentions protégés des dérives potentielles de la science. L'entrée des artistes dans les laboratoires fissure ces barrières de protection à double sens. (Barron, 2005, p. 62)

On a peur de ce qu'on ne comprend pas. Dès lors, le bioartiste occupe une place de pédagogue, un médiateur pouvant, autant que possible, apaiser – ou attiser – cette peur de la biotechnologie. En déplaçant dans l'arène publique le débat éthique, à l'extérieur des murs du laboratoire, il provoque une confrontation entre l'art et la science, il pose des questions que les comités de recherches universitaires ignorent souvent. Pour Louise Poissant, « le bioart semble prendre deux directions apparemment adverses et émergeant de motivations incompatibles: un désir d'*empowerment* et d'éternité d'une part, et un désir de contrôle et de préservation de l'intégrité de la vie telle qu'elle se présente d'autre part » (Poissant, 2005, p. 5). Certaines pratiques visent à caricaturer (*The Workhorse Zoo*, Adam Zaretsky) ou à critiquer la recherche en génétique (*Cult of the New Eve*, Critical Art Ensemble) dans le cadre de performances scandaleuses, tandis que d'autres s'intéressent à la représentation de la biotechnologie à des fins purement esthétique (*Ars Chimaera*, Dmitry Bulatov) ou métaphysique (*Nature?*, Marta de Menezes; *Genesis*, Eduardo Kac). Les différentes approches couvrent un spectre de motivations recensées par Stephen Wilson (2010):

[...] certains travaux célèbrent les réalisations de la science; d'autres critiquent son arrogance. (p. 11)

[...] certains artistes, après s'être profondément imprégnés de la pratique scientifique concernée, créent des événements qui tout à la fois démystifient la science et permettent au public de participer au débat. (p. 13)

[...] certains célèbrent la curiosité des chercheurs et leurs avancées dans la compréhension de la nature de la vie et dans leurs interventions sur le sujet;

d'autres, adoptant un point de vue critique, utilisent l'art pour explorer la face obscure de l'exubérance scientifique et pour déconstruire des hypothèses non validées sur la façon dont la science conceptualise, visualise et opère. (p. 20)

[...] certains artistes ont acquis une formation scientifique suffisante pour leur permettre de s'aventurer sur leurs propres voies de recherche, pendant qu'un certain nombre d'autres ne s'intéressent à la recherche que pour identifier les problèmes et générer des discours à l'aide de techniques traditionnelles telles que la peinture ou la sculpture. (p. 20)

[...] d'autres artistes adoptent une position plus polémique vis-à-vis certains aspects sociopolitiques controversés de la bio-ingénierie, comme par exemple le risque de corruption de la recherche scientifique que pourraient entraîner les profits potentiels de l'application de ces techniques. (p. 21)

Enfin, [...] certains artistes sont proprement révoltés par les possibles conséquences de la bio- ingénierie et les chimères auxquelles elle pourrait donner lieu. (p. 22)

Comme on peut le voir, le discours sociopolitique des bioartistes n'est pas monolithique; il oppose, « d'un côté, les apologétiques discours officiels de la technoscience, et de l'autre, une paranoïa basée, à tort ou à raison, sur l'inquiétude, ou sur le refus raisonné de cette accélération » (Hauser, 2003b, p. 10). Pour la plupart, il ne s'agit, ni de faire peur (Ballengée, 2007), ni de ridiculiser la science (Zaretsky, 2005), mais de faire face aux enjeux éthiques des pratiques sur le vivant, faire face à un nouveau champ de pratiques hors du champ traditionnel de l'art, faire face aux défis techniques de la biotechnologie.

5.2.3. *Le discours technique*

En parallèle au choix du médium biologique⁶ et des commentaires – positifs ou négatifs – portés sur la science, les artistes en art biotechnologique ont aujourd'hui

⁶ Roy Ascott (2008) utilise le terme de « médiums humides » (*moistmedia*) pour parler des œuvres d'art génétiques qui n'emploient ni les « médiums secs » de la virtualité, ni les « médiums mouillés » de la biologie.

accès à toute une panoplie de méthodes et techniques auxquels seuls les (micro)biologistes étaient jusqu'ici exposés.

Les artistes sont entrés dans le laboratoire. Ils transgressent délibérément les procédures de la représentation et de la métaphore pour passer à l'acte d'une manipulation du vivant lui-même. La biotechnologie n'est pas seulement un *thème*, mais un *outil*. (Hauser, 2003b, p. 9)

La science leur offre une technologie, mais aussi un *processus* grâce auquel l'art devient possible (Levy, 1996, p. 23). Plus souvent qu'autrement, les bioartistes se retrouvent néanmoins « dans une position inconfortable, car pour pouvoir avoir accès à ce type de recherches, il faut travailler avec des chercheurs, ou mieux encore être soi-même un chercheur » (Barron, 2005, p. 63). Dans les faits, « [...] assez peu d'artistes tentent des expériences concrètes [...] pour des raisons contingentes: ils n'ont pas d'accès aux technologies, aux savoir-faire, aux laboratoires » (Poissant, 2005, p. 8). De plus, rares sont les bioartistes ayant une formation académique en biologie ou en génétique. L'art biotechnologique est un art de collaboration, pratiqué en dehors des lieux d'exposition traditionnels; « les sites où de telles activités sont réalisées – la galerie d'art, la foire scientifique, la salle de classe, le laboratoire – en disent beaucoup sur le *modus operandi* du bioart » (Thacker, 2005, p. 319). En s'appropriant les outils de la biotechnologie, l'artiste investit un nouveau *champ des possibles* en révélant au grand jour les percées de la génétique et plus récemment de la génomique, de la protéomique, de la transcriptomique et autres « omique » à la mode (Petit, 2006). La culture de cellules (*Victimless Leather*, TC&A), la xenogreffe (*Ear on Arm*, Stelarc), la coloration des chromosomes (*NucleArt*, Marta de Menezes), le clonage (*DNA Garden*, Marc Quinn) et l'électrophorèse (*Latent Figure Protocol*, Paul Vanouse) font partie des techniques couramment utilisées dans les laboratoires scientifiques, techniques que les bioartistes emploient aujourd'hui dans le cadre de recherches aux frontières de l'art. Jens Hauser prévient que « tant que l'on ne considèrera les 'artistes biotech' qu'à travers le choix de leurs outils, ils seront attendus au tournant » (Hauser, 2003b, p. 14). Comme je l'ai démontré ailleurs

(Lapointe, 2011; Annexe D), le discours sur l'art biotechnologique doit tenir compte à la fois de la technique, de la taxonomie du médium, du niveau d'organisation biologique et du commentaire sociopolitique. On ne peut réduire une œuvre à l'une seule de ses multiples composantes. Dans les prochaines sections de ce chapitre, je vais approfondir ma réflexion en donnant des exemples de la démarche « scientifique » de certains bioartistes, qu'ils traitent avec l'ADN comme thème ou comme médium, qu'ils utilisent la sélection naturelle de façon métaphorique ou effective, que ce soit à l'aide d'expérience réalisées *in vitro* ou *in vivo*.

5.3. Panorama du bioart contemporain

5.3.1. Marc Quinn: l'ADN et le portrait

Tout comme Sam Taylor-Wood et Damien Hirst, Marc Quinn fait partie des Young British Artists, groupe de plasticiens, sculpteurs, photographes reconnus pour leur « tactique du choc » de même que pour l'usage de matériaux inhabituels. Pour Quinn, « la chair, le sang, les excréments, le squelette humain, les carcasses d'animaux et le stockage d'information de l'ADN figurent parmi les matériaux de l'artiste » (Zeppetelli, 2007, p. 9). Ses œuvres « vont du bronze avec pénis en érection à l'éprouvette d'ADN » (Nead, 2007, p. 23). Notamment, son autoportrait (*Self*) représente un « moulage » de sa tête constitué avec son propre sang⁷ (Nelkin, 2007). « Si l'art est physique pour Quinn, il exprime donc une corporéité dotée de surface et de profondeur; il exprime une existence vécue et une vie biologique après la mort » (Nead, 2007, p. 23).

Ce rapport à la mort pour *Self* contraste avec ses œuvres qui font l'éloge de la vie. *DNA Garden* « est constituée d'un cadre en acier inoxydable, de gel d'Agar, de colonies de bactéries et de 75 lamelles de différentes plantes clonées ainsi que de

⁷ Cette œuvre doit être congelée pour être exposée afin d'éviter toute dégradation; une nouvelle version est produite à tous les 5 ans.

deux échantillon d'ADN humain. [...] L'ADN est destiné à souligner la similarité génétique entre l'humain et les autres formes de vie » (Wilson, 2010, p. 34).

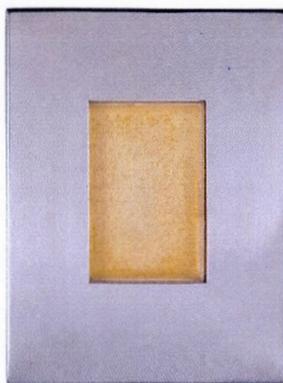


Figure 5.1. Portrait of John E. Sulston, de Marc Quinn

L'œuvre présente une colonie de bactéries contenant des gènes du fondateur du Projet du Génome Humain, à l'intérieur d'un cadre en acier réfléchissant l'image du regardeur.

De même, son *Portrait of John E. Sulston* (Figure 5.1) se présente sous la forme d'une colonie de bactéries portant une partie du génome du père du Projet du Génome Humain:

De montrer une petite section, prélevée au hasard, de l'ADN [...] est une façon de suggérer à la fois la spécificité des individus et une possibilité infinie et arbitraire. [...] visualiser un segment de l'ADN revient à représenter la délicate interconnexion de toutes choses vivantes. [...] En définitive, ceci représente une chute libre dans le vortex nous reliant au mythe le plus fondamental de l'origine, à ce mystérieux organisme unicellulaire dont nous sommes tous issus. (Zeppetelli, 2007. p. 11)

Quinn n'est pas le seul artiste s'étant inspiré de l'ADN pour faire un portrait, le sien ou celui d'une célébrité. Citons notamment le travail de Kevin Clarke (Clarke, 1996) et de Gary Schneider (Samson, 2008). Mais Quinn va plus loin que ses contemporains en utilisant l'ADN comme médium et en proposant (imposant) une lecture différente de ses portraits. L'utilisation de matériaux réfléchissant, un cadre-miroir, évoque chez le regardeur une mise en abyme entre l'ADN présenté et notre propre nature génétique (Quinn, 1997).

5.3.2. Joe Davis: le Maître de l'invisible

Pour plusieurs historiens de l'art, Joe Davis incarne le précurseur du mouvement artistique appelé bioart. Ce pirate des temps modernes⁸, expulsé de trois écoles secondaires et de deux collèges, flirte avec les outils de la biotechnologie en transgressant constamment les frontières poreuses de l'art et de la science. Son travail ne laisse personne indifférent, à tort ou à raison. Déjà en 1986, Joe Davis se fit remarquer en utilisant les ondes des radiosatellites du Massachusetts Institute of Technology (MIT) et de la NASA⁹ pour communiquer avec les extraterrestres (Davis, 2007, p. 255). Mais lorsqu'on découvrit que le message consistait à enregistrer les contractions vaginales des danseuses du Boston Ballet, le projet *Poetica Vaginal* fut interrompu manu militari (Gibbs, 2001). On ne badine pas avec la NASA. De même, lorsqu'il tenta de faire voler une grenouille en lui implantant des senseurs neuronaux pour activer des « ailes », il fut accusé de cruauté par les défenseurs des droits des animaux. On ne badine pas avec PETA¹⁰.

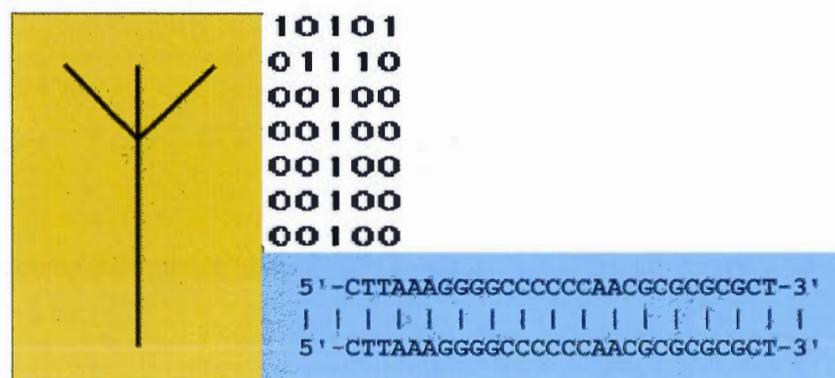


Figure 5.2. Les différentes étapes de la création du gène de la Microvenus, de Joe Davis

La rune représentant la Vie est représentée par un bitmap (0-1) avant d'être recodée par une séquence génétique transfectée dans une bactérie (Davis, 1996).

⁸ Joe est unijambiste, victime d'un accident dont il parle peu. Il a fabriqué lui-même sa prothèse, une jambe de métal ajustable avec des trous. Il l'enlève pour jouer de la flûte ou pour s'en servir comme ouvre-bouteille.

⁹ La NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) est l'agence spatiale américaine.

¹⁰ La PETA (*People for the Ethical Treatment of Animals*) est une organisation radicale américaine de défense des droits des animaux.

Depuis qu'il a intégré le MIT, Joe Davis ne cesse de jouer avec le code génétique et le symbolisme moléculaire (*DNA Manifolds*) pour détourner les pratiques scientifiques et proposer des œuvres d'art inspirées de la génétique. Pour *DNAGraphy*, il reproduit *l'Origine du Monde* de Courbet en plusieurs exemplaires grâce à un procédé d'émulsion photographique sur molécules d'ADN (Browaeys, 2003). Ses *DNA Panties* se présentent sous la forme de sous-vêtements – masculins ou féminins – portant la séquence imprimée du gène de CMH¹¹, alors que les *DNA Flags* s'inspirent des drapeaux de prières tibétains. En 1989, il crée la *Microvenus*, œuvre d'art génétique encodée dans le génome d'une bactérie. Ce projet réalisé dans le laboratoire d'Alexander Rich¹², s'articule en différentes étapes. Premièrement, choisir l'œuvre à introduire dans une bactérie; en l'occurrence la représentation graphique d'un génitalia féminin, la plus vieille rune connue ayant comme signification iconographique la *Vie* ou la *Terre Mère* (Figure 5.2). Deuxièmement, traduire ce caractère graphique en une matrice binaire (bitmap) de 7 lignes et 5 colonnes (Figure 5.2). Troisièmement, recoder les 35 caractères binaires sous la forme d'une séquence génétique¹³ qui représente la *Microvenus* (Figure 5.2). Finalement, transfecter ladite séquence au sein du génome d'*Escherichia coli*, une

¹¹ Le complexe majeur d'histocompatibilité (CMH) est responsable de la reconnaissance immunologie du soi et des autres. Parce qu'un individu au CMH très diversifié sera doté d'une meilleure protection immunologique, il est admis qu'une femelle va préférer un partenaire sexuel avec un CMH très différent du sien pour engendrer des enfants plus résistants. Plusieurs études ont proposé que les mammifères seraient capables de détecter olfactivement le MHC de leur partenaires; hypothèse corroborée chez les humains (Wedekind *et al.*, 1995), sauf pour les femmes qui prennent la pilule contraceptive (Roberts *et al.*, 2008). Les *DNA Panties* de Joe Davis viennent corriger ce problème en « affichant » le CMH des partenaires de façon à favoriser la sélection sexuelle.

¹² Ce biologiste américain est professeur au MIT et à l'Université Harvard. Membre de l'Académie des sciences, il a découvert les polysomes. Il a été chercheur postdoctoral au laboratoire de Linus Pauling – prix Nobel de chimie (1954) et prix Nobel de la paix (1962) – en même temps que James Watson – prix Nobel de médecine (1962) – le codécouvreur de la structure de l'ADN.

¹³ La méthode employée par Joe Davis pour encoder la matrice binaire (bitmap) représentant la *Microvenus* à l'aide d'une séquence génétique de nucléotides est assez complexe. L'explication se trouve dans son article de 1996 publié dans *Leonardo*.

bactérie coliforme retrouvée notamment dans l'intestin de tous les mammifères¹⁴. À chaque fois que la bactérie transfectée se reproduit par division cellulaire, deux copies identiques de l'ADN de la *Microvenus* sont copiées. Ainsi, Joe Davis est l'auteur de l'œuvre d'art la plus reproduite dans le monde: « à ce jour, il en a été créé plus de copies qu'il n'a jamais été imprimé (et ne seront probablement jamais imprimées) de caractères dans tous les alphabets » (Davis, 2003, p. 64). On peut en compter des centaines de trillions (10^{17}) qui peuvent facilement tenir dans une bouteille. Pourtant, d'aucuns pourraient prétendre que cette œuvre invisible relève davantage de l'art conceptuel que de l'art biotechnologique. D'autres plus cyniques pourraient même juger de l'authenticité de la *Microvenus*. Si on ne peut la voir, est-ce qu'elle existe vraiment ? Mais comme le défend Joe Davis, « l'ADN, y compris celui de *Microvenus*, et les invisibles structures cellulaires qui le contiennent, est bien réel » (Davis, 2003, p. 64). Il ne s'agit ni d'un concept, d'une métaphore, d'un simulacre, d'une mise en scène ou d'une exposition virtuelle de la biotechnologie. Par définition, les bactéries porteuses de l'ADN *Microvenus* sont de véritables « organismes génétiquement modifiés » (Davis, 2003, p. 64). À ce titre, il s'agit sans conteste de la première œuvre transgénique¹⁵.

5.3.3. Eduardo Kac: genèse et transgenèse

La star du bioart, c'est lui ! *Alba*, le lapin fluorescent, c'est de lui. Eduardo Kac fait la distinction entre le bioart et l'art qui utilise exclusivement les mediums traditionnels ou digitaux pour représenter des thèmes biologiques: par exemple, un

¹⁴ Il est possible d'introduire une séquence synthétique de nucléotides à l'intérieur d'une bactérie à l'aide d'un plasmide, une molécule circulaire servant de vecteur d'ADN. Pour *Microvenus*, les plasmides *pUC 19* et *pSK M13+* furent utilisés (Davis, 2003, p. 72).

¹⁵ Comme je le faisais remarquer à Joe Davis en janvier 2010, on trouve une « version courte » du gène de la *Microvenus* dans la nature (CCCCCAACGCT). En représentant le pictogramme par un bitmap 5 x 5 (à la place du 7 x 5 original, voir Figure 5.2), on obtient selon le même système de codage une séquence de 12 nucléotides (au lieu de 18 nucléotides). Or, cette séquence se retrouve intégralement au sein du *HIVEPI*, un gène codant pour une protéine inhibitrice du VIH. L'art imite la nature ou la nature imite l'art ?

tableau représentant un chromosome ou une photo numérique qui évoque le clonage. Le bioart est un art *in vivo*. Contrairement à l'approche informatique qui cherche à simuler les processus évolutifs *in silico*, le bioart invente de nouveaux objets, mais surtout de nouveaux sujets (Kac, 2007b, p. 19). Figure emblématique de l'art transgénique qu'il définit en 1998 (Kac, 1998), il propose comme premier projet l'idée d'un chien exprimant la protéine vert fluorescent (*GFP-K9*), mais ce n'est qu'en 2000 qu'il présente au monde *Alba*, la lapine fluo (Kac, 2003b): « son projet intitulé *GFP Bunny* (du nom de la protéine donnant sa couleur au lapin) [...] englobe la création du lapin vert fluorescent, le débat public suscité par le projet et l'intégration sociale du lapin » (Cointet, 2004, p. 17). En se révélant au monde, *Alba* a ouvert le débat sur l'utilisation d'organismes génétiquement modifiés en art. En modifiant le génome du lapin, l'artiste intervient directement dans l'ontogénie et la phylogénie¹⁶ des organismes (Kac, 2007b, p. 20), il change le cours normal des choses. Pour Kac cependant, les organismes transgéniques fabriqués de toute pièce en laboratoire sont aussi « naturels » que les organismes produits par la sélection naturelle:

L'idée reçue selon laquelle les êtres transgéniques ne sont pas « naturels » est fausse [...] le projet génome humain a clairement révélé que tous les hommes ont dans leur génome des séquences provenant de virus¹⁷ [...] cela prouve que nous portons dans notre corps de l'ADN d'organismes non humains. (Kac, 2003a, p. 41)

Dès lors qu'il travaille avec les biomedias, l'artiste manipule la vie « et toute forme de manipulation de la vie fait partie de l'évolution » (Kac, 2007b, p. 3). Mais en exhibant des organismes vivants hors de leur contexte, le bioart créé ce que Jens Hauser (2003b) appelle un « ready-made scientifique ». Pour Cointet, « la lapine fluo d'Eduardo Kac n'est pas une œuvre d'art en elle-même. C'est sa mise en scène hors

¹⁶ La théorie de la récapitulation biologique proposée par Ernst Haeckel (1866) stipule que les stades de l'évolution (la phylogénie) d'une espèce sont reproduits lors des différents stades du développement ontogénétique (l'embryologie et la croissance) d'un organisme – idée reprise par Freud pour élaborer sa théorie de la psychanalyse (Duvernoy Bolens, 2001).

¹⁷ On estime que près de 8% des gènes du génome humain seraient d'origine virale (Feschotte, 2010).

laboratoire qui suscite l'émotion; soudain, on réalise que les êtres vivants qui nous entourent sont des fabrications » (Cointet, 2004, p. 65). Mais le sont-ils vraiment ? Pour plusieurs, *Alba* n'est qu'une image modifiée avec Photoshop, même si Kac affirme que la photo est vraie. Personne n'a jamais vu le lapin fluo de son vivant¹⁸. *Alba* est morte dans des circonstances aussi vagues que les conditions de sa fabrication (Anker et Nelkin, 2004, p. 95).

Genesis est une autre œuvre d'Eduardo Kac, une installation multimédia qui explore « l'étroite relation entre la biologie, les systèmes de croyance, les technologies de l'information, l'interaction dialogique, l'éthique et Internet » (Kac, 2003a, p. 39).

Cette œuvre transgénique a été réalisée avec des bactéries *E. coli* modifiées par l'artiste, de la lumière ultraviolette et des éléments vidéo et internet. Sur la droite, se trouve un extrait du livre de la Genèse affirmant la supériorité de l'homme sur les autres créatures¹⁹, tandis qu'à gauche les lettres composant ce texte sont converties en structures de base d'ADN. L'image circulaire apparaissant au centre est la projection en direct d'une vue au microscope d'une colonie de bactéries que l'artiste a modifiées afin qu'elles intègrent le code biblique. Les internautes ont la possibilité d'allumer les lampes ultraviolettes braquées sur les cultures, provoquant ainsi des mutations chez les bactéries dont l'ADN a été retraduit en une nouvelle version de la citation biblique. (Wilson, 2010, p. 25)

¹⁸ Pour Bureaud (2009) tout art génétique repose sur cette *croyance* du public, une foi aveugle en ce qu'on lui propose, en absence de toute preuves visuelles: « la seule manière de 'vérifier' les dires des artistes est d'utiliser les mêmes méthodes scientifiques dans des laboratoires identiques et avec les mêmes connaissances » (p. 39). Or, comme le souligne Karine Cloutier dans sa maîtrise sur Eduardo Kac, « à moins de disposer du temps, des connaissances, du matériel et de la volonté de reproduire exactement l'expérience scientifique proposée dans le cadre d'un projet artistique, le spectateur ne dispose donc d'aucun moyen tangible pour vérifier la thèse de l'artiste » (Cloutier, 2006, p. 101). On parle ici de cette notion d'*authenticité* si chère à l'art (voir Heinich, 1999b). Mais l'est-elle vraiment ? L'une des œuvres les plus diffusées, discutées, interprétées, critiquées en bioart est certainement *Alba*. Bien des biologistes s'entendent pour dire qu'elle n'a jamais existé (voir Copfer, 2012). Est-ce que le discours sur l'œuvre aurait été si important si *Alba* n'avait été qu'une chimère virtuelle, un montage photo ? Pour Cloutier (2006), « peu importe qu'il s'agisse d'un canular scientifique ou non, l'œuvre réside dans les idées et les concepts du projet, et non dans sa réalisation scientifique » (p. 101). La réaction du public est engendrée par une foi envers l'artiste, sans aucun requisit d'authenticité de l'œuvre. C'est l'originalité de la démarche qui prime alors sur la sincérité de l'artiste.

¹⁹ Le verset original de la Genèse est en français: « *Soumettez tous les poissons de la mer, tous les oiseaux du ciel et toutes les formes de vie sur terre* » (Genèse, 1, 26 et 28).

L'élément principal de l'œuvre est ce « gène d'artiste » synthétisé en laboratoire par (ou pour ?) Eduardo Kac afin d'insérer dans les bactéries le verset de la Genèse, un gène artificiel qui n'existe pas dans la nature (Cointet, 2004, p. 18). Mais contrairement à Joe Davis qui utilise le code binaire, c'est le code Morse (Figure 5.3) qui a permis à Kac de traduire la citation biblique en séquence d'ADN²⁰.

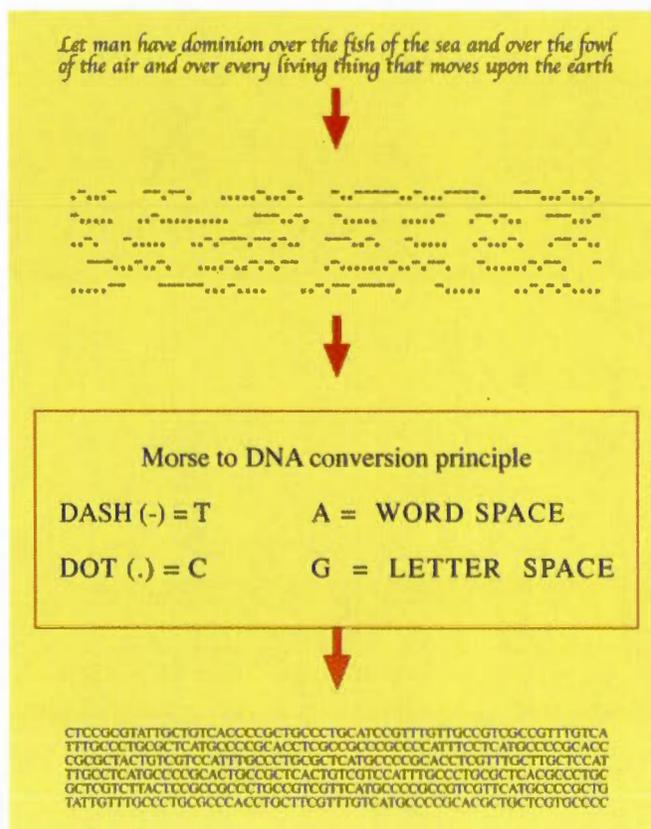


Figure 5.3. Les différentes étapes de la création de Genesis, d'Eduardo Kac

À partir d'un verset de la Genèse recodé à l'aide du code Morse, l'artiste utilise une méthode de conversion génétique en remplaçant les tirets, les points, les espaces entre les lettres et les espaces entre les mots par les quatre nucléotides de l'ADN correspondants. Le gène ainsi obtenu est par la suite transfecté dans une bactérie soumise à des rayons UV qui entraînent des mutations de l'ADN, donc du verset biblique.

²⁰ C'est ce que Brodyk (2008) appelle un *non-code* (un code qui n'est pas reconnu comme une protéine naturelle au sein du génome)

Dans l'installation *Genesis*, les deux versions du texte – la phrase tirée de la Genèse et le gène d'artiste – sont projetées sur deux murs se faisant face. L'œuvre « met en parallèle un langage naturel, une logique binaire, et un code ADN, selon le mode de comparaison de la pierre de Rosette, [elle] rend compte de l'interconnexion de trois domaines de la pensée humaine: Science, Religion, et Art » (Cointet, 2004, p. 20).

5.3.4. *Marta de Menezes: phénotypes artificiels*

Pendant que Joe Davis et Eduardo Kac s'amusaient à créer des chimères transgéniques en modifiant directement le génome des organismes, d'autres artistes généraient en laboratoire de nouveaux types d'organismes en affectant leur phénotype sans manipuler le génotype. Marta de Menezes est la reine de ce type d'interventions biotechnologiques. Elle utilise comme matériaux « l'ADN, les molécules, les cellules ou les organismes; son studio est un laboratoire de recherche scientifique » (Amado, 2008, p. 88). Sa démarche explore notamment les frontières entre la science et l'art, entre le naturel et l'artificiel (de Menezes, 2007, p. 218). Comme Marc Quinn elle a fait son autoportrait, un *Proteic Portrait* utilisant non pas l'ADN mais la séquence – *MARTAISAVELRIVEIRDEMENESESDASILVAGRACA* – des 38 acides aminés représentant son nom portugais. Tout comme Joe Davis, elle peint avec l'ADN pour créer *NucleArt*, une œuvre utilisant une technique de coloration du noyau des cellules qui permet de visualiser la position des chromosomes.

Pour *Nature?*, elle modifie le patron de coloration des ailes de papillons *Bicyclus* et *Heliconicus* (de Menezes, 2003, p. 71). En perçant les chrysalides à l'aide d'une aiguille, elle affecte le développement ontogénique de l'organisme et obtient de nouveaux motifs sur les ailes (Figure 5.4). Elle crée des *organismes modifiés phénotypiquement* pour des raisons purement esthétiques.

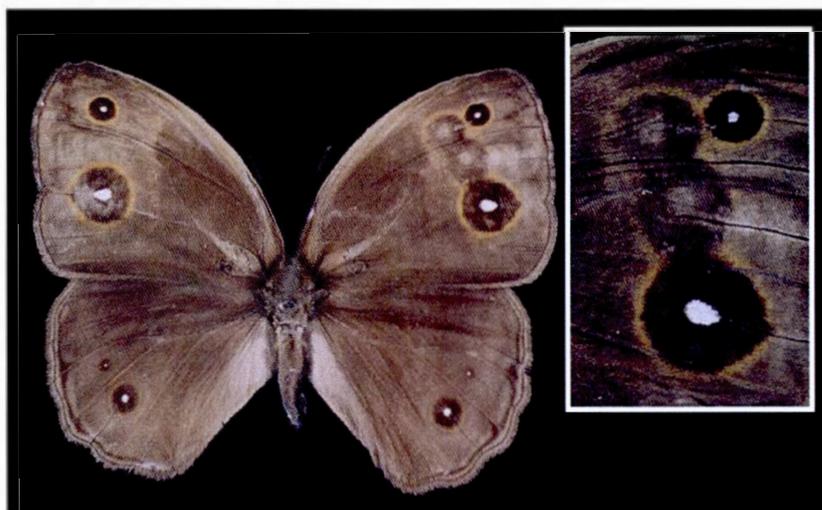


Figure 5.4. Papillon *Bicyclus* transformé par Marta de Menezes pour l'œuvre *Nature?*
Il est à noter qu'une seule des deux ailes est modifiée phénotypiquement.

Le résultat prend donc la forme d'un papillon, totalement naturel, mais résultant néanmoins pour son apparence d'une intervention humaine. Une seule aile des papillons est modifiée; le motif naturel, issu de siècles d'évolution, fait donc face au motif transformé sur le même papillon. L'asymétrie observable permet ainsi de souligner les similitudes et les différences entre le manipulé et le non manipulé (Cointet, 2004, p. 28) [...] entre le naturel 'innovant' (de Menezes, 2003, p. 71).

À l'instar de Kac, les interventions artistiques de Marta de Menezes soulèvent plusieurs questions éthiques. Son travail concerne la frontière entre la sélection naturelle et la sélection artificielle. Pour elle « l'humanité a toujours manipulé la nature pour des raisons esthétiques. Les chats, les chiens, les fleurs et les récoltes d'aujourd'hui sont de parfaits exemples de cette sélection artificielle » (de Menezes, 2003, p. 71). Or les papillons de *Nature?* ne sont pas de nouvelles « espèces » de lépidoptères. L'œuvre disparaît au moment même où le papillon s'éteint. Marta de Menezes pratique un art de la longévité – la longévité d'un papillon.

5.3.5. *George Gessert: la sélection comme démarche*

Il y a de ces artistes pour qui la beauté esthétique est une fin en soi, imiter la beauté de la Nature telle que produite par la sélection naturelle. Ces bioartistes ont un art « ayant pour thème la biodiversité [qui] nous rappelle que ‘l’art génétique’ – bien qu’à petite échelle – se trouve aussi dans chaque jardin » (Hauser, 2003b, p. 12). Pour Georges Gessert, « l’art est la nature » (Gessert, 2001). Depuis 1985, il produit des hybrides de plantes, des croisements ayant pour but de sélectionner artificiellement certaines propriétés esthétiques: couleur, forme, patron, valeur, texture (Gessert, 2007, p. 191). Sa démarche artistique questionne Walter Benjamin (1939/2007) qui pensait que les œuvres d’art reproduites en grande série perdaient leur puissance esthétique. Selon Gessert, les plantes ornementales prouvent le contraire (Gessert, 2003, p. 51). L’hybridation représente pour lui une simple extension de la peinture. Il utilise les adjectifs « beau, extravagant, ennuyeux, timide, vigoureux et étrange » (Anker et Nelkin, 2004, p. 66) pour décrire les caractéristiques des plantes qu’il « peint » en laboratoire (Figure 5.5). Tout comme Eduardo Kac, il affecte le génotype des plantes qu’il sélectionne. Tout comme Marta de Menezes, il affecte le phénotype des plantes qu’il sélectionne. Mais à la différence de ces deux autres bioartistes, Georges Gessert ne manipule pas les organismes avec des procédés biotechnologiques. Il applique tout simplement les forces de la sélection pour créer de nouvelles formes de vie, des hybrides artificiels qu’il introduit dans la nature.

Les artistes transgressent-ils un interdit lorsqu’ils sélectionnent des plantes ou des animaux, ou utilisent les outils de la biotechnologie ? Les scientifiques franchissent pourtant quotidiennement cette limite (Gessert, 2003, p. 47) La génétique sert aujourd’hui à la commodification de la vie, mais l’art offre d’autres possibilités. (Gessert, 2007, p. 196)

L’art de George Gessert place les mécanismes de l’évolution biologique au cœur de sa pratique et de sa démarche, non comme thème, mais comme processus de création. Pour lui, « l’évolution est l’affaire de tout le monde » (Gessert, 2007, p. 192). En explorant le potentiel de la génétique et de l’évolution, les artistes ouvrent un champ

de création qui dépasse l'entendement. Après être descendu dans la rue (Buren, 1998), « l'art contemporain descend aussi dans la vie » (Hauser, 2003b, p. 11).



Figure 5.5. Hybride d'iris généré de façon artificielle par George Gessert

CHAPITRE VI

ART, BIOLOGIE ET HASARD LES PROCESSUS DU VIVANT EN ACTION

*« La formule de l'art à venir, c'est d'imiter la nature:
et surtout d'imiter la manière dont crée la nature »*

August Strindberg

Sommaire – Alors que certains artistes utilisent le matériau du vivant – les tissus, les cellules, les molécules – comme substrat de création, d'autres s'emploient à reproduire les processus du vivant dans leurs pratiques. Tout un champ de l'art génératif emprunte à la biologie de l'évolution en créant, à l'aide d'algorithmes génétiques, des œuvres entièrement autonomes; le fruit de la mutation et de la sélection naturelle. Dans ce chapitre, j'expose les bases théoriques de cette approche qui fait partie de ma démarche artistique. Suite à quelques rappels sur la théorie de l'information et son utilisation en génétique, je propose différentes notions mathématiques de l'esthétique. Je distingue les différentes étapes de tout algorithme génétique, avant de présenter l'algorithme choréogénétique qui est utilisé dans le cadre de ma thèse. L'idée générale étant ici d'appliquer la sélection naturelle de manière objective, ce chapitre permet de faire le lien entre les mutations génétiques de la biologie et les opérations chorégraphiques de la danse.

6.1. La vie, *in silico*

On inclut dans le champ du bioart une diversité de pratiques artistiques qui utilisent à la fois le vivant comme matériau, la biotechnologie comme thème ou l'évolution comme processus. Dès lors, « il faut faire la part des choses entre les artistes ayant une approche indirecte du vivant, tâchant de faire surgir la vie depuis des systèmes purement artificiels, et les artistes se concentrant sur 'la chair même du vivant', décortiquant gènes et molécules directement sur le vivant » (Cointet, 2004, p. 5). Il existe un domaine de recherche novateur se basant sur le principe de la sélection naturelle à des fins de création: l'art évolutionnaire. Certains artistes s'inspirent de la théorie de Darwin de façon littérale (voir Georges Gessert, 2003) alors que d'autres l'utilisent pour imiter la vie à l'aide de modèles mathématiques et des algorithmes. Pour étudier ce genre de questions, « les chercheurs en vie artificielle modélisent habituellement des systèmes vivants naturels en simulant certains de leurs aspects biologiques » (Poissant, 2005, p. 12). J'ai discuté d'un bioart thématique et structurel dans le chapitre précédent, laissant de côté l'aspect processuel. Parce qu'elle diffère d'une démarche axée sur la *chair même du vivant*, l'approche informatique du bioart représente une sous-catégorie de l'art génératif¹, c'est-à-dire, toute pratique où « l'artiste crée un procédé [...], un programme informatique, une machine ou tout autre mécanisme qui [...], avec un certain degré d'autonomie, entraîne la création d'une œuvre d'art issue de ce procédé » (Galanter, 2003, p. 4).

Ce n'est pas d'hier que l'ordinateur est impliqué dans la démarche artistique². Nombre d'artistes ayant recours à la programmation génétique, aux réseaux neuronaux ou à l'intelligence artificielle font appel à la biologie pour modéliser le processus de création. Suite à mon exposition des artistes ayant adopté le vivant

¹ Galanter (2003) affirme à la blague qu'il est facile de déterminer si un objet est le produit de l'art génératif. Il suffit que l'objet soit une œuvre d'art *et* qu'il soit génératif. Or, cette réponse soulève deux autres questions. Qu'est-ce qu'une « œuvre d'art » ? Qu'est-ce qu'un procédé dit « génératif » ?

² Citons notamment les travaux de Harold Cohen and Roman Verostko, deux précurseurs de l'art algorithmique (voir McCorduck, 1997; Verostko, 2002)

comme matériau, il importe de présenter quelques exemples d'utilisation de systèmes artificiels visant à *imiter* le vivant, ou la manière dont le vivant fonctionne. Dans ce chapitre, j'établirai tout d'abord en quoi la théorie de l'information, l'esthétique mathématique et certaines mesures génétiques peuvent servir à des fins de création artistique *in silico*. J'expliquerai les différentes phases des algorithmes génétiques qui s'inspirent de la théorie de Darwin pour faire évoluer des objets virtuels. Finalement, je présenterai les détails de mon algorithme choréogénétique qui utilise les mutations et la sélection naturelle comme processus de composition chorégraphique.

6.2. Génétique, linguistique et information

Le code génétique est une grammaire et l'ADN un langage qui permet à tout organisme de se reproduire et d'évoluer. Comme tout langage, il est composé d'un vocabulaire, d'une syntaxe et d'une sémantique qui lui sont propres (Ji, 1999). Comme tout discours, il obéit à des règles, des contraintes et des interdits linguistiques (Foucault, 1971). L'ordre du discours génétique est assujéti à une syntaxe très contraignante, faute de quoi la survie des organismes et des espèces est menacée. Les mécanismes de réparation de l'ADN sont les gardiens de ce discours, éliminant les mutations délétères et préservant les gènes fonctionnels. Ce processus de contrôle moléculaire joue au niveau de la cellule le même rôle que les tabous pour le discours humain. Or, l'équilibre fragile entre l'ordre et le désordre génétiques est générateur de variation, pierre angulaire de l'évolution biologique par sélection naturelle. C'est par l'accumulation constante des modifications infinitésimales du génome que l'évolution suit son cours et que la sélection agit comme filtre, préservant ce qui est bon, et rejetant ce qui est mauvais.

La théorie de l'information, telle qu'appliquée à l'analyse du discours génétique, offre un critère de sélection des gènes en fonction de leur complexité. Le principe d'entropie d'un message (ou d'une séquence) est attribué à Claude Shannon (1948), un chercheur au laboratoire Bell qui développa une mesure de l'information

transmise de l'émetteur au récepteur en présence de perturbations³. La célèbre équation attribue une valeur allant de 0 à S (où S représente l'entropie maximale d'un message donné) à chaque phrase d'un discours selon la fréquence relative de chacun des mots dans la phrase et la diversité des mots utilisés. Ainsi, le même mot répété plusieurs fois dans une seule phrase n'est pas informatif; la complexité du message (son entropie) est nulle. Par opposition, une phrase composée de mots tous différents aura une entropie maximale. En termes statistiques, on considère généralement que l'entropie nous renseigne sur la probabilité d'erreur, ou l'incertitude, lors de la prédiction du prochain mot de la phrase (Cover et Thomas, 1991). Il est clair que si le message est composé d'un seul mot répété, l'incertitude est nulle, alors que le risque de se tromper est très probable pour une phrase complexe⁴. De nombreuses études ont démontré que toutes les régions de l'ADN n'ont pas la même complexité et ce critère est utilisé pour identifier les gènes à l'intérieur de séquences chromosomiques (Adami *et al.*, 2000; Sarkar, 1996). En d'autres termes, le contenu informatif d'une phrase génétique nous renseigne sur l'ordre et le désordre du discours, son sens et son interprétation par l'organisme (Schneider, 1997).

6.3. À la recherche d'une esthétique mathématique (objective ?)

L'esthétique, ou la théorie du beau, est aux arts ce que la mathématique est aux sciences pures: un outil permettant de formaliser, comparer et interpréter les œuvres, comme on caractérise, distingue et analyse les théories. Tandis que la mathématique est quantitative et objective, l'esthétique demeure qualitative et subjective. Néanmoins, certains mathématiciens, dont George David Birkhoff (1933),

³ La mesure d'entropie (H) de Shannon se calcule (en bits) à l'aide de la formule suivante: $H = -\sum p_i \log_2 p_i$ où p_i représente la fréquence relative de chaque mot dans la phrase. Elle attribue à un message une valeur allant de 0 à S, où S représente l'entropie maximale pour un message contenant n mots: $S = \log_2 n$.

⁴ Par exemple, la séquence génétique {AAAAA} ne contient pas d'information non redondante ($H = 0$) tandis que la séquence {GAATC} contient beaucoup plus d'information ($H = 0,579$); sa complexité est plus grande.

ont proposé de formaliser la mesure de la beauté (B) en une équation; $B = O / C$, où O représente l'ordre d'une œuvre d'art et C sa complexité⁵. L'ordre est ici associé à la symétrie, la répétition, l'homogénéité et l'équilibre d'une œuvre d'art, tous des facteurs importants en théorie de l'information. La complexité, c'est le désordre, l'aléatoire, l'asymétrie, le contraste et l'hétérogénéité, autant de facteurs reliés à l'entropie d'un message, ou d'une œuvre dans le cas présent. L'équation de Birkhoff a depuis été reprise par des informaticiens (Koshelev *et al.*, 1998) qui ont clairement établi le lien entre la mesure de complexité algorithmique de Kolmogorov (1968) – une mesure dérivée de l'équation de Shannon – et l'esthétique mathématique. Les séquences d'ADN sont quantifiables par les mêmes équations (Li et Wang, 2005; Roman-Roldan *et al.*, 1996). La complexité d'une chaîne de nucléotides est une mesure de son « esthétique génétique ». Conséquemment, les concepts de Birkhoff s'appliquent directement à l'analyse de séquences d'ADN.

En parallèle à la mathématique, le domaine de la neurobiologie a également contribué à l'analyse esthétique (Zeki, 2001). Les travaux de Ramachandran et Hirstein (1999), bien qu'ils s'appliquent surtout en art visuel, sont généralisables à d'autres champs artistiques. Simplement, l'expérience esthétique peut être définie sur le plan neurologique par une excitation de récepteurs particuliers du cerveau⁶, qu'ils soient kinesthésiques pour l'appréciation du mouvement (Grossman et Blake, 2002) ou auditifs pour l'expérience musicale (Blood et Zatorre, 2001). Ramachandran et Hirstein ont remarqué que les caractéristiques d'une œuvre avaient des effets plus ou

⁵ D'aucuns reconnaîtront dans cette équation l'analogie entre ce critère mathématique et *L'œuvre ouverte* d'Umberto Eco (1965) qui consacre dans son livre un chapitre entier à la théorie de l'information. Dans une œuvre ouverte, l'anticipation du public est le fruit de son impuissance devant l'inconnu. Cette anticipation implique moins une prévision de l'attendu qu'une jouissance de ce qui est inattendu. L'équiprobabilité de plusieurs solutions (l'incertitude) accentue le plaisir et rend l'expérience artistique plus intense. On doit néanmoins distinguer l'incertitude désirable, riche en information (l'entropie de Shannon), de l'incertitude indésirable. Il existe un seuil au-delà duquel la richesse d'information se transforme en bruit. Selon Eco, les possibilités d'une œuvre résident dans cet équilibre précaire entre le minimum d'ordre compatible et le maximum de désordre; entre le prédictif de l'œuvre et sa complexité.

⁶ J'ai personnellement contribué à ces recherches en présentant ailleurs une théorie analytique du sublime kantien et de la démesure neuroesthétique (Lapointe, 2008).

moins important sur l'excitation du système limbique (le siège des émotions). En particulier, huit critères (ou lois) furent identifiés par ces chercheurs comme des stimulants esthétiques majeurs⁷. Il est d'intérêt, à des fins d'analyse, de traduire ou d'interpréter ces lois sous la forme d'équations et de mesures quantifiables. En adaptant les fondements neurologiques de l'esthétique convertis en indices mathématiques de la beauté, la subjectivité pourra être évacuée du processus d'analyse et ces critères « objectifs » (Bezruczko et Vimercati, 2004) seront utilisables par des algorithmes esthétiques⁸.

6.4. Comment comparer des séquences génétiques ?

Pour être à même de simuler l'évolution de séquences d'ADN, il faut être en mesure de « quantifier » l'évolution des séquences en question. On trouve dans la littérature informatique une multitude d'index mathématiques pour quantifier la distance génétique entre deux séquences et ces formules et algorithmes servent aussi pour comparer deux textes⁹. La distance d'édition de Levenshtein (1966) établit la

⁷ Le facteur prédominant est l'**amplification**, qui consiste à exagérer les différences entre une forme et la moyenne de ces types de forme. Le **groupement** d'éléments similaires est également défini comme une des caractéristiques esthétiques universelles. L'**isolement** des stimuli représente la troisième loi esthétique, celle qui consiste à réduire l'œuvre à sa plus simple expression. Le **contraste** d'éléments apparentés s'appuie sur la théorie de l'information. Cette loi stipule que la discontinuité dans une œuvre est inattendue, donc satisfaisante pour le public. La **symétrie** est un facteur esthétique classique qui semble jouer un rôle évolutif chez les primates. La **détection d'ambiguïté** repose sur l'expérience agréable ressentie par un public qui détecte une forme dans un ensemble. La **recherche d'une perspective générique** est une des lois les plus complexes. Elle repose sur le sentiment déplaisant ressenti face à une œuvre qui viole les paramètres de la géométrie euclidienne. Finalement, la **métaphore** est une caractéristique esthétique importante car elle permet de tisser des liens entre des éléments a priori différents dans la même œuvre.

⁸ Un modèle de caméra « intelligente » proposée par Andrew Kupresanin repose sur ces principes. Le processus est on ne peut plus simple. On montre des images (photos) à un public-cible qui doit les noter selon leurs qualités esthétiques. On classe ensuite les images en fonction de leur score et on cherche à extraire à l'aide de méthodes statistiques (analyse factorielle) les propriétés les plus importantes qui distinguent les images les plus « belles » des autres images (Datta *et al.*, 2006). Le site web ACQUINE (*Aesthetic Quality Inference Engine*) repose sur une approche similaire pour attribuer une valeur esthétique à vos photos.

⁹ Il est notoire que la distance partielle de Levenshtein est utilisée par les algorithmes de détection de plagiat (Parker et Hamblen, 1989) de même que par les correcteurs orthographiques de nombreux traitements de textes et téléphones intelligents (Damereau, 1964).

distance entre deux séquences A et B en comptant le nombre d'opérations nécessaires pour transformer A en B. Différentes versions de cette distance existent, mais la plus connue n'autorise que l'insertion, la suppression et la substitution de nucléotides. Par exemple, la distance de Levenshtein entre les séquences AAAAA et GTAA est 3 car il faut trois opérations d'édition afin de faire coïncider parfaitement les deux séquences (substituer le premier A pour un G, substituer le deuxième A pour un T, supprimer le dernier A). On utilise cette « distance d'édition » pour évaluer la convergence des algorithmes génétiques. La même distance peut également servir de critère de sélection de plusieurs séquences au sein d'une population d'objets virtuels.

6.5. Utilisation du principe de la sélection naturelle pour imiter la nature

Qu'ont en commun les algorithmes génétiques et la théorie de l'évolution de Darwin ? Le hasard ! Ce sont les mutations aléatoires et la reproduction qui génèrent la variabilité biologique nécessaire à l'évolution. À l'instar des processus naturels, les algorithmes qui simulent l'évolution reposent sur des processus stochastiques pour produire des « objets virtuels » aléatoires soumis à la sélection. La plupart des applications des algorithmes génétiques visent à résoudre des problèmes d'optimisation pour lesquels la solution n'est pas connue. Notamment, on les utilise dans le domaine de la finance (Chen, 2002), en génie (Gen et Cheng, 2000) et même en astrophysique (Charbonneau, 1995). On trouve des algorithmes spécifiques pour la reconnaissance de la voix (Melin *et al.*, 2006), l'imagerie médicale (Cagnoni *et al.*, 1999), la gestion du trafic routier (Turky *et al.*, 2009), la production de portraits robots (Frowd et Hancock, 2007) et de nombreuses applications en bioinformatique (Jeffries, 2004; Lemmon et Millinkovitch, 2002; Zhang et Wong, 1997). L'utilisation des algorithmes génétiques en art cherche plutôt à inventer, ou à faire évoluer, des œuvres artistiques à l'aide de critères objectifs (Todd et Latham, 1992). Stephen Wilson résume en quelques phrases les principes de cette utilisation virtuelle de la théorie darwinienne:

L'évolution demeure l'un des processus parmi les plus intéressants aux yeux de nombreux artistes, lesquels trouvent particulièrement intrigant les principes d'adaptation et de complexité croissante. Des expériences visant à programmer différents systèmes génétiques et évolutionnaires ont vu le jour. Inspirés de concepts biologiques tels que l'élevage, la mutation ou la sélection, ces systèmes utilisent les algorithmes pour générer des séries d'images ou de sons qui servent ensuite de « parents » à de nouvelles générations. On juge alors de la désirabilité de tel ou tel individu de la série. La décision peut être prise de manière automatique, grâce à l'application numérique de critères de satisfaction, ou bien par les spectateurs, ou les artistes eux-mêmes. À chaque nouvelle génération, seules les formes jugées « satisfaisantes » sont élevées et développées, de façon à ce que les générations ultérieures aient plus de chance de reproduire les tendances « désirables » sous-jacentes des parents. (Wilson, 2010, p. 161)

Un algorithme génétique repose donc sur une population virtuelle d'*individus*, des *parents* qui sont à chaque *génération* jugés selon des *critères de satisfaction* de sorte à obtenir des formes *satisfaisantes* et *désirables* aux *génération ultérieures*. Plus formellement, un algorithme génétique est composé d'une série d'instructions codées pour faire évoluer une population d'individus virtuels (nombres, images, textes, sons) en s'inspirant des processus de la sélection naturelle (Goldberg, 1989; Koza, 1992). Pratiquement, tout algorithme génétique est formé de deux phases: (1) la phase de génération et (2) la phase de sélection. Lors de la phase de génération (ou phase de création), les individus « parents » sont croisés les uns aux autres (reproduction) pour engendrer des « enfants » qui héritent de leurs propriétés virtuelles (leurs génotypes); des mutations aléatoires peuvent également intervenir pour modifier les propriétés des enfants et ainsi introduire de la variabilité génétique au sein de la population. Lors de la phase de sélection, les individus de la population dont les propriétés ont une valeur sélective (la *fitness*) optimale sont conservés (tous les autres sont éliminés); les survivants deviendront les parents de la prochaine génération. Ainsi, plus la *fitness* d'un individu est élevée, plus il aura de chance de se reproduire en transmettant ses propriétés (son génotype) aux générations futures. La répétition de ces deux phases – création et sélection – de génération en génération a

comme effet de transformer graduellement la population en fonction des critères de sélection de l'algorithme.

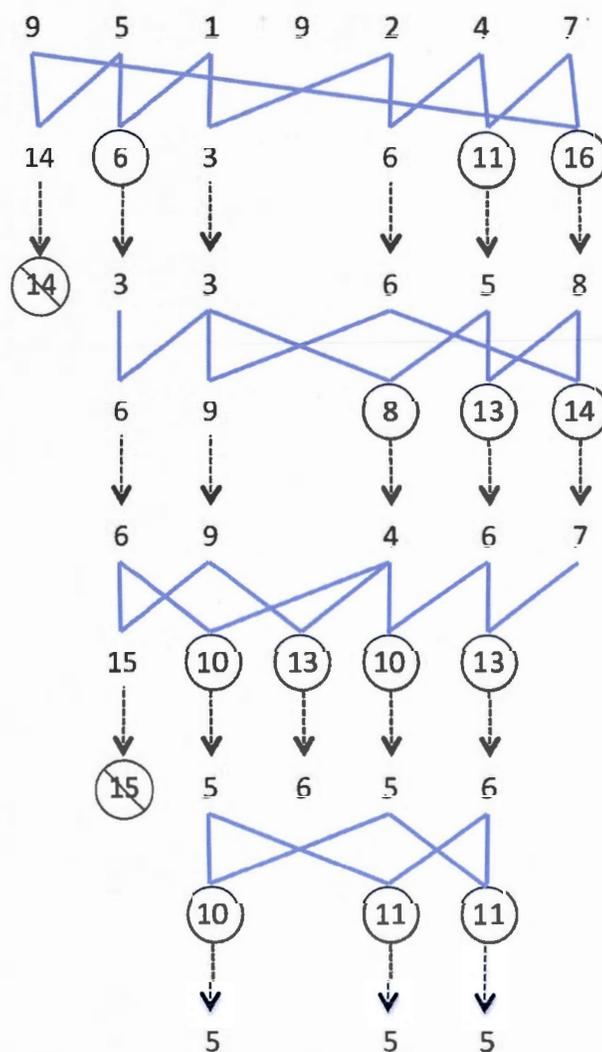


Figure 6.1. Exemple d'algorithme génétique appliqué à une population de nombres
 À chaque génération, des individus se reproduisent au hasard pour engendrer des enfants dont le phénotype est égal la somme du phénotype de leurs deux parents. Une mutation génétique est appliquée aléatoirement à certains des enfants (les individus encadrés) en calculant la division entière de leur phénotype par deux (ex. $11/2=5$). Par la suite, la sélection naturelle élimine tous les individus dont le phénotype est supérieur à 10 (les individus « interdits »). Les enfants survivants deviennent les parents de la génération suivante, et ainsi de suite.

La Figure 6.1 donne un exemple d'algorithme génétique qui transforme une population de nombres de générations en générations. À partir d'une population de sept nombres aléatoires, l'algorithme procède en additionnant deux à deux les parents (reproduction), pour ajouter de la variation en divisant par deux la valeur de certains des enfants (mutation). Suite à cette première phase de génération, la sélection procède en éliminant les individus dont la valeur est supérieure à 10. Ainsi, à chaque itération de l'algorithme, on observe que la reproduction et les mutations génèrent de la variabilité, tandis que la sélection agit comme un filtre qui trie les individus en fonction de leur valeur sélective. En quatre générations à peine, l'algorithme transforme la composition génétique de la population et mène à la fixation¹⁰ du génotype de tous les individus à la même valeur. Cet exemple simpliste représente un algorithme des plus primitifs qui comporte néanmoins deux phases distinctes; les algorithmes génétiques plus complexes fonctionnent selon les mêmes principes généraux¹¹.

6.6. Application des algorithmes génétiques en art

Les algorithmes génétiques sont issus d'une nouvelle génération de méthodes d'art génératif (Romero et Machado, 2007; Sims, 1991). En art visuel, ils sont employés notamment pour la reproduction d'œuvres d'art (Eiben, 2007) ou la stylisation de photos numériques (Collomosse, 2007). On trouve aussi quelques applications dans le domaine de l'architecture (De Landa, 2002) et du design (Graham *et al.*, 2001; Soddu, 2002). En danse, l'utilisation des algorithmes génétiques est encore rare, se limitant plus souvent qu'autrement à la génération de nouveaux mouvements (Carlson *et al.*, 2011; Yu et Johnson, 2003) et non à la

¹⁰ On parle en génétique des populations de la *fixation* d'un génotype (ou d'un allèle) lorsque tous les individus de la population possède ce génotype (cet allèle) unique.

¹¹ Des algorithmes génétiques du même type que celui présenté en exemple ont été utilisés pour apprendre à un ordinateur comment additionner (Ostrowski *et al.*, 2006; Wilke *et al.*, 2001).

composition chorégraphique par ordinateur¹²; un champ d'application de l'intelligence artificielle (Bradford et Côté-Laurence, 1995; Stadler, 1982). Il existe de nombreux algorithmes d'animation vidéo (voir Ventrella, 1994) pour synchroniser les mouvements de plusieurs personnages – ou robots (Virčíková et Sinčák, 2010) – à une musique (Alankus *et al.*, 2005). Rien dans le domaine de la danse contemporaine.

Chaque algorithme génétique implique avant tout une mathématisation du processus créatif et du type « d'individus » (les images, les objets ou les mouvements) qui seront soumis à la mutation et la sélection (Johnson et Romero Cardalda, 2002). À cet égard, il n'est pas étonnant que la musique – art mathématique par excellence – soit le champ d'application privilégié des artistes préconisant cette approche (Matić, 2010; Miranda, 2003; Özcan et Erçal, 2008). En paramétrant les qualités d'une œuvre musicale (le timbre, la fréquence, le tempo, etc.), des algorithmes peuvent assez facilement générer des structures musicales simples, mais également des orchestrations complètes (Johnson, 2003). L'apport de l'algorithme génétique vient du fait qu'il permet d'évaluer la qualité des partitions ainsi générées sur la base de critères de sélection divers (voir Burton et Vladimirova, 1999). Notamment, on peut utiliser un modèle *formaliste* afin d'obtenir des pièces musicales qui adhèrent à certaines règles de composition préétablies. On peut aussi employer un modèle *déterministe* qui évalue la valeur sélective de la partition sur la base de transformations mathématiques. Finalement, on peut faire évoluer en temps réel une séquence musicale selon les « inputs » fournis par le compositeur – ou le public (Unehara et Onisawa, 2003) – selon des mesures d'évaluation subjectives¹³. En raison des similitudes évidentes entre la musique et la danse (des arts de la durée), il est étonnant que les applications chorégraphiques d'algorithmes génétiques soient quasi-inexistantes. Ma thèse présente une contribution originale pour combler ce vide.

¹² Un algorithme génétique a été utilisé par Nakazawa et Paezold-Ruehl (2009) pour générer des valse à partir d'un vocabulaire de « pas » prédéterminé.

¹³ L'application de tels algorithmes interactifs est fréquente en jazz (Biles, 2003), ou pour toute autre forme d'improvisation musicale en temps réel (Nemirovsky et Watson, 2003).

McCormack (2005) distingue deux types de problématiques abordées par les algorithmes génétiques en art: (1) la recherche qui vise à produire de la musique ou des œuvres d'art qui seront reconnues comme telles par des humains, et (2) la recherche qui explore le concept de créativité en général. La première reproduit le fantasme de l'art génératif, qui cessera d'être appelé « génératif » dès lors qu'on ne saura plus le différencier de l'art « non génératif », l'art produit par la créativité humaine. Dans cette thèse, je m'intéresse plutôt au second type de recherche; celle de l'agorithme génétique comme agent de création.

6.7. L'algorithme choréogénétique

J'ai programmé et appliqué dans le cadre de ma thèse un algorithme génétique qui simule le processus d'évolution biologique à des fins de composition chorégraphique (voir Lapointe, 2005; Annexe A). Il serait futile de décrire ici les quatorze versions de cet algorithme, d'expliquer le format des fichiers d'entrée et de sortie, d'en évaluer la performance sur différentes plateformes informatiques ou de présenter les résultats des simulations visant à tester sa convergence¹⁴. Les prochaines sections se limiteront plutôt à présenter les grandes lignes de l'algorithme utilisé pour générer des chorégraphies en s'inspirant de la sélection naturelle.

L'objectif d'un *algorithme choréogénétique* est de faire évoluer une séquence de mouvements en la transformant à chaque génération de façon à obtenir une chorégraphie répondant à des critères de composition objectifs. Le point de départ de l'algorithme (*input*) est précisément cette séquence de mouvements (plus ou moins longue) générée au hasard¹⁵ en échantillonnant des mouvements d'un vocabulaire

¹⁴ Les amateurs de programmation peuvent trouver l'historique des différentes versions de l'algorithme à l'Annexe H. Le code source de l'algorithme (en langage Pascal) est reproduit dans son intégralité à l'Annexe I.

¹⁵ On pourrait également fournir à l'algorithme comme fichier d'entrée une séquence de mouvements tirée du répertoire chorégraphique.

prédéterminé¹⁶. Les étapes subséquentes visent ensuite à (1) transformer la séquence à l'aide de mutations et (2) à sélectionner les séquences les plus « désirables » pour la suite de la chorégraphie.

6.7.1. *La phase de génération*

De façon générale, la phase de génération d'un algorithme génétique comprend deux stades: la reproduction et les mutations. Dans le cas de l'algorithme choréogénétique, le processus est simplifié en associant les séquences de mouvements à des organismes asexués qui se reproduisent par clonage, c'est-à-dire par copie identique d'une cellule-mère à une cellule-fille. À chaque génération, une cellule-mère peut se multiplier en produisant des dizaines, des centaines, voire des milliers de clones. À prime abord, toutes ces cellules filles sont identiques les unes aux autres (et identique à la mère). La variation est introduite dans la population par des mutations génétiques appliquées aux séquences de mouvements. Selon que l'on traite avec une séquence unique (un seul interprète) ou des séquences multiples (plusieurs interprètes), différents types d'opérations (les mutations) s'appliquent aux séquences de mouvements.

6.7.2. *Les différents types de mutations*

Dans sa forme opérationnelle, l'algorithme choréogénétique permet six types *d'opérations chorégraphiques* dont la probabilité est par défaut fixée à $1/6$ ¹⁷. Ces opérations sont en tout point identiques aux mutations génétiques simples qui s'appliquent aux séquences moléculaires (voir Chapitre I). Les mutations sont

¹⁶ Dans toutes les applications de la choréogénétique, la seule constante est toujours le *vocabulaire* utilisé par l'algorithme pour effectuer des opérations chorégraphiques sur les séquences de mouvements. Ce vocabulaire est lu par le programme informatique sous la forme d'une liste de mots, de lettres ou de chiffres qui sont associés à chacun des mouvements.

¹⁷ L'utilisateur peut s'il le désire attribuer des probabilités différentes, par exemple en interdisant certains types ou en favorisant certains au détriment des autres.

appliquées, au hasard, à tous les clones de la séquence-mère pour générer des séquences-filles mutantes.

La **substitution** est une opération simple qui consiste à remplacer aléatoirement un mouvement (ou plusieurs) de la séquence-fille par un autre mouvement (ou plusieurs), tiré(s) du vocabulaire de base (le nombre de mouvements substitués est déterminé au hasard).

L'**insertion** est une opération simple qui vient introduire un mouvement additionnel (ou plusieurs) dans la séquence-fille, à une position aléatoire (le nombre de mouvements insérés est déterminé au hasard).

Par opposition, la **délétion** vient éliminer un mouvement (ou plusieurs) de la séquence-fille à une position aléatoire (le nombre de mouvements éliminés est déterminé au hasard). Alors que l'insertion augmente la longueur de la séquence, la délétion la réduit.

La **répétition**, comme son nom l'indique, sélectionne une suite de mouvements de la séquence-fille et le répète un certain nombre de fois (la longueur du segment, sa position, ainsi que le nombre de répétitions sont déterminées au hasard).

La **translocation** consiste à déplacer un mouvement (ou plusieurs) d'une région de la séquence-fille à une autre région (la longueur du segment, sa position ainsi que la position où il sera déplacé sont déterminées au hasard).

Finalement, l'**inversion** est un type d'opération qui sélectionne une suite de mouvements de la séquence-fille pour la recopier en ordre inverse au même endroit (la longueur du segment ainsi que sa position sont déterminées au hasard).

Lorsque plusieurs interprètes sont impliqués dans la chorégraphie, des mutations multiples s'ajoutent aux opérations chorégraphiques simples qui s'appliquent aux séquences-filles. La fréquence de chacun de ces types de mutations est équiprobable. On y distingue des opérations qui permettent d'accroître ou de réduire le nombre de séquences de même que des mutations qui échangent des mouvements entre les séquences.

La première opération multiple est la **duplication** qui consiste à recopier la séquence-mère en deux copies identiques de séquences-filles. Ce type de mutation permet d'ajouter une séquence additionnelle (un interprète de plus) à la chorégraphie.

Au contraire, l'**extinction** élimine une des séquences-mères au hasard, réduisant par le fait même le nombre d'interprètes.

Le **transfert horizontal** est une opération unidirectionnelle qui insère un segment de la séquence A à l'intérieur de la séquence B (la longueur du segment, sa position ainsi que la position où il sera transféré sont déterminées au hasard).

L'**hybridation** est une combinaison bidirectionnelle des séquences A et B en une troisième séquence C qui contient des mouvements des deux séquences originales (la longueur des segments des séquences A et B, ainsi que leurs positions dans la séquence hybride C sont déterminées au hasard).

Le but de la phase de génération (mutation) est d'ajouter de nouvelles *variantes* chorégraphiques (des mutants) au sein de la population. Ces mutants sont par la suite triés lors la phase de sélection de l'algorithme pour ne conserver que les plus aptes à la génération subséquente.

6.7.3. *La phase de sélection*

Lorsqu'une séquence-mère est transformée en des séquences-filles mutantes, la sélection naturelle peut alors déterminer laquelle des séquences-filles est la plus adaptée pour devenir la séquence-mère à la prochaine génération. L'essence de tout AG se résume à cette phase de sélection et les critères qui sont utilisés ont un impact direct sur les résultats de l'évolution de la population (Williams, 1970). C'est ici que les équations mathématiques sont utiles pour quantifier et comparer les séquences entre elles.

Dans tout algorithme génétique, il y a choix (sélection) des objets. On distingue différents types d'algorithmes selon le critère de sélection. Le premier, c'est

le modèle neutre qui n'introduit aucune sélection¹⁸. Ce critère inspiré de l'évolution neutraliste de Kimura (1983) se résume à remplacer à chaque génération la séquence-mère par la séquence-fille mutante, sans exception. Il est à noter qu'en l'absence de sélection, l'évolution des séquences est purement aléatoire et qu'on ne peut plus parler d'algorithme génétique au sens strict. Il s'agit du même principe qu'utilisaient Merce Cunningham et John Cage pour générer des œuvres à l'aide d'opérateurs aléatoires (*chance operations*), sans aucune sélection de la part de l'artiste.

Pour tous les autres modèles sélectifs, il y a choix entre la séquence-mère et la séquence-fille. Ce choix peut être subjectif ou objectif. Les AG subjectifs reposent sur le concept de mentor (ou critique) qui a pour rôle de décider, en fonction d'une esthétique personnelle, s'il préfère sélectionner, à chaque génération, la séquence-mère ou la séquence-fille. On dit de ce genre d'algorithme qu'il est interactif parce qu'il permet de modifier les paramètres de composition en cours d'évolution. En d'autres termes, des facteurs externes peuvent influencer la sélection des séquences, qui autrement seraient évalués sur la base de critères internes fixés à l'avance. Plusieurs algorithmes génétiques interactifs (AGI) de ce type sont utilisés en musique (Burton et Vladimirova, 1999; Biles, 2003; Ramirez et Hazan, 2005) et en art visuel (Cho, 2002), mais l'équivalent en danse est facilement généralisable. Par définition, un AGI avec mentor donne du pouvoir au chorégraphe car il lui laisse le choix des séquences, limitant le rôle de l'algorithme à la génération de mutants¹⁹. Pour transférer la responsabilité du choix du chorégraphe au public, on utilisera plutôt des AGI avec plusieurs mentors, les spectateurs (Romero *et al.*, 2003). Il devient dans ces

¹⁸ La théorie sélectionniste de Darwin prédit une majorité de mutations négatives qui seront éliminées pour une minorité de mutations positives qui seront conservées. À l'inverse, la théorie neutraliste de Kimura (1983) minimise l'impact de la sélection naturelle en accordant plus d'importance aux mutations neutres relativement aux mutations positives. En vertu de cette théorie, les mutations apparaissent et disparaissent au hasard, sans aucune pression sélective positive; celles-ci vont donc s'accumuler de façon aléatoire dans le bassin génique de la population.

¹⁹ Mon algorithme choréogénétique a été utilisé dans un cadre interactif (AGI) par la chorégraphe Erin Flynn pour générer certaines séquences de la pièce *Alcôve* présentée à Tangente (Montréal) du 20 au 22 avril 2007.

cas nécessaire de développer une méthode permettant de sonder le public en temps réel, ou a posteriori, pour faire évoluer les séquences de génération en génération.

Finalement, certains des critères objectifs définis précédemment peuvent servir de filtre sélectif. La mesure de l'entropie, notamment, peut directement s'appliquer à la comparaison et la sélection des séquences les plus informatives. Les mesures mathématiques de l'esthétique introduites par Birkhoff (1933) ou les notions neuroesthétiques de Ramachandran et Hirstein (1999) sont d'autres critères de sélection de séquences²⁰. Dans tous ces cas, l'algorithme est totalement autonome et l'évolution des séquences de mouvements est déterminée exclusivement par les probabilités initiales du modèle, sans aucun jugement esthétique externe de la part d'un ou de plusieurs critiques.

Il existe un dernier critère qui s'est avéré des plus utiles pour de nombreuses applications des algorithmes génétiques en sciences (Lohn *et al.*, 2002) et en art (Greenfield, 2007): la coévolution. Selon ce critère, ce n'est ni l'esthétique subjective d'un mentor, ni l'esthétique objective de l'algorithme qui sélectionne les mutants. Il s'agit plutôt d'une évolution concertée des séquences qui influence le parcours de l'algorithme. La coévolution implique qu'à chaque génération, les séquences-filles sont comparées à une séquence-cible pour en déterminer la distance. Celles qui seront les plus ressemblantes seront sélectionnées. Ce critère est très efficace lorsqu'on connaît déjà la solution d'un problème et qu'on cherche la façon la plus rapide de le résoudre. L'évolution téléologique sous-entendue par ce processus offre la possibilité de tester des hypothèses chorégraphiques très intéressantes. En particulier, elle permet de faire évoluer de façon parallèle plusieurs séquences qui pourront converger vers une séquence commune.

²⁰ Il est à noter que les critères neuroesthétiques sont déjà utilisés par plusieurs chorégraphes (Bret *et al.*, 2005; Hagendoorn, 2003, 2004), mais dans un contexte de composition qui n'implique pas d'algorithme génétique.

TROISIÈME SECTION

EXPÉRIMENTATIONS

CHAPITRE VII

CORPUS EXPERIMENTAL LA CHOREOGENETIQUE EN ACTION

« Le monde est plein d'artistes, certains d'entre eux sont tout à fait bons. Mais il y a très peu d'expérimentateurs »

Allan Kaprow

Sommaire – J'ai donné jusqu'ici quelques notions de danse et de biologie nécessaires à la compréhension de mon travail, j'ai exposé mon hypothèse et ma problématique de recherche et j'ai mis en relation trois champs de pratiques artistiques qui ont influencé ma propre démarche. Ce chapitre traite plus spécifiquement de l'aspect création de ma thèse recherche-crédation. Je présente de façon chronologique les six expérimentations chorégraphiques réalisées dans le cadre de mes études doctorales. Suite au rappel de mon hypothèse, je montre en quoi la choréogénétique permet de composer des chorégraphies en s'inspirant de la sélection naturelle. Mes deux premières expérimentations utilisent un algorithme génétique pour générer des chorégraphies *in silico*, tandis que toutes les autres se basent sur la molécule d'ADN comme substrat pour composer des œuvres *in vitro*. Je prends soin dans ce chapitre d'établir les différences et les similitudes entre toutes ces œuvres – solos, duos et pièces de groupes – en discutant au passage de l'évolution de mon approche expérimentale de l'écriture chorégraphique.

7.1. Chronologie d'une pratique

Afin d'expérimenter avec la création chorégraphique réalisée au moyen d'outils objectifs en l'absence totale de chorégraphe, il importe de définir à nouveau les fonctions de ce dernier. Elles sont au nombre de trois: (1) générer un vocabulaire gestuel, (2) composer une chorégraphie en organisant le vocabulaire dans le temps et l'espace, (3) mettre en scène sa création. Les expérimentations présentées dans ce chapitre visent à modéliser principalement la fonction de composition chorégraphique sans égard pour la création du vocabulaire de mouvements et la mise en scène. Je considère ce qui est en amont et en aval de la composition elle-même comme des paramètres externes au modèle du mutagène sélectif. Dans les faits, la production d'un langage gestuel est souvent empruntée au vocabulaire personnel d'un chorégraphe ou réalisée par les danseurs selon des directives précises et indépendamment du processus de composition. La mise en scène de la création est plutôt considérée comme une « propriété émergente » du modèle, prenant forme lorsque la chorégraphie est en instance d'être présentée au public. Tous les autres choix artistiques, tels que la sélection des danseurs, de la musique, de costumes, de l'éclairage, du décor ou des lieux de représentation sont des paramètres esthétiques qui ne relèvent habituellement pas de la composition chorégraphique¹. J'ignore ces facteurs lors de cette étape ou je les traite comme des constantes.

Toutes mes expérimentations chorégraphiques réalisées de 2005 à 2009 sont présentées en ordre chronologique dans les sections suivantes. On y distingue de courtes pièces de quelques minutes à peine et de longues compositions de plusieurs heures; des expériences planifiées, réalisées et complétées en quelques semaines et d'autres s'étirant sur de nombreux mois. Les premières chorégraphies sont basées sur un algorithme de composition génétique qui simule l'évolution d'une séquence de mouvements. Les compositions plus récentes utilisent directement l'ADN comme

¹ Sauf dans les cas où ils inspirent ou contraignent la gestuelle et l'organisation chorégraphique.

substrat chorégraphique. Les résultats de certaines expérimentations ont été présentés lors de conférences et d'expositions en art génétique ou algorithmique, tandis que d'autres chorégraphies ont pris forme dans le cadre de performances *in situ* au sein de l'espace public. Chacune s'inscrit néanmoins dans l'esprit de ma démarche exploratoire visant à tester l'hypothèse du mutagène sélectif. Je présenterai pour chaque expérimentation les différents paramètres de la création: les interprètes, le vocabulaire, le processus de composition et le contexte d'interprétation de la pièce, le cas-échéant. Je me limiterai ici à une exposition plutôt descriptive de ma démarche en m'attardant particulièrement à l'étape d'écriture chorégraphique, aux différences et similitudes entre les expérimentations. Les chapitres subséquents feront état de considérations plus analytiques en traitant des aspects esthétiques, éthiques, et scientifiques de mon travail.

7.2 *Simulation 1.0*

Cette expérimentation représente chronologiquement la première étape de validation de la théorie choréogénétique visant à étudier et comprendre le rôle de l'ordinateur dans un processus de création chorégraphique. Ce volet de ma recherche comporte deux objectifs précis: (1) l'élaboration d'une version opérationnelle de l'algorithme génétique, suivi de (2) la création de partitions chorégraphiques générées par ordinateur. Le travail réalisé est le fruit d'un très long processus de programmation et d'exploration chorégraphique en studio avec deux interprètes. Il serait beaucoup trop fastidieux d'énumérer exhaustivement toutes les partitions générées lors de ce travail de composition ou de présenter toutes les versions de l'algorithme². Je me limiterai, par souci de concision, à ne présenter ici qu'une seule partition chorégraphique. Quant aux aspects plus mathématiques, ils sont détaillés dans l'article correspondant (Lapointe, 2005; Annexe A).

² La version 14 (voir Annexe I) a servi pour la génération de *Simulation 1.0*.

Vocabulaire 1

23 mouvements de Daniel Léveillé
(*Amour, acide et noix*)

A : Pause
 B : Deplacement_Lent *
 C : Deplacement_Rapide *
 D : Saut_en_V *
 E : Chiffon *
 F : Releve_Sol_Rotation *
 G : Rotation_Cogne_Sol
 H : Tour_en_V
 I : Rotation_au_Sol
 J : Couche_Dos *
 K : Roche
 L : Flamand_Rose *
 M : Fente *
 N : Arabesque
 O : Fouette
 P : Saut_Arriere *
 Q : Vrille
 R : Demie-Pointe
 S : Respiration *
 T : Minou
 U : Ventre *
 V : La_Noix
 W : Nouveau_Mouvement

Vocabulaire 2

26 mouvements de Martine Époque
(*Tabula rasa*)

A : Marche_Planche
 B : Cul
 C : Cri
 D : Rond_De_Jambe
 E : Saut
 F : Tonneau
 G : Cle
 H : Dring
 I : Attitude_Chute
 J : Detourne
 K : Nausee
 L : Course_Folle
 M : Ressort
 N : Zing
 O : Guillotine
 P : Genou_Arabesque
 Q : Stomp
 R : Saut_Double_Attitude
 S : Marche_En_Plongee
 T : Marche_A_Genoux
 U : Flip
 V : Foetus
 W : Poisson_Jambe
 X : Poisson_Fesse
 Y : Fouet
 Z : Pause

Figure 7.1. Les deux vocabulaires de mouvements ayant servi à la génération de Simulation 1.0
Les mouvements suivis d'un astérisque sont utilisés dans l'acte trois.

Simulation 1.0 a été créé dans le cadre d'un atelier de recherche-crédation à l'UQAM et présentée en juin 2005 à Washington (DC) lors de la *Genetic and Evolutionary Computing Conference (GECCO)*. Il s'agit d'une pièce de 4 min pour trois interprètes³ composée à l'aide de l'algorithme choréogénétique qui simule les deux étapes du processus d'écriture chorégraphique: la phase de mutation et la phase de sélection (voir Chapitre VI). La séquence initiale de mouvements de chacun des interprètes est générée *in silico* à partir de courtes séquences aléatoires de 4 à 6 mouvements tirées de vocabulaires prédéterminés. À chaque itération de l'algorithme,

³ Mathieu Campeau est un danseur professionnel pour la Compagnie Daniel Léveillé Danse. Frédéric Gravel est un danseur et chorégraphe professionnel, ayant travaillé avec Martine Époque. François-Joseph Lapointe est l'auteur de cette thèse.

des mutations chorégraphiques sont appliquées aux séquences « mères » pour générer plusieurs séquences « filles ». Les séquences mutantes sont ensuite classées en fonction de leur ressemblance selon un critère de sélection qui maximise la coévolution (minimisation de la distance de Levenshtein entre les séquences mutantes). La juxtaposition successive des séquences mutantes sélectionnées pour chacun des interprètes constitue la *partition* de la chorégraphie. Le processus de composition se termine lorsque les différentes séquences filles convergent vers une solution optimale⁴.

Pour la génération de *Simulation 1.0*, deux vocabulaires de mouvements distincts sont utilisés par l'algorithme pour faire évoluer la chorégraphie (Figure 7.1). Le premier vocabulaire (v1) comprend 23 mouvements tirés de la pièce *Amour, acide et noix* du chorégraphe Daniel Léveillé⁵. Le second vocabulaire (v2) comporte 26 mouvements – tous exécutés au sol – tirés de *Tabula rasa* de Martine Époque⁶. En raison de la nature distincte de ces deux vocabulaires, l'unisson des trois danseurs n'est pas possible, mais la corrélation entre les phrases chorégraphiques s'impose lorsque les mouvements des deux vocabulaires, quoique différents, sont synchronisés dans le temps⁷.

La pièce est globalement structurée en trois actes (Figure 7.2).

⁴ Cette même approche informatique fut utilisée pour la création de la pièce *Alcôve* présentée à Tangente (Montréal) en 2007 par Eric Flynn, membre du collectif Vertice. À partir d'un vocabulaire de sept mouvements et d'un solo généré par la chorégraphe à partir de ces mouvements, différentes séquences mutantes furent générées à l'aide de mon algorithme génétique. À l'instar de Merce Cunningham qui considérait le hasard comme générateur de nouvelles idées chorégraphiques, la choréogénétique propose des séquences « inhabituelles » issues de mutations des séquences de mouvements. Libre au chercheur d'utiliser ou non ces phrases mutantes lors de la composition d'une œuvre chorégraphique.

⁵ Un court extrait de la pièce se trouve à l'adresse: <http://vimeo.com/9512776>.

⁶ Un extrait de la pièce se trouve à l'adresse: <http://www.lartech.uqam.ca/extraits/pages/tabula.htm>.

⁷ Pour les besoins de ma thèse, l'*unisson* est défini comme l'exécution synchrone d'une séquence de mouvements tirés d'un même vocabulaire par différents interprètes; la *corrélation* est plutôt définie comme l'exécution synchrone de séquences de mouvements appartenant à des vocabulaires distincts par différents interprètes. À titre d'exemple, je parlerai d'unisson pour les séquences {abccb} et {abccc} et de corrélation pour les séquences {bbcca} et {yyzzx}

<u>ACTE I</u>	<u>ACTE I</u>	
Danseur A : Mathieu	Danseur C : Frédéric	
Deplacement_Rapide	Cri	
La_Noix	Fœtus	
Chiffon	Saut	
Minou	Genou_Arabesque +	
Releve_Sol_Rotation	Marche_Planche	
Deplacement_Rapide +	Cri +	
La_Noix	Fœtus	
Chiffon	Saut	
Minou	Genou_Arabesque	
Deplacement_Rapide	Cri	
<u>ACTE II</u>	<u>ACTE II</u>	
Danseur A : Mathieu	Danseur C : Frédéric	
Deplacement_Rapide	Cri	
Ventre	Saut_double_attitude	
Fente + Fente +	Tonneau	
Deplacement_Rapide	Nausee	
Ventre	Detourne	
Fente	Cri	
Deplacement_Lent +	Saut_double_attitude +	
Roche + Couche_Dos	Tonneau +	
Deplacement_Rapide	Nausee +	
Fente + Deplacement_Lent	Detourne	
Roche + Couche_Dos	Cri	
Fente	Cul	
Ventre	Nausee	
Deplacement_Lent	Detourne +	
Roche	Detourne	
Deplacement_Rapide +	Cri +	
Deplacement_Rapide +	Cri +	
Deplacement_Lent	Cul	
Roche + Couche_Dos	Nausee + Detourne	
Ventre	Flip	
<u>ACTE III</u>	<u>ACTE III</u>	<u>ACTE III</u>
Danseur A : Mathieu	Danseur B : François-J.	Danseur C : Frédéric
Deplacement_Rapide	Deplacement_Rapide	Cri
Ventre	Saut_Arriere	Saut_double_attitude
Fente + Fente +	Respiration	Tonneau
Deplacement_Rapide	Saut_en_V	Nausee
Ventre	Saut_en_V +	Detourne
Fente	Couche_Dos	Cri
Deplacement_Lent +	Roche + Chiffon	Saut_double_attitude +
Roche + Couche_Dos	Ventre + Saut_en_V	Tonneau +
Deplacement_Rapide	Roche + Couche_Dos	Nausee +
Fente + Deplacement_Lent	Ventre +	Detourne
Roche + Couche_Dos	Deplacement_Rapide	Cri
Fente	Deplacement_Rapide	Cul
Ventre	Saut_en_V + Roche	Nausee
Deplacement_Lent	Couche_Dos	Detourne +
Roche	Ventre	Detourne
Deplacement_Rapide +	Deplacement_Rapide +	Cri +
Deplacement_Rapide +	Deplacement_Rapide +	Cri +
Deplacement_Lent	Deplacement_Lent	Cul
Roche + Couche_Dos	Roche + Couche_Dos	Nausee + Detourne
Ventre	Ventre	Flip

Figure 7.2. Partitions chorégraphiques des trois actes de Simulation 1.0
Les mouvements surlignés sont exécutés à l'unisson ou en corrélation par les trois interprètes.

(I) Lors du premier acte, deux danseurs (A et C) interprètent une séquence corrélée de mouvements tirés des deux vocabulaires (v1-v2); ce duo est généré à partir d'une seule séquence aléatoire exécutée de façon synchrone par les deux interprètes.

(II) La seconde section est constituée d'un autre duo pour les deux mêmes danseurs (A et C); celui-ci est généré à partir de deux séquences aléatoires qui convergent vers une seule séquence-cible. Les mutations chorégraphiques successives sont sélectionnées par l'algorithme de façon à maximiser graduellement la corrélation entre les séquences des deux vocabulaires (v1-v2).

(III) Lors du troisième et dernier acte de la pièce, un troisième interprète (B) entre dans la danse. Ce trio est composé par la combinaison de deux duos. Tandis que les deux premiers danseurs (A et C) répètent exactement les mêmes séquences que celles du second acte, le troisième exécute une séquence aléatoire tirée du premier vocabulaire. La chorégraphie évolue de façon à maximiser l'unisson entre deux danseurs (A et B) qui interprètent des mouvements tirés du même vocabulaire (v1). L'algorithme converge vers une solution finale lorsque la corrélation entre les trois danseurs atteint une valeur optimale. Les six derniers mouvements des danseurs A et B sont exécutés à l'unisson (v1-v1), mais également en corrélation (v1-v2) avec ceux qui sont interprétés par le danseur C⁸.

La création de *Simulation 1.0*, même dans les conditions expérimentales les plus simples, a révélé certains défis de la composition chorégraphique par ordinateur. Notamment, l'algorithme (dans sa version actuelle) ne donne aucune indication aux danseurs quant à l'interprétation de la partition, les positions relatives dans l'espace, les directions, les vitesses. En absence de musique, le tempo de la pièce est donc imposé par les danseurs eux-mêmes, ce qui complique la chose lorsque deux

⁸ Une captation vidéo de *Simulation 1.0* est disponible sur mon site web à l'adresse suivante: <http://www.fjlapointe.ca>

vocabulaires très diversifiés sont employés conjointement. L'étape subséquente de ma démarche exploratoire vise à minimiser certains des choix paramétriques en générant des partitions à partir des vocabulaires plus simples, quoique pour un nombre d'interprètes plus important.

7.3. Dance [*in vivo* / *in silico*]

La prémisse de ma démarche d'écriture chorégraphique assistée par ordinateur repose sur l'hypothèse qu'il est possible d'exclure le chorégraphe en lui substituant un algorithme informatique qui, à l'aide de mutations génétiques, applique *in silico* les mêmes opérateurs chorégraphiques qu'un artiste. Selon cette hypothèse, le chorégraphe est un mutagène sélectif, et tout processus de composition pouvant transformer (mutation) des séquences de mouvements pour ensuite les choisir (sélection) selon des critères objectifs, peut se substituer aux décisions purement subjectives d'un chorégraphe. Cette position artistique, à tout le moins provocante, demeure valide d'un point de vue scientifique dès lors qu'il est possible de tester l'hypothèse dans des conditions expérimentales bien contrôlées. Étant donné un vocabulaire de mouvements fixé *a priori* (c'est-à-dire, généré en amont du processus de composition), un chorégraphe est en mesure de composer une partition chorégraphique à partir de ces mouvements, selon ses goûts personnels. Pour le même vocabulaire, un algorithme génétique peut également être utilisé afin de générer une autre séquence de mouvements, selon des critères objectifs. Est-ce qu'un danseur qui exécute ces deux partitions serait en mesure de distinguer le fruit de la créativité humaine d'une production purement algorithmique ? Est-ce qu'un spectateur averti pourrait faire la différence entre les deux approches ? J'ai posé ces mêmes questions dans une publication avec Martine Époque qui présente le contexte expérimental permettant de vérifier l'hypothèse du mutagène sélectif (Lapointe et Époque, 2011; Annexe C). Ici, je mets à l'épreuve cette hypothèse.

GROUPE 1**Vocabulaire-Danseuse 1**

- 1 : windmill
- 2 : robot_arm
- 3 : arm_reject
- 4 : throw_away

Vocabulaire-Danseuse 2

- 1 : tap_tap
- 2 : wave
- 3 : reach
- 4 : put_your_pants_on

Vocabulaire-Danseuse 3

- 1 : arm_swing
- 2 : hanging
- 3 : scanning
- 4 : head_roll

Vocabulaire-Danseuse 4

- 1 : through_the_pocket
- 2 : grab_the_rope
- 3 : tug_the_rope
- 4 : what?

Vocabulaire-Danseuse 5

- 1 : feeling_skin
- 2 : closing
- 3 : falling
- 4 : oil

GROUPE 2**Vocabulaire commun**

- 1 : snake
- 2 : birth_of_a_spider
- 3 : death
- 4 : arm_wave
- 5 : shutters
- 6 : ten_fingers
- 7 : fosse
- 8 : tic_toc
- 9 : gun
- 10 : gynecal_exam
- 11 : etc
- 12 : au_secours
- 13 : kick_front_back
- 14 : prisoner_jumping
- 15 : sitting_legs_crossed
- 16 : Hitler's_broken

Figure 7.3. Les différents vocabulaires ayant servi pour composer Dance [in vivo / in silico]
 Groupe 1: cinq vocabulaires de 4 mouvements. Groupe 2: un vocabulaire commun de 16 mouvements.

Dance [in vivo / in silico] est le résultat d'une expérimentation réalisée à l'automne 2005 avec neuf danseuses inscrites au programme de danse contemporaine à l'Université Concordia. Pour les besoins de l'expérience, la classe est divisée en deux groupes. Le premier groupe de cinq danseuses doit interpréter une partition chorégraphique générée à partir de cinq vocabulaires distincts, chacun comportant quatre mouvements inventés de façon indépendante par les interprètes (Figure 7.3). Pour le second groupe de quatre danseuses, une autre stratégie est utilisée: chaque interprète doit inventer son propre vocabulaire de quatre mouvements, et la partition est générée sur la base d'un vocabulaire commun de 16 mouvements qui combine les quatre vocabulaires individuels (Figure 7.3). L'atelier se déroule durant trois

semaines consécutives. Lors des deux premières semaines, une nouvelle partition chorégraphique est composée et les interprètes des deux groupes doivent la mémoriser. À la troisième semaine, les deux partitions générées successivement lors des semaines 1 et 2 sont combinées au sein de la même chorégraphie. Ce que les participantes ignorent, c'est que ces deux partitions ont été produites par deux « mutagènes sélectifs » différents: un algorithme choréogénétique et un humain (moi). Elles ne savent pas que certaines sections de la chorégraphie sont le fruit de choix esthétiques, de décisions subjectives prises par un chorégraphe, tandis que d'autres sections sont le fruit du hasard, des mutations et de la coévolution. Comme pour toute bonne étude clinique réalisée à l'aveugle, les paramètres de l'expérience sont inversés pour les deux groupes. Impossible de savoir si la première ou la seconde partie de la chorégraphie est composée par un humain ou par un ordinateur.

Deux œuvres choréogénétiques distinctes sont ainsi composées, une pour chaque groupe. Dans les deux cas, la pièce est divisée en plusieurs « actes » déterminés aléatoirement en fonction des entrées et sorties de scène des danseuses. Chaque interprète a sa propre partition indiquant les mouvements à exécuter, les entrées (« enter »), les sorties (« exit ») et les arrêts (« stop »), c'est-à-dire des séquences chorégraphiques où la danseuse doit demeurer immobile sur scène tandis que d'autres exécutent leurs mouvements. Le groupe 1, composé de cinq danseuses, doit interpréter une chorégraphie en 16 actes générée à partir de cinq vocabulaires distincts (Figure 7.4). Le groupe 2, composé de 4 danseuses, interprète une chorégraphie en 10 actes générée à partir d'un vocabulaire commun (Figure 7.5). L'algorithme choréogénétique a servi pour la création de la première partie (semaine 1) de la chorégraphie du groupe 1, mais pour la seconde partie (semaine 2) de la chorégraphie du groupe 2. Inversement, la seconde partie de la chorégraphie du groupe 1 et la première partie de la chorégraphie du groupe 2 sont composées par un humain, selon des choix subjectifs.

Dancer 1 : Kathryn
 Dancer 2 : Liss
 Dancer 3 : Maria
 Dancer 4 : Allison
 Dancer 5 : Hildelena

section A:
 dancer 1: 3+3234+3+32+2+323
 dancer 2: 3+3234+3+32+2+323
 dancer 3: 3+3234+3+32+2+323
 dancer 4: 3+3234+3+32+2+323
 dancer 5: 3+3234+3+32+2+323

section B:
 dancer 1: exit
 dancer 2: 4
 dancer 3: 4
 dancer 4: 4
 dancer 5: 4

section C:
 dancer 1: off stage
 dancer 2: stop
 dancer 3: 3+3+2+23
 dancer 4: stop
 dancer 5: stop

section D:
 dancer 1: enter 2+2+3
 dancer 2: stop
 dancer 3: stop
 dancer 4: stop
 dancer 5: stop

section E:
 dancer 1: 2144+31+122
 dancer 2: 2344+31+223
 dancer 3: 2344+31+223
 dancer 4: 2344+31+223
 dancer 5: 2344+31+223

section F:
 dancer 1: exit
 dancer 2: 234
 dancer 3: exit
 dancer 4: exit
 dancer 5: exit

section G:
 dancer 1: enter 32314
 dancer 2: 43122
 dancer 3: off stage
 dancer 4: enter 43122
 dancer 5: enter 43122

section H:
 dancer 1: exit
 dancer 2: 32331+4+4+31
 dancer 3: off stage
 dancer 4: 323+3144+31
 dancer 5: exit

section I:
 dancer 1: off stage
 dancer 2: off stage
 dancer 3: 3+3+3 2 1 3+3+3 1 2 2
 dancer 4: 2+2+2 3 1 2+2+2 1 3 4
 dancer 5: off stage

section J:
 dancer 1: off stage
 dancer 2: off stage
 dancer 3: stop
 dancer 4: stop
 dancer 5: enter 1 1 2 3+3 1 3 1 2

section K:
 dancer 1: enter 3+3 2 4 4 4 1
 dancer 2: enter 4+4 3 1 1 1 2
 dancer 3: stop
 dancer 4: stop
 dancer 5: stop

section L:
 dancer 1: 4 4 4 4 4
 dancer 2: 1 1 1 1 1
 dancer 3: 3 3 3 3 3
 dancer 4: 3 3 3 3 3
 dancer 5: 2 2 2 2 2

section M:
 dancer 1: stop
 dancer 2: stop
 dancer 3: 2 4+4+4
 dancer 4: stop
 dancer 5: 3 4+4

Figure 7.4. Partitions chorégraphiques des sections de Dance [in vivo / in silico] – Groupe 1.
 La ligne sépare les deux sections de la partition.

Dancer 1 : Soo
 Dancer 2 : Nicole
 Dancer 3 : Melissa
 Dancer 4 : Marjorie

section A:

dancer 1: 12+12 7 16+7 1 1 4
 dancer 2: off stage
 dancer 3: off stage
 dancer 4: off stage

section B:

dancer 1: 14 14 10 13 6+6 2
 dancer 2: off stage
 dancer 3: enter 12 7 9+7 10 13 6+6 2
 dancer 4: off stage

section C:

dancer 1: 4 14 3
 dancer 2: off stage
 dancer 3: 4 14 3
 dancer 4: enter 14 14 14+7 14 13+9 14
 16+3

section D:

dancer 1: 12 15 9+15 9+15 12 14+14
 12+12
 dancer 2: enter 10 6 10 3
 dancer 3: 1 7 11+11 13 11+6 15 9
 dancer 4: 14 9 14 9+9 11 16 7+7+7

section E:

dancer 1: exit
 dancer 2: 6+12+6 11 8+8 11+12 14 14+7
 dancer 3: exit
 dancer 4: stop

section F:

dancer 1: off stage
 dancer 2: 12 11+11+7 13 13+11 10+16
 dancer 3: off stage
 dancer 4: 12 11+11+7 13 13+11 10+16

section G:

dancer 1: 5 16 15
 dancer 2: 16+12 9
 dancer 3: 9 10 13
 dancer 4: 11+3

section H:

dancer 1: 5+16 6+10 13 15+5
 dancer 2: 9 6 10 16+12 9 9
 dancer 3: 9 10+15 10 14+13+9
 dancer 4: exit

section I:

dancer 1: stop
 dancer 2: stop
 dancer 3: stop
 dancer 4: enter 13 11+3 6+7+14 13 11
 3

section J:

dancer 1: 9 3 6 10 14 12 exit
 dancer 2: 9 3 6 10 14 12 exit
 dancer 3: 9 3 6 10 14 12 exit
 dancer 4: 9 3 6 10 14 12 exit

Figure 7.5. Partitions chorégraphiques des sections de Dance [in vivo / in silico] – Groupe 2.
 Les mouvements en gras sont exécutés à l'unisson. La ligne sépare les deux sections de la partition.

Les résultats de cette expérience chorégraphique ont été présentés à Budapest en 2006, dans le cadre de l'exposition *Process Revealed* en marge du *4th European Workshop on Evolutionary Music and Art*. Suite à l'analyse statistique de la complexité des partitions (indice de diversité de Shannon), j'ai pu déterminer qu'il n'y avait pas de différence significative entre les deux types de mutagènes sélectifs ayant permis la création des deux sections de chaque pièce (Tableau 7.1). En d'autres termes, les partitions générées objectivement *in silico* ne sont pas plus (ou moins) complexes que celles composées subjectivement. De plus, sur la base d'un

questionnaire remis aux danseuses à la fin de l'atelier, il fut démontré que ni les interprètes, ni les spectateurs (le groupe 1 représentait le public du groupe 2, et vice-versa) n'étaient en mesure de faire la part des choses entre les deux partitions chorégraphiques. En d'autres termes, cette expérience corrobore l'hypothèse du « mutagène sélectif ». Un public averti (des étudiantes en danse contemporaine) n'a pas pu détecter de différences significatives entre une chorégraphie générée par les décisions esthétiques d'un chorégraphe humain ou par un algorithme génétique utilisant des critères de sélection objectifs⁹.

Tableau 7.1. Complexité des partitions chorégraphiques de Dance [in vivo / in silico]

	Groupe 1		Groupe 2	
	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 1	Semaine 2
Danseuse 1	0.95 ord	0.73 hum	Danseuse 1	0.85 hum 0.81 ord
Danseuse 2	0.95 ord	0.73 hum	Danseuse 2	0.77 hum 0.69 ord
Danseuse 3	0.87 ord	0.89 hum	Danseuse 3	0.88 hum 0.72 ord
Danseuse 4	0.96 ord	0.89 hum	Danseuse 4	0.71 hum 0.74 ord
Danseuse 5	0.93 ord	0.93 hum		

Tests de Student: *Semaine 1* (0.874) vs. *Semaine 2* (0.792): $t = 1.9735, p = 0.066$
Groupe 1 (0.883) vs. *Groupe 2* (0.771): $t = 3.0575, p = 0.008^*$
Ordinateur (0.847) vs. *Humain* (0.820): $t = 0.5800, p = 0.571$

*Les valeurs de tests de Student (t) et les probabilités (p) associées sont calculées pour trois types de comparaisons: Semaine 1 vs. Semaine 2; Groupe 1 vs. Groupe 2; Ordinateur (ord) vs. Humain (hum). L'astérisque * indique une différence significative entre les deux groupes.*

À l'aide de critères quantitatifs et d'outils statistiques (tests de comparaison de moyenne), j'ai pu confronter les partitions interprétées séparément par chacun des groupes. J'ai par la suite voulu comparer les deux groupes entre eux pour évaluer les effets des différents paramètres de composition et faire des choix éclairés pour la

⁹ Une captation vidéo des vocabulaires de mouvements et d'une répétition des deux expérimentations choréogénétiques réalisées avec les deux groupes de danseuses de l'Université Concordia est disponible sur mon site web à l'adresse suivante: <http://www.fjlapointe.ca>

suite des choses. Notamment, les mêmes types de mutations chorégraphiques et le même critère de sélection (coévolution) sont employés pour les deux expériences de composition parallèles. Plus précisément, l'algorithme utilise un critère de coévolution pour faire évoluer les séquences jusqu'à ce que toutes les partitions individuelles convergent vers une même séquence. Par contre, l'utilisation de plusieurs vocabulaires ou d'un seul vocabulaire influence grandement la structure des partitions chorégraphiques. Sans grande surprise, les analyses statistiques (Tableau 7.1) montrent que les partitions issues de vocabulaires plus riches (groupe 2) sont significativement moins complexes que celles générées à partir de vocabulaires plus pauvres (groupe 1). Pourtant, ce ne sont pas seulement ces critères quantitatifs (statistiques), mais bien des critères qualitatifs (esthétiques) qui me permettent d'apprécier formellement les différences entre les chorégraphies des deux groupes.

– *Groupe 1 (plusieurs vocabulaires distincts)*: dans ce premier cas, l'unisson n'est jamais possible; la corrélation demeure alors la seule figure de convergence entre des vocabulaires distincts. Mais contrairement à ma première expérimentation réalisée avec deux vocabulaires, ce sont cinq vocabulaires qui s'entrecroisent ici. Dans de telles conditions, même la corrélation n'est pas facilement détectable, sauf lors de la répétition fréquente de mouvements corrélés.

– *Groupe 2 (un seul vocabulaire commun)*: dans ce second cas, l'unisson est possible, mais il est très rare. La richesse du vocabulaire (16 mouvements) démultiplié par le nombre d'interprètes minimise la fréquence de l'unisson. Alors qu'il est facile pour un chorégraphe d'imposer l'unisson à ses danseurs, l'algorithme génétique converge moins rapidement lorsque le nombre d'interprètes augmente. Dans un tel contexte de composition, l'unisson devient pratiquement anecdotique, voire complètement inutile.

Faisant suite à cette expérience choréogénétique et aux analyses statistiques qui en découlent, j'ai décidé d'utiliser exclusivement un vocabulaire de quatre

mouvements pour faciliter la composition de partitions à voix multiples. À partir de ce moment, j'ai également opté pour l'utilisation d'un vocabulaire commun de mouvements, favorisant ainsi l'unisson au détriment de la corrélation¹⁰. Ce vocabulaire universel de quatre mouvements, c'est l'ADN, le substrat chorégraphique de toutes les expériences à venir.

7.4. *Echoes from the Ancestral Womb*

Ce travail exploratoire repose sur la théorie de l'Ève africaine, cette femme ayant vécu il y a des milliers d'années et connue comme étant à l'origine de l'espèce humaine (Templeton, 1992, 2002). Des travaux récents en génétique ont tenté d'élucider les relations de parenté entre les races en retraçant l'évolution de l'ADN mitochondrial (ADNmt), petite molécule circulaire retrouvé au sein de chaque cellule (Cann *et al.*, 1987). Contrairement à l'ADN nucléaire qui se transmet de façon biparentale, l'ADNmt n'est transmis que par la mère chez *Homo sapiens*. L'étude de l'ADNmt pourrait ainsi permettre de remonter jusqu'aux origines de notre espèce, jusqu'à cette Ève africaine, notre mère à tous, jusqu'à cet utérus ancestral qui nous a donné vie (Shipman, 2003).

Echoes from the Ancestral Womb a été présentée en 2007 à l'exposition ArtEscapes, dans le cadre du *5th European Workshop on Evolutionary Music and Art*, à l'Université de Valence¹¹. Cette œuvre vidéo présente les performances individuelles de sept danseurs, chacun interprétant la même partition composée à

¹⁰ Afin de résoudre les problèmes de tempo observés précédemment lors de la création de *Simulation 1.0*, j'ai également voulu voir comment la musique pouvait aider les interprètes à synchroniser leurs mouvements lorsque des vocabulaires distincts sont employés. Le choix de la musique est purement aléatoire, ayant placé mon lecteur mp3 sur la fonction RANDOM. Elle n'est donc pas, au sens strict, un facteur subjectif qui affecte la *composition* de la chorégraphie. Néanmoins, cette variable supplémentaire teinte assurément l'*interprétation* de la partition, même si la musique n'est pas utilisée lors des répétitions. Pour cette raison, j'ai définitivement abandonné l'idée d'utiliser de la musique pour toutes les autres expérimentations.

¹¹ La vidéo présentant les différentes signatures génétiques des participants à *Echoes from the Ancestral Womb* est disponible sur mon site web à l'adresse suivante: <http://www.fjlapointe.ca>

partir d'un vocabulaire personnel (un langage gestuel généré par chacun des danseurs). Une séquence de 80 mouvements d'un gène de l'ADN mitochondrial a été sélectionnée et cette séquence est dictée en temps réel aux interprètes qui doivent l'exécuter, sans préparation (Figure 7.6). Le danseur ne mémorise pas la séquence et l'anticipation du prochain mouvement n'est donc pas possible. On ne peut pas apprendre et répéter cette chorégraphie. Elle prend vie, ici et maintenant. La seule responsabilité du danseur se limite à créer quatre mouvements qui le représentent, de donner un nom à ces mouvements et d'apprendre ce vocabulaire. Chaque solo représente donc une séquence de mouvements individuels que le danseur exécute au fur et à mesure qu'ils lui sont dictés. Ces *portraits chorégraphiques* présentent les *signatures génétiques* de l'ADN.

Les chorégraphies sont interprétées sans musique et filmées dans des lieux sélectionnés par les interprètes. Le prénom, l'âge et le sexe des danseurs sont les seules informations qui identifient les individus ayant participé au projet. La séquence (partition) génétique sert alors de « code-barre » anonyme qui ne permet pas d'identifier les danseurs¹². En dépit des différences flagrantes entre les vocabulaires, la partition chorégraphique est exactement la même pour tout le monde. Il s'agit d'une fraction d'un gène mitochondrial, repertorié par le projet du génome humain. Ce n'est pas l'ADN des interprètes, mais bel et bien l'ADN de cette Ève africaine qui nous a été transmis, de génération en génération, que ce projet permet de mettre en lumière.

>Séquence: CATCGTGATG TCTTATTTAA GGGGAACGTG TGGGCTATTT
AGGCTTTATG GCCCTGAAGT AGGAACCAGA TGTCGGATAC

Figure 7.6. Partition chorégraphique de Echoes from the Ancestral Womb
Cette séquence génétique de 80 nucléotides a été interprétée par tous les interprètes, mais avec des vocabulaires distincts.

¹² La méthode du *DNA barcoding* a pour objectif de recenser toutes les formes de vie en cataloguant leur ADN sous la forme d'un « code barre » (Moritz et Cicero, 2004).

Pour la première fois, cette expérimentation fait appel à la molécule d'ADN – le produit des mutations génétiques et de la sélection naturelle – comme substrat chorégraphique. Il n'est plus question de générer des partitions chorégraphiques *in silico* en s'inspirant du processus de l'évolution, mais plutôt d'exposer les résultats de l'évolution *in vivo*. Passer de la virtualité à la réalité. De même, pour la première fois, ce travail chorégraphique utilise le *lieu* comme espace symbolique de (re)présentation. On quitte le studio et la salle de répétition pour investir le domaine public (laboratoire, toilettes, ascenseur, sortie de secours, etc.). Pour les expérimentations suivantes, j'ai voulu pousser plus loin cette recherche d'espace de représentation, mais dans le contexte de performances publiques, en présence de spectateurs.

7.5. OGM: Organisme Génétiquement Mouvementé

Pour cette expérimentation, j'ai travaillé *avec* et *sur* mon propre corps, tant comme *objet* que *sujet* de recherche chorégraphique. J'avais comme objectif de mettre en mouvement le Projet du Génome Humain (International Human Genome Sequencing Consortium, 2001, 2004). Pour ce faire, je me suis limité à l'analyse de l'ADN nucléaire¹³, faisant fi de l'ADN mitochondrial exposé lors d'expériences précédentes. Le titre de l'œuvre fait référence aux OGM (Organismes Génétiquement Modifiés) qui tapissent les pages de la presse populaire actuelle. À cet égard, l'intérêt premier du projet est pédagogique. Il s'agit d'une œuvre qui vise à expliquer la génétique et ses applications en proposant une utilisation différente de l'ADN à des fins de création artistique. L'intérêt second de cette expérimentation est esthétique. Il consiste à visualiser l'ADN sous la forme d'une œuvre chorégraphique. Finalement, ce projet revêt aussi un aspect scientifique car il permet de tester l'hypothèse principale de ma thèse, soit la possibilité de générer une œuvre *in vitro*, sans intervention ni apport du chorégraphe pour générer la partition.

¹³ L'ensemble du génome humain est disponible à l'adresse suivante: <http://www.genome.gov/>



LOCUS NM_005996 4754 bp mRNA linear PRI 01-APR-2007
 DEFINITION Homo sapiens T-box 3 (ulnar mammary syndrome) (TBX3)
 ACCESSION NM_005996
 VERSION NM_005996.3 GI:47419904
 ORGANISM Homo sapiens
 Eukaryota; Metazoa; Chordata; Craniata; Vertebrata; Euteleostomi;
 Mammalia; Eutheria; Euarchontoglires; Primates; Haplorrhini;
 Catarrhini; Hominidae; Homo.
 REFERENCE i (bases 1 to 4754)
 AUTHORS François-Joseph Lapointe.
 TITLE Organisme Génétiquement Mouvementé
 JOURNAL SquatDanse, PdA, 29:04 (2007)
 PUBMED 17273972
 COMMENT REVIEWED REFSEQ: This record has been curated by NCBI staff.
 Publication Note: francois-joseph.lapointe@umontreal.ca
 Laboratoire de choréogénétique.
 COMPLETENESS: complete on the 3' end.
 FEATURES Location/Qualifiers
 source 1..4754
 /organism="Homo sapiens"
 /mol_type="mRNA"
 /db_xref="taxon:9606"
 /chromosome="12"
 /map="12q24.1"
 gene 1..4754
 /gene="TBX3"
 /note="T-box 3 (ulnar mammary syndrome); synonyms: UMS,
 XHL, TBX3-ISO"
 /db_xref="GeneID:6926"
 /db_xref="MIM:601621"
 ORIGIN

```

1 GAAT TCTA GAGG CGGC GGAG GGTG GCGA GGAG CTCT CGCT
41 TTCT CTCC CTCC CTCC CTCT CCGA CTCC GTCT CTCT CTCT
81 CTCT CTCT CTCT CCCC TCCC TCTC TTTC CCTC TGTT CCAT
121 TTTT TCCC CCTC TAAA TCCT CCCT GCCC TGCG CGCC TGGA
161 CACA GATT TAGG AAGC GAAT TCGC TCAC GTTT TAGG ACAA
201 GGAA GAGA GAGA GGCA CGGG AGAA GAGC CCAG CAAG ATTT
  
```

Figure 7.7. Exemple de fiche chorégraphique remise au public de OGM

La séquence génétique de 40 nucléotides surlignée doit être dictée par le spectateur. Le danseur interprète les mouvements correspondants à cette partition chorégraphique.

OGM a été présentée à deux reprises, à la Place des Arts de Montréal, lors de la Journée Internationale de la Danse en 2007 et par la suite au Mexique, lors de l'événement *Performatica* en 2008. Cette œuvre chorégraphique est composée d'une suite de solos, chacun représentant la séquence d'un gène de l'interprète. Un vocabulaire chorégraphique de quatre mouvements est utilisé pour représenter les quatre nucléotides composant la molécule l'ADN: A, T, C et G. La « partition chorégraphique » (*sensu* Goodman) reproduit de façon parfaite la séquence génétique

correspondante; cette partition est inscrite dans l'ADN, conséquence de l'évolution, de la sélection naturelle. Pour chaque performance, le danseur se trouve à l'intérieur d'une pièce fermée – métaphore d'une cellule – où le public est invité à pénétrer, une personne (rarement deux ou trois) à la fois¹⁴. Une assistante se trouve à l'extérieur de cette « cellule ». Elle est responsable de la distribution d'une fiche à chaque membre du public: la *partition chorégraphique* (Figure 7.7). Une seconde assistante est à l'intérieur de la « cellule ». Elle remet au spectateur une éprouvette contenant mon ADN: la *partition génétique*. Le spectateur (le « spectateur- dictateur ») qui envahit l'espace intracellulaire va devoir dicter, un à un, chaque mouvement de cette partition que doit interpréter le danseur¹⁵; celui-ci répète à haute voix le nom du mouvement une fois qu'il a terminé de l'exécuter, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la séquence complète inscrite sur la fiche soit interprétée. Le dictateur sort alors de la pièce et le prochain lui succède en dictant la séquence suivante. Chaque « fragment » de ce long solo est différent. La représentation prend fin quand toutes les séquences des gènes sélectionnés ont été interprétées, ou lorsque tous les spectateurs ont dicté la partition qui leur avait été remise¹⁶.

Cette performance est la première de mes expérimentations chorégraphiques à avoir été présentée dans l'espace public, en interaction (relation) directe avec les spectateurs. Dès lors, au rôle de compositeur du chorégraphe s'ajoute celui de metteur en scène. Et même si je n'ai eu aucune influence dans le processus d'écriture chorégraphique, si ce n'est dans le choix des gènes à interpréter, la mise en scène participe de plusieurs choix esthétiques et pédagogiques. L'œuvre consiste en une monstration de l'invisible dans un contexte de performance. Afin d'expliquer la

¹⁴ À Montréal, la performance est présentée dans un monte-charge en mouvement ceinturé de trois portes actionnées par un assistant. Au Mexique, c'est dans le vestibule d'un restaurant que la performance a lieu, avec une porte donnant sur la rue et une autre sur la salle à manger.

¹⁵ Le rythme de la partition est imposé par le spectateur. Lorsque la diction des mouvements accélère, l'interprétation accélère aussi. Lorsque la diction ralentit, l'interprétation de la partition ralentit. Si le spectateur ne dit rien, la chorégraphie est interrompue.

¹⁶ Un extrait de la performance *OGM* présentée à Montréal lors de la Journée Internationale de la Danse en 2007 est disponible sur mon site web à l'adresse suivante: <http://www.fjlapointe.ca>

démarche scientifique, des médiateurs décrivent les objectifs et les étapes du projet, de l'extraction de l'ADN à la partition chorégraphique. Par ce simple geste, je contribue à la transmission du savoir tout en repoussant les frontières de l'art. Toutes mes expérimentations futures seront motivées par ce même élan de rencontre avec le public, toujours dans l'objectif de vulgariser, démystifier, démythifier la recherche biotechnologique.

7.6. *OGM2: Organismes Génétiquement Mouvementés, 2^e génération*

Ce projet chorégraphique faisant suite à *OGM* pose la question suivante: que se passe-t-il lorsqu'un long solo basé sur un vocabulaire de quatre mouvements se transforme en une suite de duos basés sur ce même vocabulaire ? À des fins de comparaison, les mouvements de *OGM* ont donc servi pour *OGM2*; ce vocabulaire unique est utilisé par les deux performeurs. Comme pour *OGM*, cette performance présente des partitions chorégraphiques tirées du génome nucléaire des interprètes. Comme pour *OGM*, cette expérimentation vient s'inscrire en plein cœur de l'espace public. Comme pour *OGM*, des médiateurs servent d'intermédiaires entre les danseurs et les spectateurs. L'aspect pédagogique de l'œuvre s'ajoute ici encore aux aspects scientifiques et artistiques.

J'ai présenté *OGM2* lors de l'événement *The Art (prononcez dehors) II* à la Place des Arts de Montréal. La performance est répétée à deux reprises, sur deux jours consécutifs (12 et 13 septembre 2008) et avec deux interprètes différentes¹⁷. À chaque occasion, le projet consiste à mettre en mouvement des séquences génétiques dictées par le public (comme précédemment), sans interruption pendant quatre heures; à toutes les 30 minutes, les performeurs se déplacent dans un nouveau lieu de

¹⁷ J'ai interprété *OGM2* avec Milan Gervais le 12 septembre et avec Johanna Bienaise le 13 septembre. Un extrait de la performance du 12 septembre est disponible sur mon site web à l'adresse suivante: <http://www.fjlapointe.ca>

représentation¹⁸. Tout comme pour *OGM*, une assistante était sur place lors des performances pour remettre les fiches chorégraphiques au public ainsi que pour répondre à leurs interrogations (Figure 7.8). Dans le cadre particulier de cette expérience, j'ai voulu comprendre les différents types d'interactions entre deux interprètes ainsi qu'entre les interprètes et les spectateurs, dans un contexte de performance *in situ*. *OGM* était présenté dans un espace fermé au sein duquel le *spectateur-dicteur* était invité à pénétrer, un à un, pour dicter les séquences aux danseurs. Pour *OGM2*, l'espace performatif est ouvert et le public peut tout autant jouer le rôle de simple *spectateur* que celui de *dicteur*. Selon les circonstances, deux options chorégraphiques sont employées. En présence d'un membre du public qui dicte la séquence d'ADN, les deux interprètes doivent exécuter les mouvements à l'unisson en se plaçant et se déplaçant de façon aléatoire et indépendante dans l'espace. En l'absence de dicteur (vive la liberté !), les mouvements successifs sont plutôt dictés à tour de rôle par les interprètes, sans aucune référence à la séquence génétique; les deux danseurs exécutent alors le même mouvement en même temps (unisson), mais sans savoir quel prochain mouvement sera nommé par l'autre danseur. Dans le premier cas, l'accent porte principalement sur l'interaction avec le public. Dans le second cas, c'est l'interaction entre les danseurs qui prime. À quelques rares occasions, lorsque l'un des interprètes arrête de danser pour faire une pause (notamment pour répondre aux questions du public), l'autre danseur doit continuer d'interpréter les séquences en solo (selon la dictée ou en improvisant des mouvements tirés du vocabulaire).

¹⁸ À l'origine, l'événement devait avoir lieu sur l'esplanade de la Place des Arts, où six sites avaient été identifiés pour les performances. Il pleuvait le 12 septembre. Les organisateurs ont donc convenu avec les responsables (chorégraphes) des différents projets de déplacer les performances à l'intérieur, dans le « hall des pas perdus » de la Place des Arts. Pour les représentations du 13 septembre, nous sommes retournés à l'extérieur. En conséquence, *OGM2* a non seulement été présenté sur deux jours consécutifs avec deux interprètes différentes, mais également dans des lieux intérieurs et extérieurs distincts, ce qui apporte encore plus de richesse à ces explorations chorégraphiques.

Les séquences de mouvements interprétées par les danseurs représentent le fruit de l'évolution, non pas les résultats d'une simulation mathématique. Les mutations observées ne sont pas virtuelles, elles représentent les véritables différences entre les séquences individuelles. La convergence n'est pas assurée par un critère de sélection visant à assurer la coévolution, elle découle directement de la généalogie, de la parenté génétique entre les séquences en mouvement. Pas besoin de chorégraphe. Le mutagène sélectif, c'est la vie.

Tableau 7.2. Les étapes de réalisation de Polymorphosum urbanum

-
- 1- Recrutement des participant au projet chorégraphique (RQD)
 - 2- Échantillonnage des cellules épithéliales de chaque participant (UdeMontréal)
 - 3- Expédition des échantillons dans des tubes numérotés (Génome Québec)
 - 4- Extraction de l'ADN des participants (Génome Québec)
 - 5- Séquençage de la région de contrôle l'ADN mitochondrial (Génome Québec)
 - 6- Récupération des séquences génétiques sur le serveur (Génome Québec)
 - 7- Alignement des séquences génétiques (UdeMontréal)
 - 8- Sélection d'une région assez variable à des fins chorégraphiques (UdeMontréal)
 - 9- Conversion de chaque séquence génétique en un fichier audio (UdeMontréal)
 - 10- Interprétation des partitions génétiques (Nuit Blanche de Montréal)
-

Cette dernière expérimentation se révèle comme le véritable examen de passage (*litmus test*) de ma thèse, la mise à l'épreuve par excellence de mon hypothèse. Construite comme une véritable expérience scientifique, les différentes étapes de réalisation de l'œuvre (Tableau 7.2), de sa conception à la présentation publique, ont nécessité plus d'un an de recherche et de travail. Projet réalisé en collaboration avec Génome Québec, l'objectif reste encore artistique et pédagogique, tout en respectant les règles d'éthique de toute étude impliquant des sujets humains. Il n'est pas question ici de préserver l'anonymat des individus ayant participé à des entrevues, comme l'exigent de nombreuses études sociologiques, mais de respecter l'intégrité physique des participants, tout en assurant l'anonymat des résultats génétiques. Ne l'oublions pas, le matériau de base de ce projet est la chair humaine.

Des résidus de cellules épithéliales sont prélevés sur les danseurs qui doivent être consentant (et majeurs). Un fragment de leur identité génétique est révélé au public, avec leur accord tacite. L'ADN des interprètes, conservé dans des tubes à essai, est remis à tous les participants à la fin du projet. Chacun prend (reprend) possession de sa partition génétique, en échange de sa participation à cette expérimentation. Tout ce travail préparatoire, en coulisses, témoigne de l'aspect éducatif de ma démarche artistique, autant pour les danseurs qui pour la première fois franchissent les murs d'un laboratoire scientifique, que pour le public qui en apprendra un peu plus sur la génétique, lors du dévoilement de l'œuvre.

>PU-01 : GGGTGG--TTTTCTTCTGG--AGATATGGCCCAACCCCTTCCCGA
 ACCAATATCTGAGAACATACTCACTAACGTGTGTTAATCACCCACCGCTTGT
 AGGACATTGAACGCTTTCCAACAAAAAATTTCCACCAAACCCCCC--TCCCC
 CCGCTTCTGGCCACAGCACTTAAACACATCTCTGCCAAAGAACCCTAACACC
 AGCCTAACCAAGAAATCTTTTGGCGGTATGCAC---TT

Figure 7.9. Exemple de partition chorégraphique de Polymorphosum urbanum
 Cette séquence de 240 nucléotides de la région de contrôle de l'ADNmt est celle du danseur PU-01.

Polymorphosum urbanum a vu le jour dans le cadre de l'événement *Art Souterrain*, lors de la Nuit Blanche du Festival Montréal en Lumière de Montréal, du 28 février au 1er mars 2009¹⁹. Cette performance à géométrie variable fut présentée en rotation dans trois lieux différents de la ville souterraine et à six reprises durant la soirée et la nuit²⁰. Trente danseurs participent à ce projet expérimental²¹. Chacun interprète sa propre signature génétique, un fragment de 240 nucléotides de la région de contrôle l'ADNmt (Figure 7.9). Lors des performances, l'exécution des mouvements est synchronisée en activant la lecture d'un fichier audio de 29:44 min,

¹⁹ Trois extraits de *Polymorphosum urbanum* présentés dans des lieux différents sont disponibles sur mon site web à l'adresse suivante: <http://www.fjlapointe.ca>

²⁰ Les lieux de performance: Centre de Commerce Mondial, Gare Centrale et Centre Eaton; les heures des performances: 18:00, 20:00, 22:00, 00:00, 02:00 et 04:00.

²¹ L'échantillon est constitué de danseurs professionnels, de danseurs amateurs, d'étudiants en danse et de chorégraphes.

enregistré au préalable sur un fichier mp3 pour chacun des danseurs. La chorégraphie est dictée par le son, sans que le danseur puisse prévoir, apprendre ou mémoriser le prochain mouvement. L'anticipation est impossible. Tout le groupe exécute les mêmes mouvements tirés d'un même vocabulaire à l'unisson. Les partitions génétiques de A, T, C, et G prennent forme sous les yeux des passants qui traversent l'espace public. Mais soudain, on remarque qu'alors que la majorité des danseurs se prosternent au sol, un des interprètes se déplace en courant à travers cette mer de corps étendus. Parfois, on aperçoit un danseur immobile, attendant que les autres le suivent. Ce danseur est un mutant ! Il n'est pas si différent des autres. Au prochain mouvement, ce seront d'autres mutants qui se distingueront de la masse, en courant, se prosternant, s'immobilisant, seul. La comparaison des séquences génétiques des 30 interprètes révèle ces différences individuelles (Figure 7.10); la mutation comme facteur d'individuation.



Figure 7.10. Aligment des séquences génétiques des interprètes de *Polymorphosum urbanum*. Les différentes couleurs sont associées à chacun des nucléotides (mouvements) et les « gaps » sont en gris. Les codes PU servent à identifier les différents interprètes (le participant PU-02 s'est désisté avant la présentation de la performance ; sa séquence n'est pas présentée dans l'alignement).



Figure 7.11. Fiche explicative utilisée par les médiateurs lors des performances publiques de *Polymorphosum urbanum*

Contrairement à mes précédentes expérimentations, *P. urbanum* n'implique pas le spectateur dans la performance. Les séquences ne sont pas dictées, elles sont préenregistrées²². Chacune des six représentations de la chorégraphie se base sur les mêmes partitions, bien que le contexte de la performance affecte l'interprétation. Il revient aux danseurs de construire l'espace performatif dans un rapport au public toujours renouvelé. Les danseurs ne parlent pas aux spectateurs. Ce rôle de communication est celui des médiateurs, des étudiants des cycles supérieurs ou des chercheurs en biologie à l'Université de Montréal qui, tout au long de la nuit, vêtus de sarraus aux couleurs de Génome Québec, ont pour mission d'expliquer aux passants la démarche scientifique et artistique de la performance (Figure 7.11). Dès lors, les médiateurs, les danseurs, les spectateurs, l'architecture des lieux et l'heure de la performance font partie intégrante de l'œuvre, une espèce polymorphe qui se transforme, qui évolue au fil de ses diverses incarnations dans l'espace urbain.

7.8. Récapitulation choréogénétique

Toutes mes expérimentations visent un seul et même objectif. Mettre à l'épreuve mon hypothèse de recherche, cette hypothèse que je teste dans un cadre exploratoire par l'entremise d'expériences diverses. Je passe de l'ordinateur à la molécule pour composer des chorégraphies. Je fais varier différents paramètres expérimentaux pour en mesurer les effets: des explorations en studio, des œuvres *in situ*; des solos, des duos, des pièces de groupe; des vocabulaires riches, des vocabulaires pauvres; vocabulaires distincts, vocabulaire unique; des captations vidéos, des performances publiques; des partitions dictées, des partitions enregistrées. Le mutagène sélectif est tantôt virtuel, tantôt métaphorique, tantôt effectif. *In vivo*, *in vitro*, *in silico*. Au gré des expériences, j'étudie l'évolution de ma propre pratique.

²² Katya Montaignac (étudiante au Doctorat et études et pratiques des arts) utilise elle aussi des enregistrements pour dicter les mouvements aux interprètes de ses *O.D.N.i.s* (Objets Dansants Non Identifiés), sauf que dans le cas de *P. urbanum*, le fichier est individualisé. Chaque séquence de mouvements est propre à chaque danseur; elle représente son ADN, pas celui du voisin !

Tableau 7.3. Comparaison des paramètres de réalisation et de présentation des différentes expérimentations choréogénétiques réalisées dans le cadre de ce projet de thèse

	<i>Simulation 1.0</i>	<i>Dance [in vivo/ in silico]</i>	<i>Echoes from the ancestral womb</i>	<i>OGM</i>	<i>OGM2</i>	<i>P. urbanum</i>
Danseurs	3	5 + 4 ^(a)	7 x 1 ^(b)	1	2 x 2 ^(c)	6 - 30 ^(d)
Vocabulaire	23 + 26 ^(e)	(5x4) + 16 ^(f)	7 x 4 ^(g)	4	4	4 ^(h)
Chorégraphe	algorithme	algorithme	ADNmt ⁽ⁱ⁾	ADNnuc	ADNnuc ^(j)	ADNmt ^(k)
Partitions	mémorisées	mémorisées	dictées	dictées	dictées ^(l)	enregistrées
Présentation	vidéo	vidéo	vidéo	performance	performance	performance
Contexte	conférence	galerie	galerie	in situ	in situ	in situ
Lieux	1	1	1 x 7 ^(m)	1 x 2 ⁽ⁿ⁾	6 x 2 ^(o)	3 x 2 ^(p)
Durée	3:57	3:19 + 5:54	37:28 ^(q)	3h20 + 2h45	2 x 4h	6 x 29:44 ^(r)
Spectateurs	Non	Non	Non	Oui ^(s)	Oui ^(t)	Oui
Médiateurs	Non	Non	Non	Oui	Oui ^(u)	Oui

(a) deux groupes de 5 et 4 danseuses; (b) sept performances en solo par sept interprètes différents; (c) deux performances en duo avec deux interprètes différentes; (d) de 6 à 30 danseurs selon l'heure et le lieu de la performance; (e) deux vocabulaires distincts de 23 et 26 mouvements; (f) cinq vocabulaires distincts de quatre mouvements et un vocabulaire commun de 16 mouvements; (g) sept vocabulaires distincts de quatre mouvements générés par les interprètes; (h) vocabulaire commun de quatre mouvements + la position immobile; (i) une même séquence pour tous les interprètes; (j) une même séquence pour tous les interprètes; (k) chaque danseur interprète sa propre séquence génétique; (l) en absence de public, les séquences sont dictées par les interprètes; (m) les lieux sont sélectionnés par les interprètes; (n) chaque performance dans un lieu différent; (o) six lieux différents, sur deux jours consécutifs; (p) trois lieux visités à deux reprises; (q) temps cumulatif des sept performances; (r) durée totale des six performances: 2h56; (s) les spectateurs participent à la totalité de la performance; (t) les spectateurs participent partiellement à la performance; (u) une médiatrice est présente lors de la première performance seulement.

Difficile pourtant de faire un tout avec autant d'expérimentations chorégraphiques. Les particularités sautent aux yeux, les généralités sont beaucoup plus rares (Tableau 7.3). Une seule constante: l'exploration. Toutes les expériences visent à tester, d'une façon ou d'une autre, l'hypothèse du mutagène sélectif, en ajoutant des paramètres additionnels à chaque instance. L'objectif de ma thèse est d'éliminer l'intervention du chorégraphe, de restreindre au maximum les choix

subjectifs lors de la composition chorégraphique. Plusieurs décisions se sont néanmoins imposées, en aval et en amont de la phase d'écriture. Le choix d'un vocabulaire participe de l'esthétique de chaque pièce. Le choix des danseurs également. Le lieu de représentation impose une lecture particulière au spectateur, spectateur avec qui le danseur interagit, de façon plus ou moins directe. Très souvent, j'ai pris part à l'expérience. Dans d'autres cas, j'ai choisi d'agir à titre d'observateur. Ces observations personnelles, combinées aux commentaires des interprètes, me servent aujourd'hui à analyser, avec un certain recul, mon corpus expérimental, à interpréter de façon détachée mon travail, à questionner de façon novatrice certains aspects de ma démarche.

C'est au moment de l'interprétation des partitions chorégraphiques que plusieurs de ces questions nouvelles se sont révélées. La danse est un art « vivant » qui prend forme dans l'acte de la performance. La chorégraphie prend vie dans un lieu particulier, à un moment particulier. Les rapports au temps et à l'espace, à la durée et au lieu, sont indissociables de l'œuvre. La relation avec le public, au sein même de l'espace public, vient de surcroît transformer l'œuvre qui n'existe pas de façon fixe et définitive, changeant de forme à chaque interprétation. Finalement, le rapport à la corporéité du danseur est d'importance capitale, qui plus est lorsque sa propre identité génétique est en jeu. Les quatre prochains chapitres vont traiter du *temps*, de l'*espace*, du *public* et du *corps* dansant en illustrant mes propos d'exemples tirés de mon corpus expérimental. Je traiterai par la suite des aspects esthétiques et sociologiques de mon travail.

QUATRIÈME SECTION

ANALYSES

CHAPITRE VIII

LE RAPPORT À L'ESPACE L'EXPÉRIENCE DU CONTEXTE

« Dans le tissu de l'espace comme dans la nature de la matière, figure, en tout petit, la signature de l'artiste »

Carl Sagan

Sommaire – La danse est un art du mouvement, mouvement qui s'inscrit dans l'espace autant que dans le temps. Dans ce chapitre, je traite du premier de ces paramètres d'analyse du mouvement dansé. En présentant certaines de mes performances dans l'espace public, l'œuvre choréogénétique entre en rapport avec le lieu qu'elle habite; avec les gens qui y habitent. En lien avec les notions de distances spatiales et de distances interpersonnelles, j'aborde le concept de kinésphère de Laban – l'espace de la danse. Je discute de différentes notions de l'espace qui distinguent le lieu géographique de sa perception phénoménologique. Dans le cadre particulier de mes expérimentations *in situ*, je montre en quoi le contexte spatial affecte les conditions de présentation de l'œuvre tout autant que sa réception esthétique. Je distingue divers types de spatialité qui modulent les rapports de la danse avec le public au sein de l'espace public.

8.1. L'espace géographique de la perception

L'astronaute est obsédé par l'espace. Le géographe également. Pas pour les mêmes raisons, pas par le même espace. De façon générale, l'espace préoccupe aussi l'Être humain. L'espace qu'il habite, l'espace qu'il construit, l'espace qu'il détruit; l'espace qu'il transforme et qui le transforme. L'écoumène de la géographie – espace habité et habitable, exploité ou exploitable – façonne notre rapport au monde tout autant que nous le façonnons en retour. Les philosophes distinguent clairement cet espace physique propre à la géographie de l'espace cognitif, la perception que nous avons de l'espace. L'espace est à la fois « matrice de l'existence » et « structure de l'enracinement humain ». Dans la *Psychologie de l'espace*, Moles et Rohmer présentent deux visions de l'espace qui s'affrontent. D'un côté la *philosophie de l'espace centré* « partira du lieu de mon corps, [...] elle le prendra comme centre » (Moles et Rohmer, 1972, p.8). De l'autre côté, dans la *philosophie de l'étendue*, « il n'y a pas de centre du monde, chaque être y existe indépendamment, » (p. 11). Les différents acteurs de la société adoptent, selon le cas, l'une ou l'autre de ces « grammaires » de l'espace:

Le géographe, l'urbaniste, l'ingénieur [...] l'architecte, se rattachent à une philosophie de l'étendue où l'espace est une donnée qu'il s'agit de remplir avec des densités plus ou moins grandes, réparties de façon plus ou moins rationnelle. [...] Le psychologue, [l'artiste], l'habitant, s'attachent nécessairement à un système philosophique centré sur l'être individuel, unique et privilégié pour lequel les autres' ne sont que le complément facultatif du Moi. [...] Une philosophie de l'espace sera donc à la fois, et nécessairement, une philosophie de l'être percevant l'environnement, à la fois une philosophie de l'aménagement de l'espace dans lequel s'inscrit la société (Moles et Rohmer, 1972, p. 14-15)

Précisément, les dimensions spatiales (vastes ou exiguës), modulent l'occupation de l'espace par un groupe d'individus, ce que les géographes appellent la densité de population. Le même volume occupé plus ou moins densément participe d'une relation variable à la topologie de l'espace définie par ailleurs selon les mêmes paramètres géométriques. L'espace physique est stable, mais la perception

psychologique de l'espace fluctue. Tout le monde n'a pas la même *perception* de l'espace (Bailly, 1977); « on constate, par diverses expériences, que des éléments, structurés selon un certain espace, peuvent cohabiter avec d'autres éléments, structurés selon un autre espace ou un autre type d'espace, en tout cas d'autres relations » (Cléro, 2004. p. 433). La mathématique sait cela depuis longtemps. La géométrie euclidienne n'annule pas la géométrie non-euclidienne. L'espace topologique de la phénoménologie ne contredit pas l'espace topographique de la cartographie. « On a d'un côté la stabilité d'une géométrie, d'un territoire défini par des coordonnées et de l'autre, l'expérience du Sujet et de sa relation au monde » (Perrin, 2010, p. 223). D'un côté, il y a l'espace métrique où « tous les points sont a priori équivalents », un espace où aucune position n'est « privilégiée au regard de l'observateur ». De l'autre, il y a l'espace de l'individu qui l'occupe, un espace « chargé de valeurs ». L'être humain appréhende toujours l'espace comme un concept partiellement imaginaire (subjectif) et partiellement réel (objectif) à la fois.

8.1.1. Distances spatiales / distances relationnelles

Tout objet, quel qu'il soit, occupe un point dans l'espace. Cette position spatiale caractérisée par un système de coordonnées orthogonales permet de situer les objets les uns par rapport aux autres, mais surtout de les situer par rapport à l'observateur. Est-ce que les objets A et B sont proches ? Est-ce que l'objet A est plus éloigné de moi que l'objet B ? Pratiquement, on ne peut parler d'espace sans parler de la distance, la mesure de l'espace. La distance, quantité physique, mesure la proximité des êtres, des choses. La distance, qualité phénoménologique, conditionne notre rapport à l'autre. Bien plus que de mesurer la séparation, la distance entre deux points les réunit, elle fait lien.

[...] deux points [individus] sont distants lorsqu'ils sont *séparés* par une certaine longueur. C'est à dire que la longueur, attribut positif d'un segment de droite, intervient ici à titre de négation d'une proximité absolue et

indifférenciée¹ [...] En vain tentera-t-on de réduire la distance au simple résultat d'une *mesure* [...] La négation est le ciment qui réalise cette unité. Elle définit précisément le rapport immédiat qui lie ces deux points et qui les présente à l'intuition comme l'unité indissoluble de la distance. (Sartre, 1943, p. 54-55)

La distance permet d'évaluer la proximité des objets de mon entourage. La séparation me permet de les différencier les uns des autres. La longueur géométrique m'aide à les hiérarchiser mentalement en fonction de leur position relative. C'est ainsi que Moles et Rohmer (1972) définissent la notion de *loi proxémique*. Selon ces derniers, « fondamentalement, axiomatiquement, ce qui est proche est, toutes choses égales d'ailleurs, plus important que ce qui est loin, qu'il s'agisse d'un événement, d'un objet, d'un phénomène ou d'un être » (p. 29). En anthropologie, la *proxémie* est la distance physique qui sépare deux individus en interaction. Chez les animaux, elle se décompose en distance de fuite, distance d'attaque et distance critique². Chez les humains, Hall (1966/1971) distingue quatre distances qui modulent l'ensemble des relations interpersonnelles:

- La *distance intime* est l'espace minimal entre moi et autrui; « à cette distance particulière, la présence de l'autre s'impose et peut même devenir envahissante » (p. 147).
- La *distance personnelle* équivaut à l'extension des membres du corps; elle représente « la limite de l'emprise physique sur autrui » (p. 151).
- La *distance sociale* est la distance établie dans les rapports sociaux habituels; elle correspond à « la limite du pouvoir sur autrui » (p. 152).
- La *distance publique* apparaît dans les situations officielles; elle se situe « hors du cercle où l'individu est directement concerné » (p. 155).

¹ Le concept de distance de Jean-Paul Sartre s'apparente à ce que les mathématiciens appellent une *dissimilarité*. Trois conditions métriques caractérisent la dissimilarité entre toute paire de points i et j : l'identité ($d[i,i] = 0$), la positivité ($d[i,j] > 0$) et la symétrie ($d[i,j] = d[j,i]$).

² La distance critique couvre la zone étroite qui sépare la distance d'attaque [pour le prédateur] et la distance de fuite [pour la proie] (Hall, 1966/1971, p. 26).

En accord avec la loi de Moles et Rohmer, « ce qui est loin est moins important pour moi que ce qui est proche », les distances de Hall subdivisent l'espace en une série de sphères relationnelles imbriquées les unes dans les autres. Ces différentes zones de frictions définissent tout autant de rapports *psychogéographiques*³ à l'espace; « les individus se rencontrent, mais vivent dans des espaces différents, et même pour chacun d'eux plusieurs espaces coexistent » (Guermond, 2004, p. 344). Au cœur de cet hypervolume phénoménologique se tisse un réseau d'interactions multilatérales entre les individus qui doivent se partager l'espace égocentré.

8.1.2. *Les déclinaisons de l'espace occupé*

L'espace se décline en de multiples notions qui s'imbriquent, s'entrecroisent et s'entrechoquent. L'espace peut se définir d'abord comme un lieu, « un repère plus ou moins délimité » (Fischer, 1981a, p. 24), un « point d'ancrage culturel au sol » (Matossian, 1996, p. 82). Le lieu se différencie de l'espace dès lors que l'être humain se l'est approprié pour lui donner une signification particulière. Il n'est pas neutre au sens de la géométrie. Le lieu possède une identité qui lui est propre. Plus encore, ce lieu peut être un territoire défini, « une portion de l'espace géographique protégée des grands flux par des barrières diverses » (Guermond, 2004, p. 341). Le besoin fondamental de l'animal⁴ et de l'homme de disposer d'un territoire sert à « maintenir une certaine distance par rapport à autrui » (Fischer, 1981a, p. 6). Pour les individus qui se répartissent les divers *lieux* en territoires exclusifs, l'espace est aussi un *milieu*, « une quantité, un volume qu'on utilise » (p. 24). Pour ceux qui l'habitent, l'espace partagé est avant tout public. « Cet espace public est comme la communauté antérieure et postérieure à chacun d'entre nous, il est l'entre-nous qui ouvre et rend

³ La psychogéographie, « se proposerait l'étude des lois exactes, et des effets précis du milieu géographique, consciemment aménagé ou non, agissant directement sur le comportement affectif des individus » (Debord, 1955).

⁴ Pensons aux territoires animaux que certains mâles protègent pour défendre un accès privilégié aux ressources; nourriture, refuge, femelles (voir Klopfer, 1969).

possible la souveraineté du « nous », des uns et des autres, des habitants et des étrangers, des jeunes et des vieux » (Salignon, 2008, p. 27). Finalement, le milieu peut devenir *contexte* quand il est interprété en fonction des circonstances et des conditions de son avènement. Le contexte, c'est « l'enveloppe première de ce dont il est le lieu » (Aristote, cité dans Magnard, 2000, p. 47). Le lieu contextuel n'est pas un point arbitraire de l'espace, il se définit relativement à son *enveloppe*, en référence à ce que l'écologie du paysage appelle la *matrice* environnementale⁵.

8.2. L'art contextuel à la rencontre de son public

Le lieu comme *contexte* est entré dans le vocabulaire de l'art contemporain depuis peu. On parle aujourd'hui d'« art contextuel » (*sensu* Ardenne) pour caractériser cette tendance générale qui consiste à présenter les œuvres hors des lieux de diffusion habituels (les musées, les galeries). L'art contextuel fait donc le pari de « faire valoir le potentiel artistique et esthétique de pratiques artistiques plus portées à la présentation qu'à la représentation » (Ardenne, 2002, p. 13). Dans un mouvement centrifuge à l'art traditionnel, il inscrit l'œuvre dans un contexte non-artistique; il réunit un nouveau public; il investit un nouvel espace de diffusion – le monde extérieur, la nature, la ville, la rue.

8.2.1. Tous à la rue

Comme le précise Nathalie Heinich (1998), « la dimension critique ou contestataire » de l'art contextuel « est particulièrement sensible dans l'espace urbain ». Pour l'artiste intéressé par ce genre de pratique, « la façon la plus simple d'échapper au musée consiste à en sortir: par exemple en créant des œuvres *in situ*, conçues pour un lieu ou un contexte particulier » (p. 99). Notamment, « la ville offre

⁵ L'écologie du paysage (*Landscape ecology*) s'intéresse aux variations spatiales de l'environnement à l'échelle du paysage, c'est-à-dire en considérant chaque site en fonction de la matrice environnementale, le contexte proximal ou distal (voir Burel et Baudry, 1999).

tout ce que l'artiste fervent du contexte réel peut souhaiter: des thèmes et des lieux, des possibilités de déplacement, de station, de rencontre, de confrontation ou de déroboade, sans oublier les habitants, innombrables » (Ardenne, 2002, p. 114-115). Descendre dans la rue implique deux types d'interactions spatiales; une relation au site, doublée d'une relation avec la population. Se « mesurer au site », c'est la façon dont l'artiste adapte son œuvre à la spatialité d'un lieu public. Investir la ville, c'est aussi se rapprocher de ce que Michel Crespin appelle le « public-population », c'est-à-dire « le public qui se trouve dans la rue, naturellement, qu'un spectacle s'y produise ou pas » (cité dans Chaudoir, 2000). Les « arts de la rue » structurent cette interaction du *public* avec l'*espace public*, précisément là où « les frontières sont plus brouillées que là où le lieu consacré désigne l'art comme tel » (Clidière et de Morant, 2009, p. 11). Pour le public, « le recours à la rue permet de développer la relation au spectacle en tant que véritable expérience physique » (Cramesnil, 2006, p. 84). S'établit alors une relation multilatérale entre l'œuvre, le public et son environnement, chacun étant affecté par l'autre dans une expérience dynamique sans cesse renouvelée.

8.2.2. *L'appropriation de l'espace public*

En prenant la ville d'assaut, l'art contextuel n'est pas qu'une « délocalisation du lieu de la création », il participe également de l'engagement de l'artiste qui « scelle un pacte avec la démocratie, celui de la consolidation sociale » (Ardenne, 2002, p. 184). De même, « essayer de penser le rôle de l'artiste dans l'espace public renvoie au thème du lien entre l'art et la politique, ou, pour mieux dire, le politique » (Matossian, 1996, p. 104). Cette « appropriation » socio-politique de l'espace public ne se produit jamais sans confrontation, territorialité oblige. Très souvent, ces « lieux ouverts à tous, régis par des règlements d'ordre public, ont des limites de tolérance

bien plus contraignantes⁶ que les théâtres ou les galeries d'art » (Clidière et de Morant, 2009, p. 9). Les lois, les règlements et les interdictions de toutes sortes posent de nouvelles conditions de présentations de l'œuvre. Par définition, « l'espace public est un espace disputé », un espace « qui met en concurrence divers pouvoirs et autant d'énergies » (Ardenne, 2002, p. 85). Négociations, conflits, pourparlers, compromis – l'art *in situ* serait-il un art de la tractation ? L'art contextuel, un marchandage ? Une esthétique du partage ?

8.3. L'espace intime du mouvement

L'espace public, dans sa configuration topographique, « se rattache à l'étude anatomique, laquelle donne à voir, par-delà le corps des individus, le corps du citoyen, celui du public » (Matossian, 1996, p. 26). L'anatomie spatiale, à cet égard, n'est pas étrangère à l'anatomie corporelle des individus qui partagent cet espace commun, la quantité spatiale occupée par chaque citoyen. Rudolf Laban (1966) appelle *kinésphère* le volume tridimensionnel formé par tous les points que peuvent atteindre les extrémités du corps d'un individu sans déplacement; « à la périphérie de cet espace, qui se transforme à chaque mouvement, commence l'espace extérieur » (Schwartz, 2008, p. 750). Cette sphère imaginaire⁷ représente symboliquement l'espace personnel de l'individu qui en est le centre de gravité. Laban utilise habituellement le terme de kinésphère afin de démarquer l'espace intime du mouvement (un espace délimité), de l'espace général (un espace infini) dans lequel l'action et le déplacement prennent place. « Le processus de cristallisation et de *dynamosphère* s'organisent à partir de cet espace à la fois propre à chacun et orienté » (p. 740).

⁶ Dans le cadre de mes expérimentations, ce sont les agents de sécurité qui imposent leurs limites, en dictant où les danseurs ont le droit d'aller, où leur présence est interdite, mais en restreignant aussi les contacts avec le public.

⁷ Cette kinésphère est en fait représentée par Laban sous la forme d'un isocaèdre à 12 sommets et 20 faces (Newlove et Dalby, 2004, p. 47).

Dans le cadre particulier de l'art contextuel, la kinésphère de Laban se heurte aux concepts de « bulle » (Hall, 1966/1971), de « coquille⁸ » (Moles et Rohmer, 1972) et de « zone tampon » (Horowitz *et al.*, 1965). Elle entre en friction avec l'*espace personnel* (Sommer, 1973), « une portion d'espace autour de l'individu qui ne peut être pénétrée par autrui sans provoquer des réactions de défense » (Fischer, 1981a, p. 11). De même que les animaux nécessitent un espace adapté à leurs besoins, l'homme recourt à cette bulle psychologique, un espace intime que la danse *in situ* se permet souvent d'enfreindre. Tout naturellement, on comprendra que « l'espace de la kinésphère bouge à chaque geste et que lorsque le corps en mouvement investit le grand espace, il transporte sa kinésphère avec lui » (Tremblay, 2007, p. 31). L'espace que génère le mouvement humain est comme une *architecture vivante* pour Laban. « L'horizon du sujet change au fur et à mesure de son déplacement », son rapport « avec l'espace intérieur/extérieur est donc toujours mouvant » (Perrin, 2010, p. 223-225). Inévitablement, les kinésphères des danseurs en mouvement dans l'espace public viendront à se rencontrer; elles croiseront aussi les kinésphères des spectateurs. Cette juxtaposition, voire superposition, d'espaces *personnels* est source de confrontation pour l'interprète tout autant que pour le public qui voit son intimité violée par la présence de l'autre au sein de sa propre bulle. Les espaces multiples de l'œuvre chorégraphique « doivent être considérés dans l'intrication complexe de [ces] différentes strates spatiales, de différents niveaux d'espace » (Perrin, 2010, p. 221). L'espace de l'œuvre choréogénétique interroge tout particulièrement la notion de sympatrie⁹, la zone commune où cohabitent différentes « espèces », les danseurs et les spectateurs.

⁸ La première coquille – *le Corps propre* – correspond à la distance intime (Hall); la seconde coquille – *le Geste immédiat* – correspond à la distance personnelle (Hall); la kinésphère de Laban correspond à cette seconde distance.

⁹ On distingue en écologie la sympatrie (chevauchement de l'aire de répartition géographique de deux espèces ou population de la même espèce) de l'allopatricité (isolement géographique de deux espèces ou de deux populations d'une même espèce).

8.4. Lieux (et non-lieux) choréogénétiques

Thierry de Duve (1989) part du postulat qu'un site est la conjugaison harmonique du lieu, de l'espace et de l'échelle¹⁰. Il constate que l'art *in situ* sacrifie toujours « l'un des paramètres pour préserver les deux autres [...] sacrifice du lieu, lien de l'espace et de l'échelle [...] sacrifice de l'espace, lien du lieu et de l'échelle [...] sacrifice de l'échelle, lien de l'espace et du lieu » (Matossian, 1996, p. 83). La danse *in situ* ne peut sacrifier l'espace géométrique au sein duquel le mouvement s'inscrit; « l'espace naît donc de l'action de sujets [...], son apparition dépend du mouvement » (Perrin, 2010, p. 222). Précisément, le corps du danseur est *épreuve* de l'espace, « il signale son avènement et constitue son événement » (Cohen, 2002, p. 131). De même, la danse *in situ* ne peut ignorer l'échelle spatiale qu'on mesure au corps dansant, à la kinésphère. Par conséquent, il ne resterait plus que des « non-lieux », des points de l'espace que la danse requalifie en se les appropriant. En se logeant dans les « *espaces sans qualité* et les replis de la ville¹¹ », ma pratique redéfinit la topologie de l'espace; « c'est elle alors qui qualifie le lieu » (Clidière et de Morant, 2009, p. 76). La choréogénétique, tout particulièrement lorsqu'elle investit l'espace public, « sert à rendre visible le mouvement des lieux » (p. 93), elle sert à convertir le non-lieu en lieu.

8.4.1. Le lieu de la performance: métaphore d'une spatialité cellulaire

La cellule humaine peut prendre toutes sortes de formes, mais l'information génétique contenue dans le noyau reste la même, qu'il s'agisse d'un neurone, d'un globule blanc, ou d'une cellule hépatique. Les lieux dans lesquels les œuvres choréogénétiques sont présentées visent à nous placer à l'intérieur de cette cellule

¹⁰ Pour De Duve (1989) le lieu est ancrage culturel au sol, au territoire, à l'identité; l'espace est consensus culturel sur la grille perceptrice de référence; l'échelle, c'est le corps humain comme mesure de toutes choses (cité dans Matossian, 1996, p. 82)

¹¹ Par exemple, les sortie de secours, les cages d'escaliers, les ascenseurs, les souterrains.

souche, totipotente, limitée par sa membrane cytoplasmique. Cette idée de paroi « conçue comme une séparation brusque qui diminue nécessairement l'importance des phénomènes au-delà de ce point singulier par rapport à ceux qui sont en-deçà » (Moles et Rohmer, 1972, p. 32) est cruciale à ma démarche. L'espace fermé d'*OGM* ne permet pas au danseur de s'exprimer librement, mais la porosité membranaire autorise les contacts avec l'extérieur, tel un processus osmotique laissant libre cours à la communication intercellulaire. Ceux qui restent à l'extérieur demeurent dans l'ignorance de ce qui se passe au cœur du noyau. À cet égard, la paroi cellulaire fait office de « frontière topologique » qui distingue deux espaces sémantiques distincts (p. 36) – le sacré et le profane, le permis et l'interdit, le sûr et l'incertain, le privé et le public, Moi et l'Autre – ce que le monde de l'art appelle le *quatrième mur*. Ce mur est « une condensation de la distance, dans la mesure où la distance, affaiblit, réduit, élimine, interdit, sépare » (p. 35). L'enveloppe cellulaire n'est pas étanche. La porosité dynamique du « lieu comme enveloppe » s'exprime en spatialisant la danse dans des lieux hétérogènes. En déplaçant mes performances dans l'espace public, j'anticipe et provoque la chute du mur.

8.4.2. *Partage des espaces et partage des corps*

Plusieurs de mes expérimentations prennent forme dans l'espace public. Dans *Echoes from the Ancestral Womb*, les différentes signatures génétiques sont interprétées dans autant d'espaces distincts par sept danseurs qui exécutent des mouvements individuels. À chaque fois, la même partition génétique de 80 mouvements est mise en scène. En apparence, les portraits génétiques semblent très différents, et pourtant, tous les danseurs interprètent la même molécule d'ADN. Le territoire chorégraphique, quant à lui, est sélectionné spécifiquement par l'interprète. La topographie de l'espace entrave les gestes du danseur, elle transforme le mouvement, elle empêche certains déplacements de la kinésphère. C'est ce lieu *choisi* qui confère une valeur esthétique ajoutée à la chorégraphie.

OGM est présenté dans un lieu fermé, espace partagé par deux individus. Lorsque les portes du monte-charge sont ouvertes, un des membres du public peut y pénétrer. Mais alors que le spectateur peut entrer et sortir de l'espace, l'interprète en est prisonnier. Lorsque les coulisses s'ouvrent, le danseur ne peut quitter sa « cellule », si ce n'est furtivement pour y revenir au plus vite¹². Les frontières de cet espace performatif ont comme effet de créer un huis clos, une proximité physique entre le danseur et le public, un lieu au sein duquel le spectateur peut se déplacer, entrer en contact avec l'interprète, le toucher, l'éviter, ou le suivre. Les espaces personnels – les kinésphères – se mesurent dans une chorégraphie intimiste. L'expérience est exacerbée par l'exiguïté du lieu qui détient – comme un détenu dans sa prison – le danseur à l'intérieur de sa « zone d'inconfort ». Tel un prisonnier en liberté surveillé, il est contraint à l'espace relationnel de la performance, il n'a pas le choix, une force centripète l'y attire.

Dans *OGM2*, une nouvelle spatialité s'installe. L'espace est ouvert. Le lieu chorégraphique devient perméable et deux interprètes s'y manifestent. La topographie n'est jamais la même puisque six différents lieux de représentations ont été investis tout au cours de la performance. Les mouvements et les interprètes sont des constantes, mais la géométrie de l'espace vient interférer avec les kinésphères en imposant des limites et des contraintes tridimensionnelles (par exemple, des escaliers). J'ai présenté cette performance à deux reprises: dedans et dehors. Une seule partition, deux expériences différentes. Notamment, « l'extérieur accentue la tendance à abolir les frontières entre acteurs et spectateurs, amateurs et professionnels, art et divertissement » (Clidière et de Morant, 2009, p. 32). C'est lors de cette performance à *The Art (prononcez dehors)* que j'ai pu rencontrer le « public-population » en descendant dans la rue.

¹² Par exemple, au Mexique grâce à un portique qui donne accès à la rue, à Montréal par les portes du monte-charge qui donnent accès aux salles de répétitions.

Les différents lieux au sein desquels *Polymorphosum urbanum* est diffusé sont tous situés dans la « ville souterraine ». Les signatures génétiques des danseurs sont interprétées dans trois espaces publics, chacun visité deux fois au cours de la nuit par un groupe d'interprètes différents. Le premier lieu (Centre de Commerce Mondial) représente un long couloir large de quelques mètres à peine où les courses parallèles repoussent les spectateurs vers la périphérie. Aux dires d'une interprète: « l'espace est grand, et il le devient encore plus à cause de l'absence de frontières imposées par les passants ». C'est dans ce lieu que les danseurs sont les plus nombreux (30) en début de soirée (18h) et les moins nombreux (6) en fin de la nuit (04h). Le second lieu (Gare Centrale) est complètement ouvert. Les distances à parcourir y sont plus longues et « ceci change la conscience du corps dans l'espace; souvent, on n'a pas le temps de retourner au point de départ après chaque mouvement ». À cet égard, il s'agit également du lieu où cet « espacement » entre les danseurs et le public est le plus important. Le dernier lieu (Centre Eaton) est une sorte de labyrinthe de tables et de chaises formé par la foire alimentaire au sous-sol d'un centre commercial. Les frontières virtuelles de cet espace performatif imposent une proximité physique entre les danseurs. C'est ici, comme le relate une autre danseuse, que « je deviens [...] capable d'apprécier les dynamiques d'espace (entre performeurs et passants) qui se créent autour de moi ». Tout d'abord, l'espace interfère avec la danse en créant des barrières, des frontières, des limites. Pour certains interprètes, les escaliers représentent de telles barrières physiques: « on a envie d'y grimper et de revenir sur nos pas (je l'ai fait une fois), mais il est plus facile de seulement arrêter au bas des marches comme si quelque chose d'invisible nous retenait ». Pour d'autres, les frontières sont dictées par le public, par « les spectateurs qui nous encerclent et restreignent notre terrain de jeu ». Pour les derniers, c'est l'espace public qui, comme « une ombre à la construction de notre paysage chorégraphique », délimite l'espace de la performance. L'ensemble de mon travail *in situ* se confronte à ces trois composantes essentielles de l'art contextuel: l'espace, le public et l'espace public.

CHAPITRE IX

LE RAPPORT AU TEMPS L'EXPÉRIENCE DE LA DURÉE

*« la durée est, non pas une donnée,
mais une œuvre »*

Gaston Bachelard

Sommaire – Tout comme l'espace, le facteur temps est un matériau de la danse performative. Ce temps se décline de multiples façons dans mon travail. Je distingue le temps des physiciens du temps des philosophes, le temps objectif du temps subjectif, le temps quantitatif du temps qualitatif. Dans ce chapitre, j'emploie différentes notions temporelles pour discuter de mes expérimentations. Parce qu'elle traite de l'évolution biologique dans un contexte de performance artistique, la choréogénétique convoque un souvenir du passé – la durée de la création – et le moment présent – le temps de la (re)présentation. Entre Darwin et Bergson, ma pratique prend forme au sein de cet univers multitemporel. De l'expérience du temps chez le danseur à l'expérience du temps chez le spectateur, je parle de la combinatoire et de la répétition des mouvements comme facteurs de différenciation phénoménologique. La démesure du temps choréogénétique participe de cette perception sensible – corporelle – du temps.

9.1. Le temps des physiciens / le quotidien des humains

Philosophes, physiciens, biologistes ou mathématiciens ont depuis toujours médité sur le sujet. Qu'est-ce que le temps ? Une création humaine ? Une réalité objective ? Un concept universel ? Une notion relative ? D'Aristote à Einstein, en citant au passage Descartes, Leibniz, Hume, Kant, ou Nietzsche, il serait insurmontable de recenser l'ensemble des écrits sur le temps¹. La recherche actuelle, qu'elle traite de phénoménologie, de thermodynamique, de géologie ou d'astrophysique, ne peut se permettre de faire l'économie de cette idée fondamentale. Bien plus qu'une thématique d'intérêt philosophique, le temps commande le rythme de nos trajectoires individuelles, la routine du quotidien, les rites de passages, la vie, la mort. L'homme postmoderne n'est-il pas constamment en proie au passage du temps ? À la dictature du calendrier ? En attendant l'apocalypse écologique annoncée, il cherche la fontaine de jouvence dans le fond d'un tube de Botox. Il aspire à se libérer en lisant l'*Éloge de la lenteur*, *The power of now* ou les *Pensées* du Dalaï-Lama². Il fait du yoga, visite à chaque semaine son coach personnel (ou sa psy, selon le cas), prend des cours de relaxation, préconise le *slow food* et tous ses avatars (*slow sex*, *slow travel*, *slow parenting*, *slow fashion*: à quand le *slow PhD* ?). À ne point en douter, l'*industrie du temps* fait de très bonnes affaires³.

Le problème du temps est qu'il n'est pas directement perceptible par aucun de nos sens, « nous n'avons pas d'organe sensoriel particulier qui puisse nous transmettre immédiatement et directement le temps » (Buser et Debru, 2011, p. 127).

¹ Sans oublier, dans l'ordre ou dans le désordre, Newton, Darwin, Bergson, Mach, Spinoza, James, Bachelard, Merleau-Ponty, Deleuze, Husserl, Heidegger, Whitehead, Gödel, Poincaré, Wittgenstein, Prigogine, Popper, Hawking, etc...

² Honoré, C. (2007). *Éloge de la lenteur*. Paris: Marabout; Tolle, E. (1997). *The power of now: A guide to spiritual enlightenment*. Vancouver: Namaste Publishing; Baudoin, B. (2007). *Le petit livre de sagesse du Dalaï-Lama: 365 pensées et méditations quotidiennes*. Paris: Marabout.

³ Citons à titre d'exemple le film *In Time* (2011) situé dans un monde où le temps a remplacé l'argent. Génétiquement modifiés, les hommes ne vieillissent plus après 25 ans. À partir de cet âge, il faut « gagner » du temps pour rester en vie. Alors que les riches, jeunes et beaux pour l'éternité, accumulent le temps par dizaines d'années, les autres mendient, volent et empruntent les quelques heures qui leur permettraient d'échapper à la mort.

Notre conception du temps est une construction mentale. Il n'est ainsi rien d'autre que « le processus qualitatif d'évolution des états de conscience qui ne se laissent pas diviser en instants » (p. 79). Les neurosciences nous renseignent sur notre rapport au temps tel qu'il est vécu, mémorisé, anticipé. L'expérience du temps, ce temps subjectif qui n'a rien en commun avec le temps objectif des physiciens, est une donnée neurologique fondamentale qui façonne notre rapport au monde. Le temps est invention disait Bergson. Pour Saint Augustin «le temps est dérivé de la comparaison des impressions mentales qui ont laissé leur trace dans la mémoire » (cité dans Buser et Debru, 2011, p. 24). Il importe peu qu'il soit linéaire, circulaire, réversible et continu, irréversible ou discontinu, la *flèche du temps* s'impose, inéluctablement, nous accompagnant de la naissance à la mort. Rien ne sert de courir, le temps nous rattrapera, toujours.

Il est aujourd'hui commun d'identifier deux sortes de temps: le temps physique objectif, celui des horloges, et le temps subjectif, celui de la conscience (Buser et Debru, 2011, p. 79). Le premier temps est quantitatif, il se mesure; le second temps est qualitatif, il se vit. Évidemment, la vitesse de la lumière n'est pas celle de notre prise sur le temps, de notre perception du temps qui passe, la *durée*, c'est-à-dire « le fait que les instants n'existent pas en même temps, mais dans une succession continue » (Paty, 2001, p. 60). Les philosophes distinguent plusieurs temps subjectifs. Dans *La dialectique de la durée* (1950), Bachelard introduit trois variantes: le temps que l'on vit (temps existentiel), celui que l'on ressent (temps conscientiel) et celui que l'on structure (temps idéal) (Buser et Debru, 2011, p. 98). La description phénoménologique de la temporalité (voir Husserl, 1905/1983) fait apparaître que « les trois éléments du temps sont donnés simultanément dans le champ du présent, la conscience intentionnelle étant à la fois perception, rétention et protention » (Buser et Debru, 2011, p. 77) – *perception* du temps présent, *rétention*

du temps passé, *protention* du temps futur⁴. En d'autres mots, « ce que nous nommons le temps, c'est l'expérience d'un présent que nous relions à la mémoire du passé et que nous associons à des anticipations possibles » (Paty, 2001, p. 56).

Quelle que soit notre conception du temps, du moment présent, les travaux d'Einstein ont révélé qu'il n'existait pas de temps sans espace. C'est parce que les objets se déplacent dans l'espace que nous sommes en mesure de percevoir le temps. À l'inverse, c'est le temps qui engendre le mouvement des corps. Le temps conscientiel s'arrête lorsque le mouvement s'arrête. Dès lors, le monde s'organise en fonction d'un nouveau cadre de référence, chaque site étant caractérisé par trois coordonnées d'espace et une coordonnée de temps. L'*ici* et le *maintenant* des physiciens (et des artistes⁵) prend forme en 4D.

9.2. Darwinisme et bergsonisme

S'il est un champ disciplinaire indissociable du concept de temps, c'est bien celui de la biologie évolutive. Car l'évolution des espèces prend du temps. Elle se mesure à l'*échelle géologique* en superposant différentes strates fossilifères, ou à l'*échelle moléculaire* en alignant et comparant des séquences génétiques. La phylogénie (ou généalogie) a pour objectif de retracer l'histoire évolutive des espèces (ou des individus) afin d'établir leurs liens de parentés, représentés, plus souvent qu'autrement, sous la forme d'un arbre phylogénétique. Cet arbre dichotomique s'enracine dans le temps pour illustrer la succession de lignées, des ancêtres vers

⁴ « Les philosophes se sont séparés en trois camps sur la réalité du passé, du présent et du futur. Ces trois vues ont été nommées le présentisme, le possibilisme et l'éternalisme [...] Le 'présentisme' affirme que le passé n'existe pas [...], seul le présent existe, le passé n'existe plus, et le futur arrivera mais n'est pas encore là. » Pour l'éternalisme « il n'y a pas de différence ontologique entre passé, présent et futur, sinon subjectivement [...] Selon cette opinion, les choses passées et les choses futures existent éternellement, indiquant qu'il ne se passe rien de plus spécial avec le présent temporel 'maintenant' qu'avec le présent spatial 'ici'. » Pour le possibilisme « le futur est possible plutôt qu'actuel, le passé est devenu et est pleinement actuel » (Buser et Debru, 2011, p. 140-142).

⁵ Linda Henderson (1983) détaille de façon précise dans « *The fourth dimension and non-Euclidean geometry in modern art* » l'impact de cette révolution scientifique sur les arts modernes.

leurs descendants. C'est l'accumulation graduelle de mutations aléatoires⁶ qui, petit à petit, contribue à « transformer » les espèces⁷. Ce temps, matériau de l'*Origine des espèces* chez Darwin, est analogue au temps de l'*Évolution créatrice* chez Bergson.

L'évolution du vivant tient du fait que l'avenir des espèces dépend entièrement du chemin parcouru par elles, de telle sorte qu'il soit impossible de le prévoir à l'avance. Pour Bergson, « la vie, depuis ses origines, est la continuation d'un seul et même élan qui s'est partagé entre des lignes d'évolution divergentes » (Bergson, 1907/1948, p. 53). À cet égard, le philosophe et le biologiste ont la même vision de l'arbre de l'évolution. Mais Bergson diverge de la pensée darwinienne en ce qu'il « détache les concepts d'adaptation et d'élan vital de celui de sélection naturelle » (Miquel, 2004, p. 126). Cet *élan vital* consiste, en somme, « dans une exigence de création » (Bergson, 1907/1948, p. 252). Il pose la question de la vie différemment. Elle n'est pas simplement « ce qui se fait par opposition à ce qui se défait » (Miquel, 2004, p. 129). La vie est ce « qui se fait à travers celle qui se défait » (Bergson, 1907/1948, p. 248). De même, Bergson s'oppose au finalisme radical, la prédestination téléologique qui « implique que les choses et les êtres ne font que réaliser un programme une fois tracé » (p. 39). Il tourne au ridicule l'idée d'une finalité *externe* « en vertu de laquelle les êtres vivants seraient coordonnés les uns aux autres [...], de supposer que l'herbe ait été faite pour la vache, l'agneau pour le loup » au profit d'une finalité interne: « chaque être est fait pour lui-même, toutes ses parties se concertent pour le plus grand bien de l'ensemble et s'organisent avec intelligence en vue de cette fin » (p. 41).

Dans la philosophie de l'évolution de Bergson, la durée est créatrice: « s'il n'y a rien d'imprévu, point d'invention ni de création dans l'univers, le temps devient

⁶ Le modèle de Darwin a notamment été remis en question par la théorie des équilibres ponctués de Eldredge et Gould (1972). Selon cette hypothèse, l'évolution ne serait pas graduelle et continue, mais plutôt composée de longues périodes de stases entrecoupées par des périodes de changements rapides (voir aussi Geary, 2008).

⁷ Le transformisme est précurseur de l'évolutionnisme, terme que Darwin lui-même utilise à maintes reprises dans *L'Origine des espèces* (1849).

encore inutile » (Bergson, 1907/1948, p. 39). Elle suppose par conséquence « d'introduire dans l'analyse de la durée la dimension du futur en plus de celle du passé et du présent » (Miquel, 2004, p. 128). Précisément, « la durée s'appelle vie » (Deleuze, 1968b, p. 97). Pierre angulaire du bergsonisme, la durée préside à l'évolution des espèces tout autant qu'à l'organisation de l'intelligence et à la création artistique. Et comme l'œuvre d'art « ne peut ni avoir été prévue à l'avance par l'artiste comme s'il lui était extérieur, ni sortir de lui par le simple effet passif du temps en général [...] elle n'a pu être effectivement produite de manière imprévisible sans son intervention singulière et concrète » (Worms, 2004, p. 187). Du temps matériau de la vie au temps matériau de l'art, il n'y a qu'un pas que Bergson n'hésite pas à franchir.

9.3. La durée, matériau de la création / le temps, matériau de l'art

Le rapport de la durée à la création n'est pas étranger à la démarche artistique: « l'acte créateur de l'art s'insère dans la création qui définit l'être [...], au point que chaque instant de notre vie (et de l'univers) apparaît, selon Bergson, comme une 'création originale' et une œuvre d'art » (Worms, 2003, p. 163). Nombre d'artistes ont un rapport au temps très fécond⁸; du temps qui s'écoule, qui nous échappe, nous domine, au temps qui nous inspire, nous stimule, nous nourrit. On Kawara peint depuis 1966 des tableaux (*Date Paintings*) indiquant dans la langue du pays où il se trouve la date de leur réalisation. Depuis 1965, Roman Opalka s'évertue de reproduire sur ses tableaux des suites de nombres, diluant au passage la peinture pour marquer le passage du temps, « le temps dans sa durée et dans sa création et le temps dans notre effacement » (Opalka, 1991). En 1960, Jean Tinguely présente *Hommage à New York*, une machine autodestructrice qui se suicide après une heure. En 1978,

⁸ Il n'est pas anodin de noter au passage que la fécondité elle-même est une notion temporelle, qu'elle soit utilisée dans son sens biologique ou à titre de métaphore de la productivité d'un artiste. On mesure le taux de fécondité biologique en comptant le nombre de descendants engendrés par une femme au cours de sa vie. Par extension, la fécondité artistique est mesurée au nombre d'œuvres produites par un artiste au cours de toute sa carrière.

Rober Racine interprète au piano les *Vexations* de Satie 840 fois de suite. Depuis dix ans, John Miller prend à chaque jour une photo entre midi et 14h (*The Middle of the Day*). De Tom Marioni (*One Second Sculpture*) à Santiago Sierra (*120 Hours of Continuous Reading of a Telephone Book*), la durée s'impose comme un des thèmes majeur de l'art contemporain. Certes, est-il nécessaire de distinguer les œuvres ayant le temps comme *thème* de celles qui utilisent le temps comme *matériau* ? Les montres molles de Salvador Dali (*La Persistance de la mémoire*, 1931) n'ont rien à voir avec les performances extrêmes de Marina Abramović et Ulay⁹. C'est par l'*attitude performative* que la durée s'inscrit, que le temps fait son œuvre. Comme le souligne Paul Ardenne, « *Lip Sink*, de Bruce Nauman, ne prend sens qu'au regard de la performance qu'y réalise l'artiste américain, qui consiste à répéter pendant plus d'une heure, jusqu'à épuisement, les mots 'lip' et 'sink' » (Ardenne, 2006, p. 3). Le spectateur de cette performance doit « subir », pour ainsi dire, le passage du temps. Et que dire de *Organ²/ASLSP (As SLOW as Possible)* de John Cage, une pièce musicale si longue, qu'on n'en verra (entendra) jamais la fin¹⁰. Dans ce contexte, le spectateur (auditeur) n'aura accès qu'à une fraction de l'œuvre; à partir de quelques bribes disponibles, il doit reconstruire, inventer, imaginer la suite.

Source inéluctable de stress chez l'homme moderne, le temps est source intarissable d'inspiration pour l'artiste contemporain. *Body art*, *bio art* et *land art* sont directement inspirés par les effets destructeurs du temps, voire la peur du temps: la « chronophobie » (Lee, 2004). La vidéo, le théâtre, la performance, déconstruisent le temps en adoptant le collage, le patchwork, l'hybridation temporelle. La danse, tout

⁹ Dans *Relation in Space* (1976) les deux artistes sont lancés l'un contre l'autre, les corps nus, répétitivement pendant une heure. Dans *Breathing in/Breathing out* (1977), ils s'embrassent jusqu'à ce que leurs réserves en oxygène soient épuisées. Dans *Nightsea Crossing* (1981-1986), ils se tiennent de part et d'autre d'une table, sans parler ni manger pendant les heures d'ouverture des musées où la performance est présentée. Leur dernière collaboration, *The Lovers: Walks on the Great Wall* (1988), met symboliquement fin à leur relation. Suite à une longue marche de 4000 km durant trois mois, ils se rencontrent sur un pont dans la province de Shaanxi, le 27 juin 1988, avant de se quitter pour de bon (Biesenbach, 2010).

¹⁰ Une œuvre qui s'étire sur 639 ans et qu'il est impossible d'entendre au complet. On peut écouter la note qui joue en ce moment à l'adresse <http://www.aslsp.org/de>

comme la musique, est un des rares arts qui s'inscrit dans le temps et qui crée du temps. Vitesse, accélération, lenteur, pause. Le mouvement dansé engendre la durée. Pour Aristote, le temps représente l'unité du mouvement. En vertu de cette définition, la danse serait l'art du temps par excellence.

9.4. L'univers multitemporel de la choréogénétique

Pour Nicolas Bourriaud, « la société postmoderne n'a plus de récit, mais de multiples scénarios » (2005, p. 23). La narration est abandonnée au profit d'une temporalité combinatoire. L'art contemporain a détruit la notion d'histoire. « Les formes les plus archaïques entrent en contact avec la technologie de pointe, générant le brouillard électronique qu'est le monde contemporain » (p. 24). Le temps actuel n'est plus succession, mais simultanéité, univers multitemporel. En convoquant la durée de la performance (en direct) et le temps génétique (en différé), l'œuvre choréogénétique s'imbrique au cœur de ces multiples échelles temporelles. Mes expérimentations explorent la zone de friction délimitant le temps requis pour la génération de l'œuvre et le temps requis pour son appréciation. Les phylogénéticiens modernes¹¹, grâce aux développements récents de la génomique, comparent des séquences génétiques dans un but de *rérodictio*n de l'évolution. Les performances choréogénétiques utilisent ces mêmes séquences génétiques dans un objectif de *monstration* de l'évolution.

9.4.1. Le temps de la création / le temps de la représentation

Le dualisme création/représentation met en opposition deux temporalités singulières, le moment de la génération de l'œuvre en amont de sa représentation, et celui de la production de l'œuvre, de sa rencontre avec le public. Ces deux temps, indépendants, sont hiérarchisés dans l'œil du spectateur: la création participe d'un

¹¹ Depuis 1992, je poursuis une carrière de phylogénéticien en parallèle à ma pratique artistique (voir par exemple Lapointe et Legendre, 1992; Lapointe *et al.*, 1999; Lapointe et Rissler, 2005).

temps implicite, imperceptible, invisible; le temps de la représentation est explicite, synchronisé à la durée de l'œuvre. Pour le public d'une performance, « le temps de production artistique [est] indissociable du temps vécu » (Bourriaud et Sans, 2005, p. 12), mais le temps de création existe « hors de l'œuvre », avant même sa représentation.

Dans l'ordre normal des choses, le temps de génération d'une œuvre précède le temps de production. Les expérimentations choréogénétiques brouillent néanmoins cette frontière en télescopant différentes temporalités. Le temps génétique, celui de la création, se superpose au temps choréographique, celui de la représentation. Ces deux concepts s'entremêlent lors de la performance. Les signatures génétiques qui sont mises en mouvement résultent d'un long processus d'évolution naturelle, tandis que les danseurs qui les interprètent s'activent ici et maintenant. « À la fois durée et instantanéité, lenteur et rapidité, vie et mort, le temps [choréogénétique] est un concept binaire et paradoxal » (Morosoli, 2007, p. 70). Il faut quelques minutes à un danseur pour interpréter une suite de mouvements qui correspond à sa signature génétique. Il faut des centaines de milliers d'années à la vie pour composer la partition de cette chorégraphie. « Il est certain que la performance fait appel à de nouvelles manières de concevoir [...] le temps, [elle] est basée sur un temps réel et non fictif » (Pontbriand, 1998, p. 25). Mais cette « temporalité réelle » (ou « réalité temporelle ») est tributaire d'une « temporalité virtuelle » qui s'inscrit dans la durée de l'expérience choréogénétique.

9.4.2 *L'expérience de la durée chez le danseur*

Les *expérimentations* choréogénétiques sont des *expériences* choréographiques de la durée. De gestes en gestes, la chorégraphie se déroule de temps en temps dans la conscience (et le corps) de l'interprète: temps de perception, temps de réaction, temps d'action, temps d'anticipation. L'expérience de la durée, c'est d'abord et surtout l'épreuve de la douleur. Pour l'artiste, le temps « sera pour cette raison fréquemment

infligé, imposé (à lui-même, au spectateur de l'œuvre) comme un spectacle à endurer, voire comme une punition » (Ardenne, 2006, p. 4). Face à sa propre finitude génétique, le danseur est confronté à l'infinité de la vie. Le cycle de la vie qui ne s'épuise jamais, qui tourne à vide sans autre but que de se perpétuer *ad nauseam*. L'ADN se réplique, les partitions se succèdent, les mouvements se reproduisent, les performances se répètent.

9.4.2.1. L'épuisement combinatoire

Alors que l'ADN nucléaire des *OGMs* s'inscrit de façon cumulative et définitive dans nos chromosomes, la molécule circulaire de l'ADN mitochondrial de *Polymorphosum urbanum* est sans borne. Elle tourne en rond. Sans début ni fin, elle est inépuisable. La choréogénétique est une combinatoire, mais pas n'importe quelle combinatoire; « ce qui compte [...] c'est dans quel ordre faire ce qu'il doit, et suivant quelles combinaisons faire deux choses à la fois, [...] montrer que l'épuisement (exhaustivité) ne va pas sans un certain épuisement physiologique. » (Deleuze, 1992, p. 61). La séquence génétique sélectionnée ne contient que 240 nucléotides de cet ADNmt, une partition chorégraphique de 29:44 minutes. Mais ce rapport à la *durée fixe* est modulé par l'interprétation redondante des quatre mêmes mouvements du vocabulaire, sans logique véritable autre que la séquence combinatoire qu'ils représentent. « L'ordre, le cours et l'ensemble rendent le mouvement d'autant plus inexorable qu'il est sans objet, comme un tapis roulant qui ferait apparaître et disparaître les mobiles » (p. 81). L'ADN, quant à lui, poursuit son œuvre en éprouvant le corps du danseur. Au fur et à mesure des performances, la fatigue s'impose et les corps se décomposent graduellement. Le tempo fluctue en fonction de l'épuisement. « La combinatoire épuise son objet, mais parce que son sujet est lui-même épuisé (*exhausted*) » (p. 62-63). Les mouvements exécutés clairement au début de la nuit deviennent de plus en plus ardues: les courses (C) sont moins rapides, les prosternations (A) plus douloureuses, tandis que les étreintes (G) sont accueillies par

un soupir de soulagement. Les mêmes muscles sont sollicités depuis plusieurs heures. Pour certains, la performance traduit une « expérience de persévérance, de transe et de passage libérateur », alors que pour d'autres l'expérience fut très pénible. Une danseuse dit avoir « surestimé [sa] forme physique, sous-estimé l'énergie que les mouvements allaient [lui] demander » alors qu'une autre « a dû modifier certaines positions car le seul mouvement de plier et déplier les genoux me causait de la douleur ».

Le passage du temps fait son œuvre au sein des muscles, mais il affecte aussi la mémoire des interprètes. La signification des gestes s'impose au gré des performances, « suite à plusieurs répétitions, les mouvements perdent de l'amplitude, mais [ils] gagnent du sens » (commentaire d'une interprète). Cette tension entre l'anticipation du prochain mouvement, le souvenir diffus de certains fragments d'ADN, la douleur physique et la jouissance intellectuelle est palpable chez les interprètes. Ce rapport à la *durée épuisée* (*sensu* Deleuze) soulevé par Catherine Clément (1988), s'étend ici à l'expérience athlétique, voire surhumaine du danseur « dont il parlera ensuite comme d'un exploit littéralement inénarrable. Si longue est l'histoire qu'elle ne se peut pas résumer; on ne saurait en prendre des 'extraits'; c'est une chose qu'il faut avoir 'vécue soi-même' ».

9.4.2.2. Différences et répétitions

L'essence même de la choréogénétique, c'est la répétition de mouvements tirés d'un vocabulaire génétique de quatre lettres, les mêmes répétitions qui donnent sens à la vie. C'est la répétition de ces répétitions qui donne un sens à la chorégraphie. « Comment expliquer que, lorsque la répétition porte sur les répétitions, lorsqu'elle les rassemble toutes et introduit entre elles la différence, elle acquiert du même coup un pouvoir de sélection redoutable ? » (Deleuze, 1968a, p. 377). La sélection engendre la différenciation, la répétition, quant à elle, engendre la durée. « Toutes les répétitions, n'est-ce pas ce qui s'ordonne dans la forme pure du

temps ? » (p. 376). La répétition des mouvements et la répétition des performances contribuent à l'expérience chorégraphique, soit en invoquant l'universel, soit en parlant de l'individuel. *Echoes from the Ancestral Womb* est une œuvre chorale pour sept danseurs qui interprètent en solo la même partition génétique (répétition), mais à partir de vocabulaires de mouvements personnels (différence). *OGM*, est un long solo construit sur la base des quatre mêmes mouvements (répétition), dont la séquence varie (différence) en fonction du gène sélectionné. *OGM2*, est un long duo composé de quatre mouvements (répétition), mais qui se déplace dans le temps et dans l'espace (différence). *Polymorphosum urbanum* expose les signatures génétiques de trente danseurs (différences) à six reprises au cours d'une même nuit (répétition).

Toutes les expérimentations choréogénétiques impliquent deux forces en opposition: une pression sélective qui tend à homogénéiser les séquences et la mutation qui tend à générer de la variabilité. Toutefois, la répétition de la même partition lors de représentations différentes (heures et lieux différents) ajoute un élément de différenciation supplémentaire. Plutôt que de danser de façon continue pendant trois heures comme pour *OGM*, les danseurs de *P. urbanum* interprètent une œuvre presque aussi longue, entrecoupée de pauses pour se déplacer vers un nouveau lieu de performance¹². Quiconque aura déjà pratiqué ce type d'*interval-training* sait très bien qu'il est très éprouvant d'alterner entre périodes d'activités et de repos. De fois en fois, la reprise de la chorégraphie devient de plus en plus pénible, les jambes, chargées d'acide lactique sont de plus en plus lourdes. Et la fatigue psychologique qui s'ajoute à la fatigue corporelle. Continuer, continuer à tout prix, aller jusqu'au bout du processus, en dépit de quelques fidèles encore présents à 4h00 du matin¹³.

¹² La partition chorégraphique de 29:44 min est répétée six fois lors de la nuit, avec une pause de 90 min entre chaque performance. La durée totale de l'œuvre (29:44 x 6 = 178:24 min) est comparable à certaines partitions (*OGM*) que j'ai interprétées en solo pendant plus de 3h (180 min).

¹³ Seulement six des trente interprètes de *P. urbanum* ont été capables de réaliser l'ensemble des six performances.

Même s'il est possible de reproduire la même partition chorégraphique à chaque représentation, chaque interprétation diffère de la précédente. « La différence habite la répétition » (Deleuze, 1968a, p. 103). La ressemblance aussi. La partition, même dans sa reproduction, n'est plus l'unique facteur de production de l'œuvre. Elle impose une suite de mouvements, dupliqués, dédoublés, répétés. La choréogénétique (à titre de performance) serait donc un art autographique¹⁴ (*sensu* Goodman) dont la contrefaçon est impossible (cette thèse est défendue par Ryberg, 1998). En dépit d'un vocabulaire unique et d'une partition prédéterminée génétiquement, l'œuvre continue d'évoluer constamment, l'original étant sans cesse soumis aux pressions des mutagènes et à la sélection.

9.4.3. *L'expérience de la durée chez le spectateur*

La qualité première du temps, « c'est la succession » nous dit Bruno Latour, mais « comme dans un percolateur, le temps ne coule pas de manière uniforme » (Sans et Bourriaud, 2006, p. 113). Chaque spectateur perçoit le temps de façon différente. Tout et chacun a donc « sa propre approche de la durée » (p. 111). Il faut « prendre le temps » existentiel d'assister à la performance, le temps conscientiel de l'apprécier, le temps idéal de l'analyser. L'expérience de la durée n'est pas la même pour les arts de la scène que pour l'art plastique. Le spectateur « peut regarder un tableau pendant une fraction de seconde ou trois heures. L'œuvre ne comporte pas de mode d'emploi du temps requis pour la lire: c'est ouvert » (Sans et Bourriaud, 2006, p. 111). *A contrario*, une chorégraphie, un opéra, une pièce de théâtre, ont une durée prédéterminée, un début, un développement, une fin. Les performances

¹⁴ Goodman fait la distinction dans *Les langages de l'art* (1968/1990) entre les arts autographiques et les arts allographiques. Pour lui « le jugement esthétique est lié à la distinction entre, d'une part, les arts autographiques, par exemple la peinture [et la sculpture], qui rendent pertinent le support matériel de l'objet, et donc le concept d'original, d'unicité et d'authenticité et, de l'autre, les arts allographiques [la littérature, la danse, la musique] qui utilisent, comme paramètre du jugement, l'*identité orthographique* c'est-à-dire une correspondance exacte quant aux séquences de signes, aux espacements et aux signes de ponctuation » (Dondero, 2007).

choréogénétiques semblent faire exception à cette règle. Répétitives, prévisibles, illimitées, elles n'ont pas de durée prescrite. Est-il nécessaire de voir l'ensemble de la partition chorégraphique pour en comprendre toute la portée ? Deux minutes ou deux heures, quelle différence ? La durée n'est pas équivalente, l'expérience esthétique est pourtant similaire.

L'expérience du spectateur est incomparable à l'expérience du danseur. Pour l'interprète, fatigue et douleurs musculaires affectent l'expérience subjective de la durée. Il n'a pas d'autre choix que de vivre l'expérience jusqu'au bout. Le spectateur, quant à lui, peut mettre fin à l'expérience quand bon lui semble. Le premier est l'esclave du temps, le second en est le maître. Dans certains cas, le spectateur peut lui même *dicter* – à la fois imposer et dire à haute voix – le rythme de la performance. Il peut consciemment choisir d'accélérer ou de ralentir le tempo de la pièce, et par la même occasion, en modifier la durée. En plein contrôle de l'interprète (*OGM*) ou des interprètes (*OGM2*), ce spectateur-dicteur est en plein contrôle du temps, de *son* temps. S'il décide de garder le silence, les mouvements s'arrêtent. Lorsqu'il quitte, la performance prend fin. Les dictateurs se suivent et ne se ressemblent pas. À chaque nouveau bourreau, une nouvelle fenêtre vient s'ouvrir sur l'immensité du génome, tel un instant d'éternité figé, emprisonné, dans le temps. L'expérience choréogénétique se présente « comme partage ou cogestion d'une durée entre l'artiste et le regardeur-participant » (Bourriaud et Sans, 2005, p. 13) « comme une durée à éprouver, comme une ouverture vers la discussion illimitée » (p. 15). C'est la rencontre avec l'œuvre qui génère une durée multitemporelle: « temps de manipulation, de compréhension, de prise de décisions, qui dépasse l'acte de 'compléter' l'œuvre par le regard » (Bourriaud, 2001, p. 61). La performance continue d'exister chez le spectateur, même après sa production. Plus encore, la partition continue d'évoluer chez le spectateur. Il partage avec les danseurs la même durée génétique.

9.4.4. La démesure du temps choréogénétique

Si l'on déroulait la molécule d'ADN enchevêtrée sur elle-même au cœur du noyau de chacune de nos cellules, on obtiendrait un fil microscopique d'un diamètre de deux nanomètres et d'une longueur de 120 000 milliards de mètres, soit 300 fois la distance de la terre à la lune. Si un danseur voulait interpréter l'ensemble des gènes contenus dans son ADN, il lui faudrait plus de 75 ans, en exécutant un mouvement à la seconde. On estime à 25 000 le nombre de nos gènes (International Human Genome Sequencing Consortium, 2004). Dans de telles conditions, impossible de voir la fin de cette chorégraphie génétique. La succession de lettres dans une séquence interminable exprime toute la démesure du génome humain, une suite cumulative gigantesque, voire infinie, une conclusion inaccessible.

Même si toutes mes expérimentations chorégraphiques ont un début et une fin (même les plus longues), l'ADN qu'elles mettent en mouvement, lui, n'a pas de fin. Cette démesure du temps, de l'infiniment petit qui s'étire de la terre à la lune, inspire le sublime (voir Lapointe, 2008), dépasse l'entendement. L'évolution biologique résonne aux yeux du public confronté à cette *ritournelle* sans logique claire. Le temps, moteur de l'évolution à l'échelle géologique, est le principe directeur de la choréogénétique. Bien qu'il soit facile de compresser temporellement l'accumulation de mutations *in silico*, en simulant l'évolution d'une séquence à l'aide d'un algorithme, ces mêmes mutations biologiques qui distinguent les interprètes sont pourtant bien réelles. Bien plus qu'une combinatoire de quatre mouvements répétés par une meute protéiforme de danseurs, les partitions chorégraphiques ne sont pas totalement aléatoires. Les mutations apparaissent dans le génome au hasard, mais la nature sélectionne uniquement celles qui confèrent un avantage sélectif aux individus mutants. Les danseurs sont des mutants adaptés à leur environnement. Des survivants à l'épreuve du temps.

CHAPITRE X

LE RAPPORT AU CORPS L'EXPÉRIENCE DE LA VIE

*« Le corps est le corps
Il est seul et n'a pas besoin d'organes
Les organismes sont les ennemis du corps »*

Antonin Artaud

Sommaire – La danse expose le corps en mouvement. C'est par l'entremise de ce mouvement dansé que le corps est porteur d'une valeur ajoutée; du corps biologique au corps de l'artiste. Dans ce chapitre, je différencie le corps objet du corps sujet. J'introduis la notion d'art intracorporel pour distinguer la pratique du body art, qui montre le corps dans sa totalité, de la pratique du bioart qui montre des parties du corps: le corps ensemble d'organes. Je présente différentes incarnations du mouvement dans l'œuvre choréogénétique. Le jeu de la combinatoire complexifie l'anticipation kinesthésique de même qu'il affecte l'interprétation chorégraphique. Je traite spécifiquement de la répétition du même vocabulaire gestuel et de son impact sur le corps des interprètes. Finalement, ce chapitre parle de l'individuation psychologique en lien avec l'individuation génétique que la corporéité exhibe au grand jour; de la résonance de l'individuel dans l'universel.

10.1. Du corps biologique et sociologique au corps de l'artiste

Qu'est-ce que le corps ? De quel(s) corps parle-t-on ? Le corps de la médecine n'est pas le corps de la phénoménologie, de l'anthropologie, de la psychanalyse, ni celui de la sociologie. Corps/machine, corps/cage, corps/matière. Du corps objet au corps sujet, « l'expérience du corps est toujours double: nous avons avec notre corps une relation qui est à la fois instrumentale et constructive » (Marzano, 2007, p. 8). Plus encore, je dirais qu'elle est hybridation. Combien de corps avons-nous ? Pour la biologie, la question du corps ne se pose pas, « parce que sa caractéristique la plus naturelle, qui est celle d'être un organisme vivant, en a toujours fait l'objet légitime des sciences de la vie » (Kitabgi et Hanifi, 2003, p. 21). Ce corps biologique, rempli d'organes, de tissus, de cellules, n'est cependant pas le corps social, ce corps qui depuis Sartre et Merleau-Ponty « est toujours en *situation* et relatif à un *milieu* dans l'espace social; avoir un corps et être dans le monde avec d'autres corps, c'est la même chose » (Amey, 2009, p. 15). Pour certains, il faudrait un biologiste pour analyser le corps, pour en expliquer le fonctionnement ou pour en étudier le développement. Pour d'autres, il faudrait un sociologue pour interpréter la construction de ce corps. « De fait, la sociologie aborde le plus souvent le corps à travers le prisme de pratiques et de représentations sociales qui le mettent en scène ou qui le traversent, et jamais directement » (Kitabgi et Hanifi, 2003, p. 21). De la recherche indirecte de la sociologie à la recherche directe de la biologie, le statut du corps entre culture et nature n'est qu'intermédiaire: « d'une part, les corps vivent, meurent, mangent, dorment et éprouvent de la douleur et du plaisir indépendamment de leur construction sociale; d'autre part, ils sont inscrits dans un milieu social et culturel et leurs mouvements sont aussi le fruit de l'éducation et de la culture » (Marzano, 2007, p. 76). Dès lors, à quoi sert de circonscrire le corps, de le contraindre, de lui imposer l'artificielle dichotomie opposant le corps-sujet au corps-objet ? Plonger dans l'esprit du corps exige de l'appréhender sous différents régimes. À la fois contenant et contenu, « le corps est d'abord *mon corps* [...]; le corps est

ensuite *ce que l'autre ressent de moi en premier* [...]; le corps est dans un troisième temps *ce qu'il contient* » (Milon, 2005, p. 57). Ce qu'il contient, c'est aussi ce qui le définit, ontogénétiquement, ce qui le caractérise, ontologiquement.

Qu'en est-il du corps dans l'art ? « On peut supposer un partage des corps en au moins trois espèces: le corps de l'*œuvre* en tant qu'objet [...], la *représentation* du corps et le corps de l'*artiste* », sans oublier « celui du spectateur qui pourrait être un quatrième corps » (Amey, 2009, p. 11-12). Le corps de l'art contemporain participe de son morcellement sémantique tout autant que de son morcellement biologique. « À l'ambivalence entre *corps-sujet* et *corps-objet* s'est substituée l'opposition entre *corps-totalité* qui semblerait coïncider avec la personne et *corps-ensemble-d'organes* qui aurait le même statut que les choses » (Marzano, 2007, p. 6). Ces « choses » dont il est question sont aujourd'hui de nouveaux sujets, de nouveaux matériaux, de nouveaux médias, de nouveaux substrats artistiques. L'art corporel a fait du corps humain son fond de commerce. Le corps modifié de l'art charnel est devenu lieu de débat public (Orlan, 1999). Le corps désincarné du bioart pose aujourd'hui de nouvelles questions. Ce n'est plus le « corps sans organes » d'Antonin Artaud qui s'expose, mais des « organes sans corps » que l'art biotechnologique place à l'avant scène (voir à ce sujet Žižek, 2004/2008).

10.2. L'art intracorporel: le body art à la rencontre du bioart

Dans les années 60, Otto Muehl, Günter Brus, Hermann Nitsch et Rudolf Schwarzkogler poussaient leur corps à la limite du tolérable dans le cadre de performances extrêmes (Roussel, 2008). Ce mouvement artistique qualifié d'*actionnisme viennois* « fut le laboratoire expérimental de cette transgression des tabous liés à l'intégrité du corps et à la dignité » (Heinich, 1998, p. 151). Tout comme leurs précurseurs, les thématiques de l'art corporel contemporain traitent à la fois de modifications corporelles (*Performances/Surgeries*, Orlan), d'agression (*Shoot*, Chris Burden), de torture (*Self Obliteration*, Ron Athey), de mutilation (*Lips of Thomas*,

Marina Abramović), de souffrance (*On Steps without Anaesthesia*, Gina Pane) ou d'identité sexuelle (*Interior Scroll*, Carolee Schneemann). Urine, sang, sperme, fèces et autres fluides corporels sont exhibés en public, non seulement par souci de provocation (Goldberg, 2004), mais aussi pour confirmer l'existence de l'artiste (Vergine, 2007). L'art corporel est donc avant tout porteur d'un discours sur le corps. À cet égard, les motivations du bioart ne sont pas sans rappeler celles de l'art corporel; prendre le corps à fois comme *objet* et *sujet* de la pratique artistique. « La disparition du corps dans l'œuvre se prolonge d'une disparition du corps de l'œuvre, quand s'y substitue le corps de l'artiste lui-même; à la fois support, corps opérant et opéré » (Amey, 2009, p. 18). Les bioartistes traitent du corps en entier, mais aussi d'un corps démembré, dépecé, décomposé, désintégré. « Le corps n'est plus qu'une partition d'organes » (Milon, 2005, p. 94). Les tissus, les cellules, les gènes, l'ADN sont employés à des fins artistiques. Lorsque les cultures de tissus (*Victimless Leather*, Tissue Culture & Art), les chromosomes (*NucleArt*, Marta de Menezes), ou les gènes (*Sir John Sulston: a Genomic Portrait*, Marc Quinn) sont exposées, l'invisible devient visible. Ce que seuls les biologistes étaient habilités à observer dans leurs laboratoires fait désormais partie du domaine public. Pour la première fois dans l'histoire de l'art, les constituantes microscopiques de notre corps sont montrées dans les musées et les galeries. « Les nouvelles technologies font inexorablement reculer la notion d'intimité, qui semblait jusqu'ici intangible, en exposant aux yeux de tous l'intérieur de nos corps » (Wilson, 2010, p. 64). Une nouvelle porte s'ouvre alors vers l'espace intracorporel, grâce aux outils de la biotechnologie. Ce type d'art hybride, à la fois sous-genre de l'art corporel et du bioart, je le nomme « art intracorporel » (Lapointe, 2011), un art qui se concentre sur le *corps partiel*, non plus sur le *corps global*¹. La corporéité disséquée.

¹ Strictement parlant, l'art intracorporel peut inclure des pratiques misant sur ce qui se trouve à l'intérieur des *trous* et des *orifices* du corps, sans devoir le disséquer; par exemple, Michel Journiac utilisant son anus comme un appareil à sténopé, Annie Sprinkle invitant le spectateur à regarder son utérus à l'aide d'un spéculum, Mona Hatoum (ou Phillip Warnell) projetant à l'aide d'une caméra l'intérieur de son tractus gastro-intestinal (O'Reilly, 2009).

10.2.1. La choréogénétique: une pratique intracorporelle

Parce qu'elles exposent le corps en mouvement dans tout ce qu'il a de plus intime, mes performances exposent à la fois le corps et l'intérieur du corps. La choréogénétique se réclame tout autant du body art que du bioart. La souffrance, la douleur, s'exprime dans la durée, telle une expérience limite du corps. Un corps asservi à son destin génétique. Un corps soumis à la dictature du spectateur. Un corps éreinté, fourbu, courbaturé, épuisé et meurtri. Il s'arrête de temps à autres, pour souffler, respirer, vomir, reprendre ses sens, quand le public est absent. Un corps qui s'efface peu à peu au service de l'ADN qui lui, ne s'arrête jamais, même dans la mort². Dans son livre sur le masochisme et la performance, Kathy O'Dell (1998) présente le travail de plusieurs artistes corporels qui s'infligent volontairement des blessures. Dans mes expérimentations, les blessures ne se voient pas. Aucun sang. Aucun cri. Mais combien de corps endoloris. Une interprète « a eu du mal à marcher pendant quatre jours » et un autre « n'a jamais été si courbaturé de [sa] vie ». Des jours, voire des semaines de récupération. Ce qu'on ne voit pas ne fait pas moins mal. Le public ressent cette douleur. Il voit le corps qui souffre. Il lit la fatigue sur le visage des danseurs. Pour certains, l'expérience est traumatisante. D'aucuns ont refusé de dicter les mouvements au danseur, préférant l'étreindre pour le reconforter, le soulager de ses souffrances. D'autres ont pleuré devant tant d'émotions, ont quitté, ne pouvant supporter plus longtemps ce spectacle déchirant. Si l'art corporel a comme objectif d'interroger le public sur la relation au corps de l'artiste, et par le fait même, sur le rapport du spectateur à son propre corps, ma démarche expérimentale

² Selon l'hypothèse du gène égoïste de Richard Dawkins (1976), l'individu ne serait qu'un véhicule pour l'ADN qui n'a comme seul objectif que de se perpétuer, d'une génération à l'autre, par l'entremise de la reproduction (sexuée ou asexuée). Dès lors, le corps devient le contenant qui permet à l'ADN de vivre (comme la cellule nécessaire à la survie et la reproduction des virus, comme tout organisme impliqué dans une relation de parasitisme avec son hôte). Est-ce que l'ADN est un parasite de notre corps? Il nous utilise, mais ne nous tue pas (contrairement aux virus qui font exploser la cellule lorsqu'elle n'est plus assez grande pour supporter la population), il ne réduit pas non plus notre fécondité, ni notre longévité, bien au contraire, il s'alimente de ce potentiel reproductif sans quoi l'ADN meurt.

remplit ce rôle. Cette différence de « perception éthique et perception esthétique » (Heinich, 1999a, p. 154) est fondamentale à mon travail. Quelles sont les limites de l'art ? Quelles sont les limites de la vie ?

10.3. Le corps dansant: un corps multiple

La danse est un art de la scène qui expose des corps en mouvement. Le clivage du corps-sujet/corps-objet, la séparation du biologique et du sociologique, prend soudain une toute nouvelle signification lorsque ce corps dont il est question est celui du danseur. Dès lors, « on ne conçoit plus le corps comme un élément de nature opposé à l'esprit comme manifestation de culture, [...] comme un outil à maîtriser, au service des projets de l'esprit » (Mayen, 2004). Le corps du danseur est un matériau, certes, mais il est aussi matière. L'aspect le plus intrigant du danseur est que son corps n'existe pas seulement dans un monde. Il en chevauche plusieurs. Le danseur, corps biologique, appartient au monde des humains; le danseur, corps esthétique, émane du monde de l'art (Friedman, 1980, p. 82). « Le danseur et l'être humain ne sont pas la même chose » (p. 83). En montant sur scène, le corps biologique du danseur tisse avec le spectateur un nouvel objet esthétique, un corps démultiplié, à la fois constitué de chair et de sens. La seule présence scénique, « au travers du corps, le médium le plus direct et immédiat, est en soi productrice de sens et d'émotion » (Mayen, 2004). Dans une œuvre choréogénétique, le chorégraphe n'est plus requis pour l'étape de composition, mais les mouvements du corps demeurent, de même que les danseurs. Ce sont des êtres de chair et d'os qui exécutent les séquences de mouvements, qu'elles aient été générées *in silico* ou créées *in vivo*. Il semble pourtant qu'un nouveau rapport au corps émerge lorsque les interprètes doivent exécuter une suite de mouvements qui n'est pas le fruit de la créativité humaine subjective, mais la conséquence de l'évolution. Au corps biologique, celui de l'être humain, et esthétique, celui du danseur, s'ajoute un corps génétique, un corps encodé dans l'ADN enfoui dans chacune de nos cellules. Les trois corps de la

choréogénétique n'en font qu'un. Ils sont indissociables. Ce corps dansant « ne serait peut-être plus alors l'interprète de la vie au sens qu'on peut lui donner, mais il nous rappellerait, et là serait son plus beau message, qu'il est élément de la vie de chaque instant » (Crémézi, 1997, p. 125). L'humain / le danseur / la vie.

10.3.1. L'incarnation du mouvement

Si le corps est le matériau de base du danseur, son instrument, « les principes physiques du mouvement [sont] ses outils » (Crémézi, 1997, p. 15). C'est par le mouvement que la danse prend vie, dans l'espace et dans le temps. « Le corps du danseur est épreuve de l'espace [...], signale son avènement [...] et constitue son événement » (Cohen, 2002, p. 131). Le corps du danseur est à la fois épreuve de la durée, dont il incarne l'existence. La danse est avant tout « une forme de présence dans un espace-temps défini. Le mouvement, avec ses modulations, n'en est qu'une variation » (Mayen, 2004). Ce mouvement « ne représente pas une action, mais une intensité que l'on peut saisir analogiquement à un verbe » (Fabbri, 2010, p. 205). L'écriture chorégraphique consiste à composer des phrases avec ces verbes. Des partitions qui prennent vie dans le corps dansant, « matière et matériau, mais aussi [...] dynamisme et énergies, [...] origine du sens et de l'instant » (Crémézi, 1997, p. 16). Mes expérimentations choréogénétiques ont un lien particulier au corps dansant par l'entremise des mouvements. Je traiterai séparément de trois aspects distincts dans les sections suivantes: l'anticipation, la répétition et l'individuation des mouvements.

10.3.2. L'anticipation kinesthésique

De façon générale, lorsqu'une danseuse entre en scène pour interpréter une chorégraphie, elle s'applique à répéter les gestes qu'elle a appris et répétés depuis plusieurs semaines en studio. Elle exécute de façon toute naturelle les mouvements, sans vraiment y penser. L'apprentissage d'une partition chorégraphique a pour rôle

d'en faciliter l'exécution, soir après soir, sans que la danseuse ait à se souvenir du prochain mouvement, comme si son corps avait enregistré la séquence. Or, la danse n'est pas seulement un exercice de mémorisation, mais un travail d'interprétation des mouvements. Il est d'autant plus facile de donner un sens aux mouvements, de transmettre une émotion, lorsque leur exécution est fluide et prévisible. Cette prévisibilité permet à la danseuse d'anticiper le prochain mouvement, de se préparer à l'exécuter. Son corps connaît le « chemin » pour passer d'un mouvement à l'autre sans rupture de forme. Pas de place à l'improvisation!

L'œuvre choréogénétique bouscule les règles de l'art en évacuant du processus d'interprétation l'anticipation des mouvements³. C'est dans l'attente du prochain mouvement, fruit d'une mutation aléatoire, que la danseuse est en état de réceptivité complète. Même si elle connaît le vocabulaire, elle ignore tout de la séquence de mouvements à exécuter, chaque nouveau mouvement se présentant comme une surprise (joie ou déception). Contrairement aux chorégraphies du répertoire qu'une danseuse a répétées, apprises et interprétées des centaines de fois, l'œuvre choréogénétique s'inscrit dans l'immédiateté. La mémoire kinesthésique, ou mémoire du mouvement (Bläsing, 2010), n'a pas eu le temps d'enregistrer la partition, elle fonctionne à vide, en « stand by ».

L'anticipation plus ou moins stochastique du prochain mouvement se manifeste de façon différente selon le type d'expérimentation choréogénétique. Mis-à-part les premières expériences générées *in silico* à partir de vocabulaires plus riches⁴, toutes les partitions subséquentes ont été générées à l'aide d'un vocabulaire réduit de mouvements. L'effet de surprise est certes moins flagrant dans de tels cas. L'interprète ne peut qu'anticiper le A, le T, le G ou le C. Une chance sur quatre de

³ Nombre de chorégraphes ont également utilisé un processus de génération choréographique en temps-réel pour créer des pièces prenant vie sur scène, sans préparation préalable des interprètes.

⁴ Les deux œuvres choréogénétiques réalisées *in silico* sont également les seules pour lesquelles les partitions avaient été distribuées aux danseurs une semaine avant l'interprétation, laissant assez de temps pour l'apprentissage de la chorégraphie.

prédire correctement le prochain mouvement; trois chances sur quatre de se tromper. C'est la pauvreté de ce vocabulaire qui définit un rapport au corps si particulier.

Pour *OGM*, que j'ai interprété en solo à deux reprises, la réponse corporelle aux mouvements dictés par le spectateur fluctue en fonction du temps, mais également en fonction du public. Rappelons le processus. Une personne entre dans l'espace performatif, on lui remet la partition chorégraphique qu'il doit me dicter, une lettre à la fois, attendre que j'exécute ledit mouvement, que je répète à voix haute la lettre que je viens d'interpréter, pour ensuite passer à la prochaine lettre. Il faut donc que j'adapte mon propre rythme à celui de mon dictateur. Passant du sprint à la marche lente (en fonction du débit de lecture), mon corps réagit de façon secondaire à la fatigue (en fonction de la durée de la performance), une fatigue physique, mais également une fatigue mentale. Tel le marathonien qui peut soutenir le rythme de la course pendant plusieurs heures, il me faut entrer dans ma « zone » pour demeurer constamment concentré sur les mouvements à interpréter. Ne pouvant pas anticiper le prochain geste, ni m'y préparer physiquement et psychologiquement, chaque nouvelle lettre se présente comme un nouveau défi à relever. L'espoir, à chaque nouvel appel du dictateur, de ne pas devoir exécuter, encore et encore, le même mouvement (surtout les courses). L'anticipation devient alors appréhension. Le corps se crispe. Les mouvements sont de moins en moins fluides. Les seuls moments de répit entre deux spectateurs sont accueillis avec impatience.

Pour *OGM2*, l'anticipation kinesthésique se présente sous deux formes: lorsque le spectateur-dictateur lit un mouvement de la séquence génétique que doivent interpréter les deux performeurs, lorsque l'un des danseurs dicte à l'autre quel sera le prochain mouvement. Dans le premier cas, les deux interprètes sont soumis au même traitement (aucun ne peut prétendre connaître la partition chorégraphique complète), dans le second cas, l'un des deux sait quel sera le prochain mouvement puisqu'il le détermine lui-même. Le deuxième danseur à son tour deviendra dictateur pour le prochain mouvement, dans un jeu de main chaude où chacun vise à

surprendre l'autre en composant en temps réel la suite de la chorégraphie⁵. Ces variantes chorégraphiques entraînent des réactions corporelles différentes car elles placent les interprètes dans deux contextes distincts: un contexte dictatorial et un contexte démocratique. L'un ne laisse aucune liberté aux danseurs soumis au même dictateur. L'autre permet de choisir, une fois sur deux, quel sera le prochain mouvement. Comme pour *OGM*, le premier contexte place les deux performeurs au même niveau, celui de simple exécutant; le second les place à tour de rôle soit en position de contrôle, soit en position d'exécutant. Le danseur-dictateur peut à loisir sélectionner un mouvement « facile » pour pouvoir reprendre son souffle, ou un mouvement « difficile » pour imposer sa domination sur l'autre (décision qu'il s'impose de façon masochiste à lui aussi). Il peut ménager ou torturer le corps de l'autre.

Pour *P. urbanum*, ce ne sont pas les membres du public, ni les autres interprètes, qui infligent un supplice aux danseurs puisque la chorégraphie est préenregistrée – en fait, elle est préinscrite dans le génome des danseurs, l'enregistrement sonore ne fait que dicter la séquence génétique qui doit être interprétée. Pour chaque interprète, l'anticipation est ainsi vécue en vase clos, seul dans la foule face à son propre miroir génétique. « L'association lettre-mouvement est déjà automatique pour le corps et l'esprit » (commentaire d'une interprète). Mais l'attente du prochain mouvement ne se manifeste pas de la même façon chez tous les danseurs. En raison du décalage de quelques enregistrements⁶, une danseuse peut bénéficier d'un avantage; en voyant le mouvement exécuté par le reste du groupe

⁵ Je me suis personnellement amusé lors de cette partie de main chaude à reprendre constamment le même mouvement que celui dicté par ma partenaire pour éviter d'en choisir un. En conséquence, elle savait pertinemment quel serait le prochain mouvement et elle pouvait l'anticiper. De mon côté, je ne pouvais qu'anticiper un mouvement sur deux. Avec une autre interprète, j'ai plutôt joué à toujours choisir le même mouvement (C), indépendamment de celui qu'elle avait sélectionné. Ici encore, elle savait très bien quel serait le prochain mouvement, alors que je ne pouvais qu'anticiper un mouvement sur deux (le C que je dictais à tout coup).

⁶ Notamment lorsque la lecture du fichier mp3 est activée avec quelques secondes de retard par un interprète.

avant de l'entendre à ses oreilles, elle sait quel sera le prochain mouvement. Et pourtant, elle ne le *sait* pas. Elle *croit* le savoir. L'anticipation peut jouer des tours. Si la suite de sa propre séquence génétique comporte une mutation, le mouvement qu'elle devra interpréter ne sera pas celui auquel elle s'attend. Dans ces rares situations, la confusion s'installe dans le corps de la danseuse. « Les consignes commencent à devenir des ordres de plus en plus précis, que mon corps juge de moins en moins et suit de façon obéissante » (commentaire d'une interprète). Le cerveau humain préfère prédire plutôt que réagir aux mouvements d'autrui (Kilner *et al.*, 2004). Le conflit interne entre le mouvement qu'elle se prépare à exécuter – celui qu'elle voit – et le mouvement qu'elle doit exécuter – celui qu'elle entend – ne peut que déstabiliser la danseuse. Ne pouvant plus faire confiance à son pouvoir d'anticipation, elle hésite avant d'exécuter chaque mouvement, même lorsque la réalité est conforme à ses attentes.

10.3.3. Répétitions et mémoire corporelle

La redondance, ou répétition du même mouvement, est caractéristique des expérimentations choréogénétiques réalisées à partir d'un vocabulaire de quatre mouvements. Alors que la diversité réduite du vocabulaire minimise les erreurs d'anticipation, cette même diversité maximise la répétition. Qui dit répétition dit succession du même mouvement à plusieurs reprises au sein d'une même séquence. Mais la répétition d'un mouvement est également « enregistrée » par le corps de l'interprète lorsque les mouvements ne se suivent pas. En considérant une séquence de 100 mouvements et un échantillonnage équiprobable du vocabulaire (ce qui est rarement le cas avec des séquences génétiques), chaque mouvement devrait donc être répété 25 fois. À chaque répétition du même mouvement (par exemple, se prosterner au sol), les mêmes muscles sont sollicités et le corps mémorise de façon cumulative la redondance du geste dansé. Lors de l'interprétation de la séquence d'*OGM*, je me suis prosterné au sol 976 fois! Expérience limite vécue par le corps comme un

supplice dont seul l'épuisement viendra à bout⁷. Que ce soit lors des expérimentations solos, en duo ou en groupe, l'interprète atteint tôt ou tard ce point de saturation (le *mur* du marathonien), le moment où le corps se refuse à poursuivre cet exercice répétitif. Il n'y a pas de vraie blessure physique, mais une saturation psychologique, exacerbée par la répétition.

Pour *P. urbanum*, il y a non seulement répétition des mouvements (A, T, C, G), mais aussi répétition de la chorégraphie puisque la performance est répétée à six reprises au cours d'une même nuit. En quelque sorte, l'interprétation multiple de la même partition s'apparente à un processus d'apprentissage de la chorégraphie (même si là n'était pas l'objectif). Certains danseurs m'ont révélé avoir « appris » certaines sections de la chorégraphie. « je sais qu'il y a une tonne de T puis une série de C et de A [...] la fin arrive [...]; échec du corps mais jubilation ». On y trouve des passages plus faciles et d'autres plus difficiles. La répétition (ou reproduction) vient donc interférer avec le processus d'anticipation qui n'est plus une simple surprise du prochain mouvement, mais la crainte de devoir exécuter certaines sections de mouvements que le danseur a déjà interprétés. « Pas un 4^e 'A', j'espère ? Oui ! Pas un autre ? Oui ! Au secours, j'ai mal ! » Comme le dirait Deleuze, « à tous égards, la répétition, c'est la transgression ». La transgression pour l'interprète, c'est précisément « la douleur librement consentie, le sacrifice, l'oubli de soi par la douleur et la répétition ».

10.3.4. De l'individuation chorégraphique à l'individuation génétique

Dans la psychologie analytique, l'individuation est le processus de formation naturel de l'individu comme être distinct des autres individus du groupe dont il fait partie (Jung, 1933). En danse, l'individuation comme processus se manifesterait donc

⁷ Ce n'est pas pour rien que j'utilise le terme de spectateur-dictateur pour parler du membre du public qui dicte les mouvements de la séquence à exécuter. Je pourrais tout aussi bien le définir comme un spectateur-exécuteur.

au moment de l'interprétation d'un mouvement par l'individu-danseur. Chaque individu possède sa propre signature motrice (Vasilescu, 2002), sa façon de marcher, de bouger, de sentir la musique. Même lorsque les mouvements sont les mêmes, les danseurs ont toujours une part de liberté quant à l'interprétation. C'est ce qui distingue la danseuse étoile du petit rat de l'opéra: l'individuation chorégraphique. Mais ce n'est ni de l'individuation psychologique ni de l'individuation chorégraphique dont il est question ici, je parle plutôt d'individuation biologique, voire d'individuation génétique; le processus par lequel le zygote se différencie. « Qu'est-ce qu'un individu ? » se demandait Gilbert Simondon. « À cette question, nous répondrons qu'on ne peut pas en toute rigueur parler d'individu, mais d'individuation » (Simondon, 1964/2005, p. 191). L'individu achevé n'existerait même pas. Il n'y aurait que des organismes en individuation, des êtres en opération constante de s'individuer. Au niveau génétique, on dirait que « l'individu n'est pas préformé dans le germe (dans ses gènes). Il s'invente à chaque étape de développement » (Fagot-Largeault, 1994, p. 33). De plus, l'individuation génétique ne suffit pas à fonder l'individualité biologique de l'être humain. « L'individuation suppose aussi une interaction avec le milieu » (Ide, 2004, p. 183) ou, pour le danseur, une interaction avec le public.

L'individuation est un processus et c'est précisément ce processus d'individuation génétique que mes expérimentations visent à exposer. « Danser son ADN, c'est tellement concret et près de soi » nous confirme l'une des danseuses de *Polymorphosum urbanum*. En effet, l'interprète ne danse pas une séquence de mouvements sans importance, elle exécute *sa propre signature génétique*. Cette précision n'est pas triviale. L'individuation prend forme en réalisant que la partition chorégraphique qu'elle exécute n'est pas exactement celle des autres danseurs. « J'ai été fascinée de constater à quel point nos codes génétiques pouvaient être semblables (pour la plupart d'entre nous). En même temps, j'ai eu l'impression que c'est la danse la plus personnelle que j'aie dansée ». Il importe peu qu'elle exécute à l'unisson le

même mouvement que les autres, exactement de la même façon – « qu'est-ce que ce geste qui m'est si familier mais qui ne m'appartient pas ? » – il s'agit d'individuation chorégraphique. Ce sont les différents mouvements exécutés de façon synchrone par différents interprètes qui permettent d'individualiser les danseurs au sein du groupe. « Je me sentais comme partie d'une chose qui dépassait mon individualité » constate une danseuse. Ces différences ne sont pas des erreurs chorégraphiques, elles représentent les mutations génétiques qui distinguent chacun des individus des autres membres de son espèce⁸. La danseuse perçoit très bien ces différences au fil de la performance: « je me sentais unique parmi d'autres gens uniques, autant les danseurs que le public ». Le spectateur aussi le réalise. L'individuation génétique des danseurs reflète l'individuation génétique des spectateurs. Nous sommes tous uniques⁹, mais possédons tous le même code génétique. L'ADN, dénominateur commun du vivant, transgresse les limites du corps. Il transgresse les frontières entre les individus et les espèces. Il participe du processus d'individuation des danseurs, des spectateurs, de tous les êtres vivants.

⁸ Il est à noter qu'on ne compare pas ici le génome complet des 30 interprètes, mais une seule région de leur ADN mitochondrial. Les différences observées au sein des séquences ne reflètent aucunement les différences morphologiques entre les danseurs. L'analyse des séquences montre néanmoins que tous les interprètes ont des séquences différentes, certaines plus que d'autres.

⁹ Les jumeaux monozygotes ne sont même pas identiques en raison des mutations somatiques qu'ils subissent lors de l'embryogenèse.

CHAPITRE XI

LE RAPPORT AU PUBLIC L'EXPÉRIENCE DE LA RENCONTRE

« *Les spectateurs ne trouvent pas ce qu'ils désirent,
ils désirent ce qu'ils trouvent* »

Guy Debord

Sommaire – C'est au contact du spectateur que l'œuvre vient au monde. En exposant ma démarche au sein de l'espace public, j'ai été à la rencontre de ce spectateur multiple, celui par qui l'esthétique relationnelle prend forme. La danse a la particularité de convier l'empathie kinesthésique du spectateur. La choréogénétique semble également convoquer l'empathie génétique du public; la reconnaissance de soi dans l'autre. Dans ce chapitre, je propose une typologie du spectateur de mes expérimentations. Je traite de la psychologie du public et de la psychologie des foules, tous deux confrontés à des œuvres *in situ*. Je traite en dernier lieu du rôle primordial du médiateur dans mon travail. C'est par lui que l'échange avec le spectateur est rendu possible. C'est lui qui sert à expliquer les tenants et les aboutissants de ma démarche expérimentale. C'est lui qui, en véritable pédagogue, peut vulgariser la génétique pour tisser des ponts entre l'art et la science.

11.1. Pour une esthétique de la relation

Dans son livre *Esthétique relationnelle*, Nicolas Bourriaud dresse un portrait d'un art de la rencontre, un art qui prend forme dans l'interaction avec le regardeur, l'auditeur, le spectateur. Pour lui, « [...] la partie la plus vivante qui se joue sur l'échiquier de l'art se déroule en fonction de notions interactives, conviviales et relationnelles » (Bourriaud, 2001, p. 8). Avec la participation du public « l'art ne se définit plus aujourd'hui que comme un lieu d'importation de méthodes et de concepts, une zone d'hybridations » (p. 106), un espace d'échange où le participant devient un « collaborateur volontaire ou involontaire » (Ardenne, 2002, p. 61). Pour Sarah Rubidge, « toute œuvre d'art est nécessairement interactive en cela que c'est dans l'échange entre l'artefact et le public que l'artefact devient œuvre » (Rubidge, 2004, p. 51). Ce lieu d'échange entre l'œuvre, le public et l'artiste introduit dans le champ de l'art le concept d'interaction, voire celui de l'interactivité. On parle plus spécifiquement d'interactivité dans le cadre de l'art numérique, où différents types de systèmes informatico-électroniques permettent au public, volontairement ou non, de modifier l'œuvre en temps réel (voir Boissier, 2008). « Aussi il s'agit de comprendre que si l'œuvre d'art est toujours source d'interactions, elle n'est pas toujours interactive » (Zeitoun, 2010, p. 8). L'interaction se caractérise plutôt par « l'insertion du participant dans le processus de production initié par l'artiste. C'est la rencontre avec l'autre qui va constituer l'œuvre dans le cadre du projet de l'esthétique relationnelle » (Fullum-Locat, 2007, p. 16). En fonction du « degré de participation exigé du spectateur par l'artiste » (Bourriaud, 2001, p.17), la nature de l'œuvre peut prendre diverses formes; il n'y aurait donc pas un art relationnel, mais des arts relationnels.

Ma démarche artistique s'inscrit dans cet espace de rencontre avec le spectateur, dans un contexte d'échange qui va donner lieu à un « interstice social ». En sortant du studio pour se révéler au public, l'œuvre choréogénétique pénètre un nouveau champ d'analyse, celui de la sphère relationnelle. « Il ne s'agit plus de saisir

la finalité de l'objet d'art à travers sa forme et ses couleurs, mais de relier sa présence à un processus actif dans lequel la rencontre avec l'autre devient la matière artistique » (Fullum-Locat, 2007, p. 17). À l'instar de Vito Acconci, il s'agit de « constituer un champ dans lequel se trouve le public », de sorte qu'il devienne « une partie intégrante de ce que je fais » (cité dans Danto, 1986/1993, p. 159). Toutes les expérimentations choréogénétiques n'exigent pas la participation du public. Certaines de mes performances ont été présentées dans l'espace public sans que le spectateur soit directement impliqué dans la production de l'œuvre. Ce type de performance « se déroule dans le temps événementiel, pour une audience *appelée* par l'artiste » (Bourriaud, 2001, p. 30), ou pour un public rassemblé par hasard autour de l'œuvre. Pour d'autres expérimentations, le public est invité « à prendre place dans un dispositif, à le faire vivre, à compléter le travail et à participer à l'élaboration de son sens » (p. 60-61). Dans ce cas précis, le spectateur est essentiel à la présentation de la performance. Différentes relations sont ainsi convoquées par la choréogénétique: la relation transitive entre l'œuvre et le public, la relation entre les interprètes et les spectateurs, mais également la relation art-science facilitée par les médiateurs.

11.2. De l'empathie kinesthésique et de la relation au spectateur

Le public de la danse n'a pas le même rapport à l'œuvre que le public de l'art plastique. L'art chorégraphique est dynamique, en mouvement, il implique des corps qui se déplacent dans l'espace et dans le temps. Par sa production « d'images visuelles, sonores, kinesthésiques » la danse offre un spectacle « combinatoire, qui suppose l'existence de trois niveaux: celui de la réalité sensible qui engendre les stimuli, celui de la perception, celui de l'imaginaire » (Crémézi, 1997, p. 109). Hubert Godard (1992) définit la danse « [non] par son objet mais par son mode de réception, c'est-à-dire par la sensibilité particulière qui est éveillée lorsque quelqu'un bouge en face de soi » (cité dans Thon et Cadopi, 2005, p. 82). Mais comment le spectateur reçoit-il les différents types d'information qui lui sont transmis ? Pourquoi le

spectateur est-il affecté par « le corps indice d'une réelle 'chair' émue ? » (Leroy, 2001, p. 48). « Existe-t-il un mode spécifique de relation spectateur-spectacle chorégraphique ? Dans quelles mesures participons-nous à l'intimité des danseurs ? » (Crémézi, 1997, p. 109).

Les neurosciences ont récemment démontré la présence de « neurones miroirs » dans le cerveau des mammifères (Di Pellegrino *et al.*, 1992; Rizzolatti *et al.*, 2001), une famille de neurones qui « sont le mécanisme de notre compréhension d'autrui » (Rizzolatti et Sinigaglia, 2006/2008) et qui nous permettent d'entrer en relation avec les membres de notre espèce, non seulement comme « sujets individuels », mais également comme « sujets sociaux »:

Depuis les actions les plus élémentaires et naturelles, comme, précisément, saisir de la nourriture avec la main ou avec la bouche, jusqu'aux actions les plus élaborées, qui nécessitent une habileté particulière, comme exécuter un pas de danse, une sonate au piano ou un rôle théâtral, les neurones miroirs permettent à notre cerveau de corréler les mouvements observés à nos propres mouvements et d'en reconnaître la signification (Rizzolatti et Sinigaglia, 2006/2008, p. 10).

Les neurones miroirs sont donc activés lorsqu'un individu exécute une action, de même que lorsqu'il observe un autre individu (par exemple, un danseur) exécuter la même action. Plus encore, ils s'activent lorsqu'un individu imagine qu'il exécute une action. D'aucuns considèrent, à juste titre, ces neurones comme le siège de l'empathie chez l'être humain (Rizzolatti et Craighero, 2005). De nombreuses études interprètent notamment l'*empathie kinesthésique* par « la présence chez l'homme de neurones qui génèrent dans le corps propre du spectateur immobile une sensation analogue à celle de l'individu en mouvement qu'il regarde » (Leroy, 2001, p. 48). Les neurones de l'empathie (ou neurones de Gandhi *sensu* Ramachandran) sont directement impliqués

lors de l'expérience esthétique de la danse¹. En ce sens, « le chorégraphe et les danseurs sont émetteurs d'images, le spectateur en est le récepteur » (Crémézi, 1997, p. 110). Plus précisément, les danseurs sont émetteurs de stimuli visuels et kinesthésiques dont le spectateur est le récepteur. On parle alors, d'une « forme d'intersensorialité qui couple vision et kinesthésie » (Boucher, 2009), et qu'on appelle la *synesthésie cinétique* (voir Boucher, 2002). La coparticipation de multiples informations sensorielles démultiplie l'expérience réceptive du spectateur. « La danse a donc une valeur informationnelle (*sensu* Moles), mais dont l'objectif n'est pas la communication du quotidien, mais l'expression de quelque chose d'autre, de l'ordre d'une énergétique en relation avec l'intuition, la sensibilité et non la raison » (Crémézi, 1997, p. 110). Quelque chose de relationnel aussi.

Des différentes acceptions sémantiques du terme relation (du latin *relatio*) figure « le rapport entre deux (ou plusieurs) choses, entendu au sens logique d'une dépendance entre deux (ou plusieurs) termes, de telle sorte que toute modification de l'un entraîne nécessairement celle de l'autre (des autres) » (Bret, 2008, p. 30). La relation bilatérale du danseur avec le spectateur se traduit de diverses manières, dans un aller-retour de l'interprète au public et du public à l'interprète. C'est dans le « plaisir partagé » (Reason et Reynolds, 2010) tout autant que dans la « souffrance partagée » du danseur et du spectateur que l'expérience intersubjective de la performance chorégraphique se manifeste. Cette interaction passe de la domination à l'empathie, selon le cas.

¹ Plusieurs études ont aussi fait état du rôle prépondérant des neurones de l'empathie lors de l'apprentissage et de la reconnaissance d'une partition chorégraphique (Brown *et al.*, 2006; Brown et Parsons, 2008; Calvo-Merino *et al.*, 2005; Cross *et al.*, 2006). De plus, de nombreuses approches utilisent désormais le concept d'empathie kinesthésique de la danse à des fins thérapeutiques (Berrol, 2006; Foster, 2010).

11.3. Altérité, autrisme et autres: les multiples visages d'autrui

La choréogénétique parle autant d'individualité que d'altérité génétique, de « la reconnaissance de l'autre dans sa différence ». Le rapport à l'autre se manifeste principalement par l'entremise du corps en mouvement, un corps exprimant la signature génétique de chacun des interprètes. Mais le rapport à l'autre se traduit également par l'occupation de l'espace public, l'œuvre sollicitant l'appui du spectateur pour exister. « On peut parler 'd'autrisme' pour désigner ce principe de collaboration, un terme renvoyant à la sollicitation immédiate et revendiquée de l'autre, en général le spectateur de l'œuvre qu'on entend faire interagir » (Ardenne, 2002, p. 61). Lieu d'échange relationnel multiple, mon travail interpelle différentes notions de l'« autre », au delà de la corporéité partagée. Mes performances *in situ* offrent un espace d'échange en ouverture, à la fois lieu de confrontation, de domination, de fusion et de collaboration.

Pour *OGM et OGM2*, l'autrisme se présente sous la forme d'un spectateur qui pénètre à l'intérieur de l'espace performatif pour dicter au(x) danseur(s) les mouvements à exécuter. Ce spectateur, entité génétique distincte de l'interprète, est une composante essentielle de l'œuvre interactive. Sans cet élément nécessaire au processus de transfert d'information génétique, le mouvement s'arrête. L'interprète danse son ADN par procuration. Il serait pourtant si facile d'inverser les rôles; tout ce qu'on trouve à l'intérieur de la cellule du danseur se trouve aussi chez l'autre – le dictateur. Les limites de l'altérité sont ainsi transgressées dans un aller-retour entre le danseur et le spectateur. L'individualité génétique s'estompe face à autrui, celui qui interprète *devant* nous ce qui se trouve *en* nous. Chacun, tant l'interprète que le spectateur, doit s'adapter à cet environnement imprévisible, comme toute espèce vivante le ferait. L'espace de symbiose devient lieu potentiel de confrontation. L'artiste « établit entre lui et le spectateur une relation de pouvoir et fait prendre à ce dernier les rôles à la fois d'acteur, de bourreau et de victime » (Morosoli, 2007, p. 81). Le dictateur devient dict-« acteur » en participant activement à la performance. Il

impose au danseur son châtement – répéter, encore et encore, les mêmes mouvements – sans pouvoir lui-même s’y soustraire. La capacité du spectateur de « s’identifier à l’autre, à sa douleur permet de dialoguer avec l’œuvre ou avec le performeur » (p. 100).

Polymorphosum urbanum présente un différent type d’échange avec le public. Les partitions génétiques enregistrées ne sont pas lues par le spectateur. Sa présence n’est pas nécessaire à la performance. La danse existe avec ou sans lui. La relation au spectateur passe alors par d’autres canaux, le contact physique, la proximité. Le partage des corps s’inscrit dans le partage de l’espace. Rappelons-nous que les interprètes avaient comme directives strictes de ne pas dialoguer avec le public, ni de le regarder, ce qui n’empêche pas d’interagir avec les spectateurs, de les toucher, de les sentir et de ressentir leur présence. « Jamais je n’ai croisé un regard, [mais] je tentais de sentir comment ils se sentaient » nous confirme un danseur. Le lien avec le public passe alors par d’autres modalités sensorielles, « la température des peaux, [...] les odeurs des personnes qu’on approche ». À ce moment, un véritable dialogue s’installe avec le public, sans aucun échange de mots. Les accrochages, les collisions, les frôlements, les rapprochements volontaires et involontaires, ainsi que les autres types de contacts aléatoires avec les spectateurs contribuent à la rencontre. Un des mouvements (G) consiste à étreindre (« hug ») un spectateur. Pour un instant, les espèces se croisent, les séquences génétiques convergent. « Cette circonstance de communication particulière, ce lien invisible me donne l’impression d’appartenir à une espèce, dans le sens ‘d’espèce vivante’ ». La chute du quatrième mur. Les limites de l’altérité sont ainsi transgressées au sein de cette zone d’hybridation entre le danseur et le spectateur. L’autre, c’est aussi nous.

11.4. Typologie du public de l'œuvre *in situ*

J'ai présenté trois expérimentations chorégraphiques dans l'espace public, un solo (*OGM*), un duo (*OGM2*) et une performance de groupe (*P. urbanum*). Selon les conditions, le public s'est comporté de façon plus ou moins prévisible, de manière plus ou moins cohérente. « Pas plus qu'il n'y a 'un' goût, il n'y a pas 'un' public, mais 'des' catégories de publics » (Heinich, 1998. p. 58). Pour Anne Gonon, l'œuvre « dans l'espace public, a la capacité de convoquer, selon le contexte de diffusion, différents états de spectateur » (Gonon, 2007, p. 78). Dans sa thèse sur l'ethnographie du spectateur, elle distingue trois catégories: le spectateur prédéterminé, le spectateur en puissance et le spectateur potentiel². Le premier type est un spectateur « qui se caractérise par sa volonté ». Il ne se trouve pas là par hasard. Il a choisi volontairement de venir assister à la performance. C'est notamment le type qui se déplace pour participer à *OGM*, soit dans le cadre d'une conférence ou lors de la journée internationale de la danse. Pour *P. urbanum*, ce spectateur prédéterminé représente sans doute un petit nombre d'individus, ceux qui sont là spécifiquement pour assister à la performance: des amis, des parents et des collègues invités par les interprètes. Le second type, le spectateur en puissance, est « en balade [...] hasardeuse, [...] venu pour découvrir des spectacles, mais sans avoir anticipé lesquels ». C'est le spectateur en majorité lors de la Nuit Blanche. Il se déplace pour voir différentes propositions artistiques, sans choix prédéterminé, et il décide de rester plus ou moins longtemps sur place pour assister à une performance. Le dernier type est un spectateur potentiel, il « est le passant qui se mue en spectateur, [...] il stationne quelques minutes devant une proposition croisée au hasard de son chemin ». Les passants sont très variables en nombre et en proportion selon le lieu et l'heure de la performance. On en croise beaucoup sur la rue, ou lors des performances présentées aux petites heures du matin. Ces spectateurs aléatoires peuvent cependant, dans

² D'autres classifications existent, dont celle de Sauvageot (2006) qui distingue « sept familles de public »: les spectateurs, les badauds, les observateurs, les habitants, les participants, les complices et les contestataires (p. 71-72).

certaines conditions, générer un attroupement spontané d'individus autour d'une proposition chorégraphique sans qu'il y ait été invité.

11.4.1. *Le public ou la foule ?*

J'ai expérimenté *dans* l'espace public, présenté des performances *devant* un public, j'ai également dansé au sein d'un « groupe d'êtres humains rassemblés par hasard »; « ce 'vrai' public, celui qui est constitué de 'vrais gens', permet enfin la 'vraie' rencontre artistique » (Taillard, 2006, p. 41). Public ou foule ? Cette distinction terminologique mérite de s'y attarder car elle implique une différence d'attitude marquée dans l'espace spatio-temporel par différents spectateurs. Historiquement, on ne faisait pas la distinction entre ces deux notions. Guy de Maupassant lui-même affirmait en 1882 que « c'est au théâtre qu'on peut le mieux étudier les foules ». Au début du 20^e siècle cependant, « la foule se voit dotée d'un 'esprit', après avoir eu une 'âme': la foule devient en effet 'public' » (Delouée, 2007, p.17). La distinction de la foule au public relève de la psychologie, des raisons de la présence dans le même espace-temps de personnes rassemblées autour d'un motif commun. La foule « est une entité spécifique, qu'il faut distinguer des individus qui la composent » (Park, 2007, p. 28). Il existe des circonstances particulières où « un rassemblement d'êtres humains acquiert diverses caractéristiques nouvelles, différentes de celles des individus » (p. 33). La performance publique peut entraîner un mouvement de foule sans que cette foule ne devienne un public. À chaque performance, on trouve un nouvel attroupement manifesté « par la présence en un même temps et en un même lieu d'un grand nombre d'individus » (p. 31). On y rencontre des passants curieux qui s'arrêtent au même moment au même endroit pour vivre une expérience commune. Les regards se croisent, les individus se parlent. On cherche à comprendre. On se questionne. « Qu'est-ce qui se passe ? » « Qu'est-ce que c'est ? » C'est donc « l'environnement psychologique », et non les « circonstances spatiales », qui contribuent à la formation d'une foule. Tel des badauds attroupés lors

d'un incendie ou d'un accident mortel, la présence de la foule n'est jamais prédéterminée. C'est dans la rencontre fortuite qu'elle se construit, dans le fait d'être ensemble témoins d'un événement exceptionnel. « La caractéristique pertinente de la foule n'est pas [seulement] le fait d'être ensemble en un même lieu, mais l'interaction des esprits les uns sur les autres » (Park, 2007, p. 46).

Danser dans la foule n'est pas comme danser dans le public. La foule est imprévisible. La foule est impatiente. « La foule est un être à la vie courte. C'est pourquoi l'on parle plus volontiers de mouvements de foule que de foule » (Park, 2007, p. 32). Le public est habituellement convié à un spectacle, la foule s'y rassemble pour marquer l'événement. On ne peut pas contrôler la foule. Le public quant à lui se comporte de façon plus rationnelle. Il respecte les normes spatiales de l'espace performatif. Il attend la fin du spectacle avant de quitter. Pas la foule. Les comportements des foules ne sont pas ceux du public. Pas plus que la « psychologie des foules » (Le Bon, 1895/1971).

11.4.2. La psychologie du spectateur

En parallèle à une typologie ethnographique explicitant les conditions de présence des spectateurs – public ou foule – dans un lieu donné, à un moment donné, il est possible d'identifier les diverses attitudes du spectateur confronté à une performance *in situ*. En fait, « il y a toujours autant de performances observées qu'il y a de personnes dans l'assistance. Chacun apporte dans la relation ses propres idées, son bagage et ses attentes » (Meyer, 2008, p. 34). Dans le cas particulier de *P. urbanum*, j'ai été à même d'observer des spectateurs captifs, impliqués, curieux, participatifs, attirés, ou rebutés par la performance. Plus précisément, on peut séparer les spectateurs en quatre groupes distincts: les « regardants », les « participants », les « ignorants » et les « dérangeants ». Le regardant est un spectateur passif qui se tient à l'écart de la performance, sans y participer. Il assiste au spectacle, de près ou de loin, sans oser franchir le quatrième mur. Il fait partie d'une espèce grégaire qui

semble attirée par la présence de ses semblables. Le participant, quant à lui, est un spectateur qui questionne, qui veut comprendre la performance en s'adressant aux médiateurs ou aux interprètes. Plus déterminé que le regardant, il peut, selon le cas, entrer en relation directe avec les interprètes, notamment en incarnant le rôle du dictateur (*OGM*). Le spectateur participant est celui par lequel l'esthétique relationnelle prend sa forme la plus interactive. En prenant part au processus de production de l'œuvre, il ne s'agit plus d'un spectateur, mais bien d'un « collaborateur » (Fullum-Locat, 2007, p. 19). Contrairement à ce participant proactif, l'ignorant n'entre pas en relation avec les interprètes, ni avec les médiateurs. Pour lui, l'œuvre n'existe pas, elle s'intègre à l'espace public sans s'en détacher. L'ignorant est un loup solitaire qui peut traverser l'espace performatif sans s'arrêter, ni dévier de sa route pour éviter les danseurs; la performance est un obstacle à franchir³. Il ne voit pas les interprètes. Il ne fait pas la différence entre la performance et le quotidien. Finalement, on peut définir le dérangeant comme tout spectateur qui affecte l'interprétation normale de la performance. Celui qui gêne les danseurs en entravant leurs mouvements. Cet élément perturbateur se présente sous diverses formes, « du gars bourré qui emmerde, au chum d'une fille qui te menace de te mettre un poing dans la gueule si tu [touches] sa blonde ». Plus qu'un simple « regardeur qui fait le tableau » le dérangeant « transforme le tableau ». Contrairement au participant qui s'intègre à la performance en suivant les directives qu'il a reçues, le dérangeant fait fi des consignes. Il imite les danseurs, les ridiculise, afin d'attirer l'attention sur lui. Le dérangeant n'est jamais seul. Il s'exprime toujours face au public, son « fan club » constitué d'autres spectateurs dérangeants. Ce public au sein du public ne regarde plus la performance, il regarde l'individu qui détourne l'œuvre d'art à son bénéfice personnel.

³ J'ai pris un malin plaisir à suivre ces « ignorants », à gêner leurs déplacements, à les bousculer pour qu'ils prennent conscience de la performance.

11.5. Le rôle du médiateur et sa relation au public

La rencontre de l'art choréogénétique et du public ne s'articule pas sur une relation binaire du spectateur avec l'œuvre: « quelqu'un montre quelque chose à quelqu'un qui le retourne à sa manière » (Bourriaud, 2001, p. 24). Elle se décline sur la base d'un rapport ternaire impliquant à la fois l'œuvre, le spectateur et le médiateur. Ma démarche pédagogique ajoute une couche à la dynamique relationnelle dans l'objectif de rendre l'œuvre « diaphane ». La génétique n'est pas l'affaire de tout le monde, pas plus que la danse contemporaine, le bioart ou l'analyse combinatoire. La plupart du temps « le spectateur devra renoncer à avoir directement accès au sens de l'œuvre, dont il suppose qu'il existe mais qu'il n'est pas à sa portée » (Heinich, 1998, p. 189). Dans l'œuvre ouverte, de multiples interprétations se valent et « si les interprétations constituent les œuvres, il ne saurait y avoir d'œuvre sans interprétation » (Danto, 1986/1993, p. 70). On dira néanmoins de « toute œuvre dont l'interprétation est fausse [qu'elle] a été constituée de manière erronée » (p. 70). Mon postulat de recherche exige un minimum de transparence pour que le spectateur soit en mesure d'interpréter « correctement » le sens – ou les sens – de mon travail, pour ne pas travestir mon intention, par exemple en y voyant une critique de la techno science. D'où la présence de médiateurs.

11.5.1. Le médiateur: pédagogue et vulgarisateur scientifique

J'ai fait appel à des médiateurs⁴ lors de toutes mes expérimentations chorégraphiques *in situ*. Notamment pour *OGM*, un des médiateurs a pour rôle d'expliquer le déroulement de la performance à chacun des spectateurs qui pénètre dans l'espace scénique (le monte-charge). Ce médiateur « extérieur » doit ensuite remettre la partition chorégraphique individuelle à chacun des dictateurs. Un second

⁴ En fait, tous les médiateurs ayant participé aux représentations publiques de mes expérimentations furent des médiatrices (il y a beaucoup moins d'étudiants que d'étudiantes en biologie! Comme en danse...).

médiateur « intérieur », placé au cœur de la performance, a pour rôle d'ouvrir et de fermer les portes, d'actionner l'ascenseur et de remettre au public une éprouvette contenant la partition chorégraphique. Il remercie les participants à la fin de la dictée chorégraphique et leur indique la sortie. Les deux médiateurs portent des sarraus de laboratoire blancs. Dans le cas de *Polymorphosum urbanum*, ce sont quatre médiateurs qui, à tour de rôle, ont servi d'intermédiaires entre le spectateur et l'œuvre. Tout comme précédemment, ils portent des sarraus de laboratoire, mais contrairement à *OGM* (ou *OGM2*⁵) ils ne distribuent pas de partition chorégraphique. Les médiateurs occupent passivement l'espace en attendant les questions du public. Ils peuvent à loisir approcher le spectateur pour répondre à ses demandes, l'interroger sur la performance et recueillir ses commentaires. Ces (rares) commentaires sont compilés à la fin de l'expérience à des fins d'analyses⁶.

La recherche en bioart impose que les médiateurs soient capables d'expliquer clairement l'aspect scientifique de la démarche, laissant au milieu de l'art le soin de commenter les propriétés esthétiques de l'œuvre. À cet égard, tous les médiateurs sélectionnés étaient biologistes⁷. Aucun n'avait de formation artistique, mais tous possédaient une connaissance de la génétique. À défaut de pouvoir réagir aux commentaires artistiques, les médiateurs/biologistes doivent expliquer le processus de création en laboratoire et soulever les aspects éthiques de la recherche en génétique. Les médiateurs ne possédant pas le « background » nécessaire pour comprendre les notions plus techniques ne peuvent malheureusement pas servir la cause de la

⁵ Pour *OGM2*, il m'est arrivé quelques fois d'interrompre ma propre partition en laissant ma partenaire interpréter la sienne en solo pendant que je répondais à une question du public. Je ne pouvais cependant pas m'arrêter lorsque j'interprétais un solo – *OGM*. La présence de médiateurs avec une formation en biologie avait l'avantage de me permettre de me concentrer sur les questions d'ordre artistique, non sur la science.

⁶ En rétrospective, il aurait été souhaitable que les médiateurs « sondent » le public à l'aide d'un questionnaire spécifique, au lieu de questions ouvertes. Les commentaires des interprètes sont à cet égard beaucoup plus nombreux que ceux du public. En raison de cet effectif si faible, il me fut impossible d'analyser (qualitativement ou quantitativement) les réponses des spectateurs.

⁷ En fait, tous les médiateurs ont été sélectionnés parmi les étudiants à la maîtrise et au doctorat du Laboratoire d'écologie moléculaire et évolution que je dirige au Département de sciences biologiques de l'Université de Montréal.

science; bien au contraire, ils peuvent accroître le cynisme et le scepticisme du public face aux enjeux de la biotechnologie. Si mon travail à l'interface de l'art et de la science peut servir à élaborer de nouvelles stratégies de médiation entre les chercheurs et le public, il importe d'expliquer les tenants et les aboutissants de la démarche avec toute la rigueur à laquelle le public est en droit de s'attendre.

11.5.2. Le médiateur: une composante active de l'œuvre choréogénétique

Face à l'importance du médiateur au sein de mon dispositif artistique, il est pertinent de questionner sa présence dans une perspective relationnelle. Comment participe-t-il de l'interaction avec le public ? Est-il essentiel à l'expérience esthétique du spectateur ? Le médiateur fait-il partie de l'œuvre ? Une valeur ajoutée de l'œuvre ? D'un côté, le médiateur n'est pas dans l'œuvre car il ne participe pas activement à la chorégraphie; son génome n'est pas mis en mouvement avec celui des autres danseurs; le médiateur n'est pas essentiel à l'appréciation esthétique de l'œuvre choréogénétique; il ajoute à la performance sans rien enlever à la force de l'œuvre en elle-même; il peut aider le public à comprendre la proposition artistique sans entrer dans les détails techniques de la production de l'œuvre. De l'autre côté, il fait partie intégrante de l'œuvre en tissant un lien entre les performeurs et les spectateurs. Dans une perspective pédagogique, son rôle est primordial, encore plus que l'interprétation de la chorégraphie en elle-même. Il se sert de l'art pour convier le public à un exercice de discernement face aux idées reçues sur les organismes génétiquement modifiés.

Lors de mes expérimentations, seul le médiateur a le droit de s'adresser au public, qui pour répondre aux questions, qui pour expliquer la performance, qui pour diriger les spectateurs. Son costume le place directement dans un contexte scénique, facilement identifiable des membres du public. Sans mot dire, sa présence installe un contexte particulier, une couche additionnelle à l'œuvre. On comprend en voyant ces personnes portant une blouse de laboratoire qu'elles ne sont pas là par hasard. Des

médecins ? Des dentistes ? Des pharmaciens ? Et s'il s'agissait d'infirmiers encadrant les patients désinstitutionnalisés qui dansent parmi la foule ? Un logo imprimé au dos de leur sarrau dévoile la véritable identité des médiateurs. *Génome Québec*. Ce sont donc des généticiens. Que font-ils ici ? Comment faut-il interpréter leur présence au cœur de la performance ? Décalage entre l'art et la science. Leur compagnie n'est pas gratuite. Ils doivent servir à la promotion d'une « marque de commerce », un placement de produit savamment orchestré par le gouvernement pour nous faire avaler la pilule biotechnologique. Les plus audacieux des spectateurs auront le courage de leur adresser la parole, de les questionner. « Qui êtes-vous ? » Le voile tombe ! Les médiateurs révèlent la raison de leur présence. Ils prennent le temps d'expliquer la performance, que les danseurs interprètent une chorégraphie basée sur leur ADN, que cette même partition chorégraphique est inscrite au sein du génome de chacun des spectateurs. Ils sont là « pour interroger le monde, tenter d'élucider et créer le débat » (Fischer, 1981b, p. 154). Ils sont là pour démythifier la recherche en génétique, démystifier la biotechnologie. Pas de propagande, mais de l'information juste.

Ernestine Daubner accorde au bioartiste un « lourd fardeau, une nouvelle responsabilité comme médiateur entre la science (les pratiques technologiques) et le public » (Daubner, 2005, p. 39). Lorsque le bioartiste ne peut assumer ce rôle de médiation, lorsqu'il fait partie de l'œuvre, il doit alors déléguer ses responsabilités aux médiateurs; ce sont eux qui servent d'interface entre la science, l'œuvre et le spectateur. Le médiateur est responsable de la rencontre intersubjective du public qui, « par sa façon de questionner, de critiquer et de pousser les idées plus avant, [...] participe à ce processus tel un membre de laboratoire ou de comité de lecture d'une publication scientifique » (Edwards, 2011, p. 134). De fait, les artistes cherchent des interlocuteurs. « Puisque le public demeure une entité assez irréaliste, ils vont inclure cet interlocuteur dans le processus de production lui-même » (Bourriaud, 2001, p. 85). La participation du spectateur/interlocuteur transforme – indirectement ou

directement – la forme de l'œuvre. La recherche choréogénétique démontre « qu'il n'est de forme que dans la rencontre, dans la relation dynamique qu'entretient une proposition artistique avec d'autres formations, artistiques ou non » (Bourriaud, 2001, p.21). La même proposition expliquée dans un contexte artistique (celui de la danse contemporaine, de la performance ou du bioart) ou dans un cadre scientifique (la biologie moléculaire, la génétique ou l'évolution) engendre une forme différente⁸. Elle appelle un regard, une lecture et des réactions distinctes de la part du public⁹. C'est dans cette œuvre polymorphe à géométrie variable que l'expérience artistique du spectateur prend tout son sens.

⁸ J'ai tenté l'expérience suivante lors de certaines expérimentations. À certains passants qui demandaient d'expliquer la performance, les médiateurs ont répondu: « C'est de la danse contemporaine ». À d'autres, ils ont plutôt répondu: « Ils dansent leur ADN ». Il est d'intérêt de noter que la seconde réponse a toujours suscité plus de questions de la part du public. « Comment ça ? » « Est-ce que je peux faire danser mon ADN moi aussi ? » « Pourquoi certains danseurs ne font pas la même chose que les autres ? » « Je pensais que nous avions tous le même ADN, est-ce vrai ? » Au lieu du sempiternel « La danse contemporaine, je n'y comprends rien » ou du « Je suis capable de faire ça, moi aussi » la curiosité du spectateur semble avoir été piquée par la proposition scientifique davantage que par le dispositif artistique.

⁹ J'ai jonglé avec l'idée de présenter une performance choréogénétique à différents publics et dans des conditions particulières, soit (1) sans expliquer le concept, (2) en expliquant le concept et la démarche *avant* de présenter la chorégraphie, ou (3) en expliquant le concept et la démarche *après* la présentation de la chorégraphie. Bien que ce test d'hypothèse sur la réception de l'œuvre n'ait pas été réalisé lors de ma thèse, il semble évident que les réactions (attentes) du public ne seraient pas les mêmes dans les trois cas. Sans avoir à parler de notions d'intention de l'artiste, les quelques commentaires récoltés *ad libitum* au sein du public démontre l'importance de la médiation sur la réception esthétique de l'œuvre. Non que le public aimera moins ou plus, mais certainement sera-t-il en mesure de comprendre, de voir autre chose qu'il n'aurait pu imaginer sans les explications fournies par les médiateurs.

CINQUIÈME SECTION

ART/SCIENCE

CHAPITRE XII

ÉVALUATION DE L'ŒUVRE D'ART CHORÉOGÉNÉTIQUE

*« Ce que nous appelons une 'œuvre d'art' est le résultat
d'une action dont le but fini est de provoquer chez
quelqu'un des développements infinis »*

Paul Valéry

Sommaire – Qu'est-ce que l'art ? Je ne veux pas ici donner une réponse définitive à cette question. Je cherche plutôt à savoir si mes expérimentations répondent à certaines notions définitives de l'œuvre d'art. Dans ce chapitre, j'analyse mon travail sur la base de cinq critères d'évaluation artistique. La notion générique permet de classer ma pratique à l'interface de plusieurs genres de l'art contemporain. La notion génétique traite de l'aspect processuel de mes créations. La notion d'intention questionne la nature de ma véritable intention artistique. La notion d'attention parle de la réception esthétique du spectateur. La notion institutionnelle sert à établir la limite entre l'art et le non-art, de me placer d'un côté ou de l'autre de cette frontière. En guise de synthèse, je propose d'autres critères d'évaluation de mon travail.

12.1. L'évaluation artistique d'une œuvre de création

Dans le cadre d'un projet de thèse création, l'un des objectifs est de produire une œuvre, une performance ou un spectacle, en vue d'une diffusion publique. À cet égard, l'évaluation d'une thèse en études et pratiques des arts repose non seulement sur la *thèse* elle-même, mais également sur l'appréciation d'une œuvre d'art réalisée par l'auteur de la thèse. Dans le domaine des sciences, on évalue les thèses à l'aide de mesures objectives. Parce qu'une recherche doctorale se compose habituellement d'une série d'articles scientifiques publiés dans des revues savantes, les critères d'évaluation reposent donc sur la quantité et la qualité des publications, de même que sur la réputation des périodiques (le facteur d'impact¹). Qu'en est-il de l'évaluation d'une thèse création dans le domaine des arts ? De façon plus générale, qu'en est-il de l'évaluation d'une œuvre d'art ? Qui a le droit d'évaluer une œuvre d'art ? Habituellement, « en matière esthétique, le jugement tend à être considéré comme une prérogative universelle, autorisée à tout un chacun, plutôt que comme une compétence spécifique réservée à l'expertise des spécialistes: d'où la multiplicité des points de vue exprimés sur l'art » (Heinich, 1998. p. 205). À cet effet, le verdict d'un jury de thèse est-il plus valable que l'opinion publique ? Sur la base de quels critères, esthétiques ou autres, peut-on qualifier ma pratique ? Dans le cas particulier de la choréogénétiq, « s'agit-il [même] d'une œuvre d'art ? Si oui, où la classer ? Et si non, qu'est-ce ? » (p. 190). Une expérience scientifique ? Un projet de bioéthique ? Une opération de propagande ? Une mission pédagogique ? Toutes ces réponses ? S'impose alors un travail interprétatif pour gérer « l'inclassable » (*sensu* Heinich), pour déterminer s'il s'agit d'une œuvre d'art en bonne et due forme ou de quelque

¹ Le facteur d'impact a pour objectif d'évaluer l'importance d'une revue scientifique à l'aide de critères quantitatifs. Il se mesure en comptant le nombre moyen de fois que des articles publiés dans une revue sont cités par d'autres articles dans le domaine; plus le nombre de citations est élevé, plus le facteur d'impact est important. L'application transversale de cet indice de la réputation d'une revue est remise en question par de nombreuses études en raison des grandes différences entre les domaines (Agrawal, 2005; Ramsden, 2009; Seglen, 1997)

chose d'autre. À quels critères artistiques la choréogénétique répond-elle ? À quelles « fonctions » de l'art correspond-elle ?

12.2. Définition(s) de l'art contemporain

Il serait futile de circonscrire le champ de l'art en l'enfermant dans une définition statique. Par définition, l'art est dynamique. L'art contemporain, *a fortiori*, échappe à toute tentative de définition, sa nature même étant « de mettre en crise les principes canoniques qui définissent traditionnellement l'œuvre d'art, de la notion de figuration à celle même de création » (Heinich, 1997, p. 11). À l'instar de Nathalie Heinich, il semble utile de questionner « l'appellation » d'art contemporain: « ce terme désigne-t-il une catégorie temporelle (l'art d'aujourd'hui) ou une catégorie esthétique (un certain type d'art ?) » (Heinich, 1998, p. 10). Face à la « querelle de l'art contemporain » et à sa fin annoncée, de nombreuses *dé-définitions* de l'art s'opposent. Pour Harold Rosenberg (1972/1992), si tout ce que fait un artiste est de l'art et si tout peut être de l'art, alors les limites de l'art deviennent incertaines. Pour Arthur Danto (1986/1993), ce n'est cependant pas l'artiste qui désigne comme art ce qu'il présente, mais l'institution qui reconnaît une œuvre: « le travail de l'artiste n'est pas de dire 'Ceci est de l'art', mais de *faire dire* par les spécialistes, de faire traiter 'ceci' comme de l'art par les instances autorisées » (Heinich, 1998, p. 57). Ce pluralisme sémantique nous met face à deux obstacles majeurs. « Le premier est le résultat d'une conception erronée de la relation entre la sphère esthétique et le domaine artistique. Le second réside dans la manière dont nous prétendons définir ce qu'est une œuvre d'art » (Schaeffer, 1996, p. 21). Assurément, le champ de l'art contemporain repose sur des critères de plus en plus flous. Les frontières entre « art » et « non-art » sont de plus en plus perméables, car « s'il est possible de dégager une condition nécessaire que doit remplir un objet donné pour pouvoir être une œuvre d'art, il n'existe pas de condition suffisante qui nous permettrait de tracer une frontière nette entre les œuvres d'art et les autres produits de la créativité humaine »

(p. 29). À défaut de pouvoir définir l'art contemporain, j'aborderai dans ce chapitre différents critères d'évaluation de ce que l'artiste ou l'institution définit comme tel. Par la suite, j'appliquerai ces critères à l'analyse des œuvres choréogénétiques.

12.3. L'œuvre d'art et son évaluation

L'évaluation d'une œuvre d'art repose sur de multiples couches interdépendantes. Dans *Les célibataires de l'art*, Jean-Marie Schaeffer en distingue cinq: la notion générique, la notion génétique, la notion intentionnelle, la notion attentionnelle et la notion institutionnelle. Ainsi, plutôt que définir une œuvre d'art comme le produit intrinsèque de la créativité d'un artiste, on catégorisera lesdites œuvres en fonctions de critères extrinsèques auxquels elles doivent satisfaire². Pour être à même de déclarer que les expérimentations choréogénétiques sont de véritables « œuvres d'art », je propose de mettre à l'épreuve mon travail en fonction des critères d'évaluation proposés par Jean-Marie Schaeffer.

12.3.1. La notion générique

Qu'est-ce qu'un genre artistique ? « Avant le XIXe siècle, la notion générique *art* s'appliquait à toutes les productions humaines en tant qu'opposées aux ouvrages de la nature » (Schaeffer, 1996, p. 24). Or, depuis le XXe siècle, d'innombrables mouvements, genres et sous-genres ont vu le jour. Toute œuvre d'art proprement dite se réclame d'un genre particulier, elle *appartient* à un genre:

Décider qu'un ouvrage particulier est une œuvre d'art pour des raisons d'appartenance générique présuppose deux choses: il faut d'abord qu'il y ait *déjà* une classe de référence dont les traits communs, ou éventuellement les ressemblances de famille, fonctionnent comme des critères d'identité générique projectibles, nous permettent de décider si un objet appartient ou n'appartient pas au genre en question; en deuxième lieu, il faut que cette

² Les mêmes notions pourraient facilement être transposables pour définir la création scientifique.

classe de référence soit *déjà* acceptée comme une exemplification du prédicat *œuvre d'art*. (Schaeffer, 1996, p. 30)

Que faire alors pour gérer les pratiques et les œuvres inclassables ? La choréogénétique n'est pas (encore) un genre accepté. En raison du matériau vivant qu'elle exploite, elle appartient au genre *bioart* et au sous-genre *art génétique*. Parce qu'on y traite de l'invisible, d'aucuns placent également ce type d'œuvres génétiques dans le genre de l'art conceptuel.

[...] dans le cas de l'œuvre conceptuelle, l'objet physique n'est pas l'œuvre proprement dite mais uniquement son occasion: [...] ce qu'il s'agit d'apprécier esthétiquement, c'est le concept développé à l'occasion de la présentation de l'objet en question [...] alors que l'objet d'immanence d'une œuvre picturale est son support visuel et que celui d'une œuvre littéraire est son texte, l'objet d'immanence d'une œuvre conceptuelle est son concept, et non pas l'objet physique quelconque [...] qui lui sert d'occasion. (Schaeffer, 1996, p. 34)

De toute évidence, il y a parenté certaine entre ma pratique, le bioart, l'art combinatoire, l'art génératif, la performance, le body art, l'art contextuel, l'art relationnel et l'art conceptuel. La choréogénétique se réclame de plusieurs genres ou d'aucuns de ceux ci. Dès lors, une priorisation générique s'impose. Comment classer une œuvre, un objet, un concept en équilibre instable entre divers genres ?

La déstabilisation est encore plus radicale lorsque surgissent des objets qui, plutôt que de s'écarter collectivement d'un ancêtre générique [...], se rapprochent d'un type d'objets ou de phénomènes jusque-là considérés comme *exclus* de l'exemplification de la notion d'œuvre d'art, voire comme *incompatibles* avec elle. (Schaeffer, 1996, p. 32)

La notion générique ne tient plus lorsque l'œuvre ne cadre dans aucun des genres acceptés³, ou lorsqu'elle s'inscrit à l'interface de l'art et du « non-art ». Cette « innovation [qui repousse les limites de l'art] peut être l'occasion de créer une nouvelle classe générique » (Schaeffer, 1996, p. 31), ou encore de « libérer l'exemplification artistique de toute spécificité générique, [...] annuler la pertinence

³ Selon Danto (1986/1993) « tout objet ou spectacle ne tombant dans aucune autre catégorie sera considéré comme appartenant à une nouvelle forme d'art » (p. 245).

de tous les ancrages génériques comme exemplifications de la notion d'*œuvre d'art* » (p. 33). Qui a le droit d'inventer un nouveau genre ? Si la choréogénétique n'est pas un genre artistique, ni art, ni science, qu'est-ce que c'est ? Je propose de définir la choréogénétique non comme un genre, mais comme un *trans-genre* qui « récusé genres et espèces » (Guérin, 2007, p. 18). Cette définition transversale de ma pratique vise à sortir du cadre générique en accordant à l'*art choréogénétique* un « statut ontologique propre » (Schaeffer, 1996, p. 33).

12.3.2. La notion génétique

Cette seconde couche sémantique fait référence à la *genèse* de l'œuvre d'art en tant que produit de la créativité humaine. Schaeffer (1996) présente deux différentes interprétations de cette notion:

À un premier niveau, on dira qu'une œuvre d'art est un produit humain et non pas un objet ou un événement naturel: elle est créée, œuvrée, ouvragée par l'homme (p. 35)

[...] si elle permet de distinguer les œuvres d'art des objets naturels, [la notion génétique] ne différencie en revanche pas entre les œuvres d'art et les autres créations humaines (p. 36)

La première interprétation impose une distinction claire entre « les productions humaines » et les « ouvrages de la nature ». La seconde oppose les « productions artistiques » des « autres productions humaines ». Selon ce modèle, les productions scientifiques ou technologiques ne sont pas des œuvres d'art, même si elles sont le produit de la créativité humaine. De même, les œuvres de la nature (le Grand Canyon) et les ouvrages non créés par l'homme (une toile d'araignée) ne sont pas de véritables *œuvres d'art*.

Qu'en est-il de l'art choréogénétique ? Que faire de la notion génétique (à ne pas confondre avec la *Génétique* comme science) si l'œuvre *découle* des processus de la nature ? Est-il possible d'être à la fois « production humaine » et « ouvrage de la

nature » ? Encore ici, le critère d'évaluation génétique met en lumière la difficulté de définir l'œuvre choréogénétique comme véritable œuvre d'art. Mes performances ne sont pas une *représentation* de la nature ou une *imitation* de la nature dans ses processus, elles sont une *monstration* de la nature par l'entremise d'un dispositif artistique⁴. Je n'ai pas créé les signatures génétiques des danseurs. Je n'ai pas décidé des mutations. Je ne suis pas intervenu dans le processus de sélection naturelle. Je suis l'auteur d'une *idée*, d'une *hypothèse* sur laquelle l'ensemble de ma pratique s'appuie.

12.3.3. La notion d'intention

Ce qui peut différencier l'œuvre d'art de toute autre production humaine est la notion d'intention spécifique (qu'elle soit d'ordre esthétique ou artistique); intention qu'on pourrait définir comme « la volonté de créer un produit dont la réception puisse donner lieu à une attention cognitive satisfaisante, c'est-à-dire qui soit source de plaisir » (Schaeffer, 1996, p. 41). L'intention représente un acte *volontaire* de la part de l'artiste; elle est ni désincarnée, ni aléatoire, et ce même dans les cas où la responsabilité artistique est transférée (en tout ou en partie) au spectateur. Que faire alors de cette notion d'intention si mon intention est précisément d'éliminer le chorégraphe, de nier toute volonté esthétique ? Mon travail repose-t-il sur une véritable intention artistique ? Le produit de mes expérimentations peut-il porter le nom d'œuvre d'art sans satisfaire à la condition d'Intentionnalité ? De façon plus générale, quel rôle doit être celui « de la visée *artistique* dans la détermination du statut de l'œuvre d'art ? » (p. 45).

⁴ Dans certain cas, j'ai généré des œuvres *in silico* à partir d'un algorithme choréogénétique dont je suis l'auteur. Or, comme le questionne Milon (2005), « l'auteur d'un programme informatique est-il aussi l'auteur de ce que le programme génère ? » (p. 96). L'art génératif ne satisfait à la notion génétique qu'en répondant par l'affirmative à cette question.

Tel que mentionné précédemment, la notion d'intention⁵ n'est pas exclusive au champ de l'art, car « si elle permet de distinguer les œuvres d'art des objets naturels, elle ne différencie en revanche pas entre les œuvres d'art et les autres créations humaines » (Schaeffer, 1996, p. 36). Dans les faits, ce critère ne permet même pas de séparer la production d'objets esthétiques de la génération d'objets technologiques. Dans sa formulation actuelle, la notion d'intention me semble être incomplète; « bien que cette intention se diversifie selon les pratiques, c'est-à-dire selon des facteurs génétiques-génériques, sa diversification ne recoupe pas la distinction entre art et non-art » (p. 45).

À ma connaissance, personne n'a jamais réussi à montrer de manière convaincante que les procédures mentales mises en œuvre dans la création artistique étaient différentes de celles mobilisées dans d'autres activités créatrices [...] C'est-à-dire aussi à quel point est fautive l'idée selon laquelle l'originalité serait réservée à la création artistique [...] En fait, il existe autant de créations de produits « utilitaires » témoignant d'une démarche profondément originale qu'il existe de créations artistiques fortement standardisées. (Schaeffer, 1996, p. 36-38)

Pour sauver l'intention « artistique », ne suffirait-il pas de recadrer la question dans un contexte plus large ? Et si mon intention n'est justement pas de créer un objet « source de plaisir » ? L'art contemporain regorge d'œuvres qui nous invitent aussi à « apprendre », nous « améliorer », nous « convaincre », nous « choquer », nous « agresser » (Schaeffer, 1996, p. 42). Le choix volontaire d'utiliser le médium de l'art pour démystifier la biotechnologie, est-ce une intention valable ? Mon intention d'éliminer le chorégraphe en le remplaçant par un mutagène sélectif n'est pas *a priori* esthétique; l'œuvre choréogénétique ainsi générée mérite-t-elle pour autant le statut d'objet artistique ? Si l'œuvre d'art « se définit par le fait qu'elle nous invite à une

⁵ Il faut bien faire la distinction entre la notion intentionnelle propre à l'acte créateur et l'interprétation de l'intention artistique par la critique (voir Wimsatt et Beardsley, 1946). Est-il nécessaire de connaître la véritable intention de l'artiste pour en comprendre l'œuvre ? Une comparaison des approches « intentionnaliste » et « anti-intentionnaliste » est présentée par Larry Lavender (1997) dans le contexte particulier de la danse.

réception esthétique » (p. 42), c'est dans l'attention du spectateur et non dans l'intention de l'artiste que l'on trouvera réponse à cette question.

12.3.4. La notion d'attention

Souvent, nous lions la notion d'œuvre d'art « non pas à un type d'intention spécifique, mais à un type d'*attention* spécifique: l'attention esthétique » (Schaeffer, 1996, p. 49). L'œuvre ne serait donc pas jugée uniquement en fonction du pôle de la création, mais aussi en fonction du pôle de la réception. « Aussi parlerai-je désormais de fonction esthétique attentionnelle lorsqu'il s'agira de la réception esthétique d'un artefact en tant que distincte de sa fonction esthétique intentionnelle » (p. 49). La notion attentionnelle de l'art délègue au spectateur le fardeau de la preuve. Elle considère l'œuvre comme pur objet de « délectation esthétique ». Mais ce « regardeur qui fait le tableau » est-il suffisant à la définition de l'œuvre d'art ?

L'esthétique dite « informationnelle » s'intéresse à l'étude de l'œuvre en tant que *message* transmis par un individu créateur, l'artiste, à un autre individu prélevé dans la masse sociale (Moles 1958/1972). Pour les informationnistes, « la valeur d'art » se rattache d'autre part à l'idée d'un message esthétique qui est superposé au message sémantique de base. Pour cette raison, la seule attention portée au message par le récepteur n'est pas suffisante à la définition d'œuvre d'art. C'est la « rencontre esthétique » de l'artiste et du spectateur par l'entremise de l'œuvre qui prime au détriment de l'un ou de l'autre des deux acteurs de cet échange informationnel. L'intention est le propre de l'artiste, l'attention repose sur le spectateur, tandis que l'information est contenue dans l'œuvre. Ces trois éléments sont essentiels à toute forme de transaction artistique.

Même si l'attention esthétique en elle seule pouvait nous permettre de reconnaître les œuvres d'art, elle ne saurait être d'aucune utilité pour faire la distinction entre les créations humaines et les œuvres de la nature. De fait, cette

séparation qui oppose l'homme et la nature n'est pas légitime « puisque l'homme fait partie de la nature et qu'il n'est pas sûr qu'il soit le seul animal *artifex* » (Schaeffer, 1996, p. 35). L'attention esthétique n'accorde aucune importance à l'auteur de l'œuvre, qu'il soit humain, animal, naturel ou virtuel. À cet égard, il importe peu que mes œuvres choréogénétiques aient été générées par une machine, un chorégraphe ou la molécule d'ADN, dès lors que le regardeur y accorde une attention esthétique.

12.3.5. La notion institutionnelle

Si le spectateur n'est pas entièrement habilité à circonscrire et à définir les critères de détermination de l'œuvre d'art, d'aucuns suggèrent d'interroger l'institution pour trancher le débat. Pour l'un, c'est au public – le profane – de décider; pour l'autre, c'est aux institutions – les experts – de le faire. Cette notion institutionnelle de l'art existe sous deux formes différentes:

Selon la première, dès lors qu'un objet est accepté par l'une ou l'autre des institutions qui se partagent le domaine social des arts, elle « est » une œuvre d'art. [...] Selon la deuxième interprétation, un objet est une œuvre d'art dès lors qu'un *artiste* proclame qu'il en est une. En fait, elle n'est qu'une variante de la première conception: si tout ce qui est choisi par un artiste pour être de l'art est de l'art, il faut néanmoins que le choix soit le fait d'un individu *déjà* identifié – et donc reconnu – comme artiste, ce qui ne fait que transférer le critère institutionnel de la définition de l'œuvre sur celle du statut d'artiste. (Schaeffer, 1996, p. 54)

Face à cette définition tautologique, « est de l'art ce qui est nommé *art* » (Schaeffer, 2000, p. 48), la nature même de l'art – et de l'artiste – est de plus en plus incertaine et ambiguë; « nul ne peut dire avec certitude ce qu'est une œuvre d'art – ou, plus important, ce qui n'est pas une œuvre d'art » (Danto, 1986/1993, p. 10). La notion institutionnelle ne fait que déplacer le problème au sein des murs du musée, en présupposant, implicitement « qu'à un moment donné il n'existe jamais qu'un seul monde de l'art, donc une seule instance de légitimation sociale » (Schaeffer, 1996, p. 56). Que faire de l'art contextuel, de l'art *in situ*, des arts de la rue et de toutes les

autres pratiques (le happening, l'intervention, la manifestation, la performance) qui s'expriment à l'extérieur des cadres traditionnels de l'art ? Que dire des « pratiques créatrices qui, pour des raisons génériques, intentionnelles ou attentionnelles, sont susceptibles d'être subsumées sous la notion d'œuvre d'art » mais qui ne se « cristallisent pas en institutions sociales » (p. 55). Le critère institutionnel, est loin d'être univoque; « le verdict n'est évidemment jamais porté qu'au nom d'une évaluation » (p. 58). Cette notion présume néanmoins de l'*infaillibilité* de l'institution, son verdict faisant foi de tout.

L'application d'un critère institutionnel à l'évaluation de mes œuvres soulève d'intéressantes questions. Le fait de présenter une performance à la Place des Arts permet-il de lui conférer le statut d'œuvre d'art ? Le cachet versé à un individu par une institution reconnue suffit-il à lui accorder le statut d'artiste ? Que penser d'œuvres algorithmiques projetées dans une galerie d'art ? Que dire d'une conférence prononcée dans le cadre d'une biennale de l'art contemporain ? Comment évaluer une chorégraphie présentée dans le cadre d'un colloque scientifique ? Mon travail hybride questionne la notion d'*institution*, de son inscription dans le *milieu* de l'art et de son arrimage avec le monde académique. Qui contrôle la définition de l'art – l'artiste, le commissaire d'exposition, le critique, l'historien de l'art, le public – n'est plus pertinent. L'œuvre d'art n'est pas indépendante du discours (négatif ou positif) sur l'œuvre. En définitive, ce n'est pas le *label* d'une institution certifiant « ceci est une œuvre d'art » qui confère un réel statut à la création artistique, mais l'ampleur du débat social généré par l'œuvre.

12.4. De la pluralité des notions d'œuvres d'art (et combien d'autres encore ?)

Chacun des critères étudiés ne fournit qu'une qualification partielle de la notion d'œuvre d'art. L'ensemble des critères ne permet cependant pas de circonscrire le champ de l'art de façon permanente. Bien peu d'« œuvres » contemporaines rencontrent toutes les notions énoncées plus haut. Schaeffer (1996)

ne prétend pourtant pas « que les différentes acceptations de la notion commune *d'œuvre d'art* qui viennent d'être distinguées circonscrivent tout son spectre sémantique [...] Deux traits semblent particulièrement centraux: la fonction esthétique (intentionnelle ou attentionnelle) de l'objet d'un côté, son statut artefactuel de l'autre » (p. 64). Sur la base de ces deux caractéristiques principales, l'œuvre choréogénétique *est* une œuvre d'art. La fonction esthétique de mon travail se manifeste dans une dynamique informationnelle entre l'artiste « intentionné » et le spectateur « attentionné »; son statut artefactuel s'exprime sous diverses formes⁶. Mes expérimentations peuvent également satisfaire plusieurs des notions secondaires de Schaeffer. Ma démarche participe de nombreuses catégories génériques reconnues (bioart, art combinatoire, etc.) et de nouveaux genres (trans-genres) à venir. Faisant preuve d'un savoir-faire technique (l'algorithmique et la biotechnologie), la choréogénétique satisfait également la notion génétique de l'œuvre d'art. À biens des égards, elle obéit même au critère institutionnel⁷.

D'aucuns pourraient critiquer le cadre d'évaluation proposé en présentant de nouveaux critères définitoires du geste artistique (voir Martin, 2011) ou en rejetant certaines des notions défendues ici. Dans *L'histoire de l'art terminée*, Hervé Fischer fait l'inventaire de neuf fonctions de l'art. Certains de ces critères recourent ceux proposés par Schaeffer, tandis que de nouvelles catégories ajoutent à l'analyse. Notamment, il apparaît que mon travail rencontre les fonctions politique, interrogative et éthique de Fischer⁸. Mes œuvres ont une portée politique lorsqu'elles

⁶ J'ai notamment présenté des œuvres vidéo, des expérimentations *in situ* et des performances chorégraphiques dans l'espace public.

⁷ J'ai reçu un cachet pour mon travail. J'ai été sélectionné par un jury artistique. J'ai été publié dans des revues d'art. J'ai été exposé dans des galeries. Les critiques d'art ont discuté de ma pratique. J'ai été interviewé à la radio. On a parlé de ma pratique dans la presse écrite et dans les médias électroniques. J'ai présenté les résultats de mes expérimentations lors de conférences en arts et en sciences humaines.

⁸ Fischer (1981b) distingue (1) la fonction magique et religieuse, (2) la fonction politique, (3) la fonction psychique, (4) la fonction cathartique, (5) la fonction euphorisante, (6) la fonction transformatrice, (7) la fonction interrogative, (8) la fonction éthique et (9) la fonction perceptive de l'art.

occupent l'espace public pour parler de la biotechnologie et de son utilisation. Plus encore, ma démarche est assurément interrogative; elle vise à éduquer le public dans une perspective pédagogique de l'art. Finalement, l'éthique est essentielle à ma pratique⁹ dès lors qu'elle utilise le corps humain comme objet et l'identité génétique comme sujet. À cet égard, la choréogénétique s'enrichit de nouvelles fonctions qui valident d'autant plus son statut d'œuvre d'art.

⁹ La première étape de toute création artistique impliquant des sujets humains (surtout lorsqu'elle vient jouer dans leur ADN) consiste à rédiger un formulaire de consentement qui doit être approuvé par un comité d'éthique (Annexe F). Dans le cas précis de ma thèse, c'est le Comité d'éthique de la recherche de la Faculté de médecine de l'Université de Montréal qui a approuvé le projet (certificat CERFM (09) #343, voir Annexe G).

CHAPITRE XIII

HYBRIDATION ART ET SCIENCE MYTHE OU RÉALITÉ ?

« On fait de la science avec des faits, comme on fait une maison avec des pierres: mais une accumulation de faits n'est pas plus une science qu'un tas de pierres n'est une maison »

Henri Poincaré

Sommaire – Si la science et l'art veulent cesser d'opérer en vase clos, sans grand espoir de collaboration, il est capital d'établir un nouveau modèle d'hybridation. Ce dernier chapitre de ma thèse présente une contribution originale à la question. Je présente une vision personnelle du dualisme méthodologique et de la distinction entre l'art, la science, la recherche, et la technologie. Je propose une approche expérimentale comme point de rencontre entre ces champs distincts de la connaissance. Sans complètement nier l'interdisciplinarité et la transdisciplinarité, je souligne les nombreux obstacles à la collaboration disciplinaire. J'utilise ma pratique choréogénétique comme exemple d'hybridation possible entre l'art et la science, en lien avec différentes typologies des interactions. Pour terminer, j'énonce en fin de ce chapitre à caractère épistémologique un plaidoyer en faveur d'une pratique paradisciplinaire: faire de l'art et de la science en parallèle, tout en acceptant les réticulations potentielles.

13.1. De la relation tumultueuse entre l'art et la science

Tant de chercheurs, de philosophes, d'historiens et d'épistémologues ont tenté de circonscrire le champ de l'art et celui de la science avec plus ou moins de succès, mais jamais de façon à rallier de façon universelle ni l'artiste, ni le scientifique. L'exercice est au mieux voué à exacerber les passions; il est au pire destiné à l'échec. Dans ce chapitre, je ne veux imposer aucune définition de l'art et de la science – définir, c'est circonscrire et l'art n'aime pas être circonscrit – je cherche plutôt à établir les différences et similitudes entre ces deux champs de la connaissance humaine; préciser les fonctions, les méthodes et les objectifs de l'art et de la science dans le but d'identifier les zones de chevauchement, les zones d'achoppement, les zones de collaboration, le cas échéant.

Est-ce que l'art et la science peuvent cohabiter ? Les collaborations art-science sont-elles possibles ? Sont-elles utiles ? Utiles à qui ? Utiles à quoi ? La science peut-elle bénéficier de l'art ? L'art peut-il s'enrichir de la science ? De façon spécifique, je traiterai plus en détails de la question du bioart, véritable domaine d'hybridation de l'art et de la science, via les biotechnologies. Comment les bioartistes perçoivent-ils les scientifiques qui partagent leur laboratoire avec eux ? Et les scientifiques, comment perçoivent-ils ces artistes d'un nouveau genre qui investissent leur espace sacré ? Quel type de dialogue entre l'art et la science le bioart permet-il d'élaborer ? J'aborderai plusieurs de ces questions en lien avec ma pratique choréogénétique aux frontières de la danse et de la génétique. Face au débat sur l'interdisciplinarité, la transdisciplinarité et les collaborations plus ou moins heureuses entre l'art et la science, je termine ce chapitre par un plaidoyer pour une approche paradisciplinaire.

13.2. Les deux solitudes

L'un des objectifs premiers de la science est de *décrire* la nature pour éventuellement pouvoir en *expliquer* le fonctionnement. L'art a pour objectif principal – historiquement du moins – de *représenter* la nature pour nous faire voir le monde tel qu'il est. La science est généralement considérée « comme une tentative de comprendre les phénomènes naturels à l'aide de la méthode scientifique, laquelle implique l'observation, la formulation d'hypothèses puis la mise en œuvre d'expériences afin de les tester » (Wilson, 2010, p. 6). Elle procède d'un processus par lequel les structures et fonctions de la nature sont révélées par le raisonnement. Cette rationalité scientifique implique notamment l'impartialité et l'objectivité. L'art ne répondrait pas aux mêmes critères; il est subjectif et intuitif¹. Pour Frank Malina (1968), « l'art est une fiction et la science un fait ». Notamment, « les symboles de l'art sont uniques, spécifiques et irréductibles, tandis que les symboles de la science sont globaux, reproductibles et susceptibles de généralisation » (Katzir-Kachalsky, 1972, p. 252). À cet égard, l'intégration des sciences et des arts comporte de nombreux obstacles, qu'ils soient méthodologiques, symboliques ou philosophiques.

L'une des différences principales entre l'art et la science tient du rôle de l'*individu* artiste et de la *communauté* scientifique. La science demande de séparer le sujet de l'objet, ce que l'art ne fait pas. La distanciation du chercheur, si chère à la science, n'est pas un requisit de l'art; je dirais même plus, elle n'est pas souhaitable. L'œuvre d'art n'est jamais déconnectée de la personnalité de l'artiste. À cet égard, « l'art attribue [...] une place essentielle à l'idiosyncrasie individuelle, alors que la science est un effort collectif dans lequel les différences individuelles s'effacent derrière les impératifs de la méthode scientifique » (Wilson, 2010, p. 17). La quête scientifique est axée sur la découverte de lois. La démarche artistique est au contraire centrée sur la découverte de soi. « Dans la première, l'individu s'efface; dans la

¹ Ne parle-t-on pas dans le langage courant de rationalité scientifique et d'intuition artistique ?

seconde, il importe qu'il laisse sa marque » (Sicard, 1995, p. 17). Comme je l'ai démontré ailleurs, le scientifique recherche le consensus, l'artiste recherche l'originalité². En outre, « l'art valorise la quête de réponses multiples, alors que la science tend vers la réponse juste, ou en tout cas vers la meilleure réponse possible » (Wilson, 2010, p. 17). Comme le disait Asger Jorn, « Quel est le chemin le plus long entre deux points déterminés ? Quel est le maximum de jeu ou de déviations dans un mouvement ? Voilà la préoccupation de l'art » (Jorn, 1957, p. 81). Ce qui motive la science: trouver le plus court chemin entre ces deux mêmes points. C'est le principe de parcimonie.

13.2.1. Art / Science / Recherche

Il ne faut surtout pas confondre l'Art et la Démarche artistique. De même il importe de séparer la Science et la Recherche scientifique. Pour le sociologue Bruno Latour « la Science est certitude, tandis que la Recherche relève de l'incertain. La Science est détachée, inamovible et froide; à l'opposé, la Recherche est pleine de vie, de chaleur, et soumise à un maelström de contradictions » (Latour, 1998, p. 208). De façon générale, la recherche scientifique part d'une question énoncée sous la forme d'une hypothèse qui sera vérifiée ou invalidée dans le cadre d'un projet de recherche. C'est un *processus* par lequel on parvient à un but, plus ou moins bien représenté à l'avance, mais dont on ignore au départ comment l'atteindre. Qu'en est-il de l'art ? De la Recherche en art ? Le *Vocabulaire d'esthétique* donne la définition suivante du terme *Recherche*: « travail du chercheur, c'est-à-dire celui qui s'efforce d'établir de nouvelles connaissances, ou d'obtenir des résultats nouveaux » (Souriau, 2004, p. 1206). *A priori*, cette définition générale n'est d'aucune utilité pour différencier la

² J'utilise souvent ce même exemple. Demandons à plusieurs scientifiques de tester une théorie à l'aide d'une brique; tous s'empresseront de la lancer pour démontrer la gravitation universelle. Donnons maintenant une brique à des artistes, on en aura pour tous les goûts: de celui qui la placera dans un musée pour faire un *ready-made*, à celui qui la placera en équilibre sur sa tête pour en faire une performance, en passant par celui qui la fracassera pour la recomposer en une nouvelle forme sculpturale, etc. Un exemple similaire est utilisé par Kuhn (1969, cité dans Root-Bernstein, 1984b).

recherche artistique de la recherche scientifique qui semble répondre aux mêmes objectifs. Le même article distingue néanmoins deux types de recherche en art:

Le premier cas concerne la recherche en esthétique; elle s'apparente à la recherche philosophique ou scientifique, et travaille à mieux connaître tous les objets qu'étudie l'esthétique.

Le second concerne la recherche de l'artiste, de l'écrivain, qui essaie des genres ou procédés neufs, ou travaille à découvrir comment réaliser certains effets; elle est souvent moins systématique et plus empirique que la première.

Il ne faut pas méconnaître le long travail de recherche qu'exige souvent l'œuvre d'art; certaines œuvres n'ont d'ailleurs pour but que la recherche, en ce sens que ce sont des essais, des tentatives, et non des œuvres ayant leur fin en elles-mêmes. (Souriau, 2004, p. 1206-1207)

Ce serait précisément le second type de recherche qui caractérise l'acte artistique, celui par lequel il se singularise de la recherche scientifique. Cette définition sépare néanmoins le moment de la *recherche* du moment de la *création* artistique. Il y aurait donc des artistes-créateurs et des artistes-chercheurs; d'un côté, les Picasso de ce monde: « Je ne cherche pas, je trouve » et, de l'autre côté, les Jean-Pierre Raynaud³: « Je me situe comme un *chercheur en art*. Je ne renie pas le mot artiste, mais je préfère le mot chercheur » (cité dans Heinich, 1997, p. 106). Si l'art est « une recherche où il n'y a rien à trouver que précisément la recherche même », le résultat de cette recherche n'a plus autant d'importance. Contrairement à la science, « peut-être devrait-on, dans le cas des arts, inverser le processus et commencer par une réponse » (Dombois, 2009, p. 201); la *démarche* artistique – le *concept* de l'œuvre – au détriment de l'œuvre.

S'il existe une autre différence flagrante entre la science et l'art, c'est dans l'évaluation des résultats de la recherche. Les critères de l'une ne s'appliquent pas à

³ Jean-Pierre Raynaud est un artiste plasticien français, auteur de la sculpture érigée en hommage au CNRS (Conseil national de la Recherche scientifique) à Paris. La tempête artistico-scientifique soulevée par la création de cette œuvre publique est détaillée par Nathalie Heinich (1997) dans *L'Art contemporain exposé aux rejets*.

l'autre. « Comment, par exemple, évaluer la recherche artistique ? Qui jugera du succès ou de l'échec d'un projet. Qui dira si les résultats sont justes ou faux » (Dombois, 2009, p. 199). Pour un scientifique, le *mérite* se mesure à la « vitesse de reconnaissance », la « priorité », et le « nombre de citations » (Alfert, 1986). Rien de ça ne s'applique à l'art. Le prix Nobel de médecine Roger Guillemin (qui est également artiste) fait état de différences fondamentales entre ces deux pratiques.

D'un coté le scientifique:

[...] peut procéder que par la reconnaissance de l'existence de lois, de contraintes auxquelles on ne peut échapper. [...] Il ne peut y avoir de [recherche] en science sans lois, celles qui sont déjà établies et celles qui seront à établir. Cela nous oblige aussi à reconnaître que les connaissances scientifiques doivent être universelles. (Guillemin, 2010, p. 62)

De l'autre l'artiste:

[...] ne connaît ni règles, et encore moins les lois [...] Ainsi, la [recherche] du peintre, de l'artiste, est entièrement dans son imagination et sa maîtrise du moyen pratique qu'il choisit pour arriver là où il veut aller. (Guillemin, 2010, p. 62)

Pratiquement, l'évaluation de la recherche scientifique consiste à vérifier l'universalité des résultats en fonction d'un paradigme généralement accepté⁴. Le rôle du chercheur en science est de découvrir les vérités de la nature qui n'attendent qu'à être découvertes (Meyer, 1974). Cette recherche est *de facto* encadrée par les *lois de la nature*. Le chercheur en art, quant à lui, produit des résultats novateurs et uniques qui originent de son imagination (Meyer, 1974). Aucune loi intrinsèque ne peut, a priori, le contraindre. En d'autres mots, la science procède d'un mode de recherche « externe », l'art d'un mode « interne ».

⁴ Jusqu'à ce que les lois changent et qu'un nouveau paradigme de recherche remplace l'ancien paradigme; processus que Thomas Kuhn (1962) appelle une « révolution scientifique ».

13.2.2. Art / Science / Technologie

La science fait la distinction entre la Recherche fondamentale et la Recherche appliquée. La première a pour objectif d'enrichir le champ des connaissances humaines, sans aucune finalité économique; la seconde vise à mettre en pratique ses connaissances, notamment à des fins technologiques⁵. Dans les milieux industriels, le terme « recherche » est utilisé pour décrire l'innovation dans le cadre de la technologie existante, ce que les scientifiques universitaires appellent habituellement « développement »⁶. En fait, L'histoire nous enseigne que les grandes innovations de l'homme sont souvent le résultat de ce que Thomson⁷ appelle *Science pure*: « Par recherche en science pure, j'entends la recherche menée sans perspective d'application dans le domaine industriel, dans le seul but d'étendre notre connaissance des lois de la Nature » (cité dans Strutt, 1942, p. 198). Or, la source première de l'innovation est la recherche fondamentale, sans laquelle il n'y aurait pas de science à appliquer (Kay et Llewellyn Smith, 1985). Pour Louis Pasteur (1871) « il n'existe pas une catégorie de sciences auxquelles on puisse donner le nom de sciences appliquées. Il y a la science et les applications de la science, liées entre elles comme le fruit à l'arbre qui l'a porté ». En effet, il semble illogique d'opposer la science appliquée à la science fondamentale quant à la notion d'innovation technologique puisqu'il n'est possible de statuer sur la validité de cette opposition qu'une fois déterminé le produit final de la recherche. *A priori*, toute recherche fondamentale a le *potentiel* de devenir appliquée.

Du point de vue de l'art, Frank Popper définit la science « dans l'acceptation la plus large du terme » comme synonyme de *savoir*; « en revanche, la technologie

⁵ Les opinions variées sur l'utilité économique de la recherche fondamentale et son financement public alimentent la presse spécialisée (voir Johnson, 1970; Kay et Llewellyn Smith, 1985; Nelson, 1959). De nos jours, les universités ne cessent de se questionner sur le financement de la recherche, les partenariats public-privé, les transferts de connaissances à l'industrie et le dépôt de brevets.

⁶ Comme en témoignent les secteurs de R&D (Recherche et Développement) de nombreuses entreprises.

⁷ Joseph John Thomson est le découvreur de l'électron. Il a reçu le prix Nobel de physique en 1906.

est généralement considérée comme une application des sciences » (Popper, 1975/1985, p. 225). La science est un « réservoir d'information », tandis que la technologie n'est qu'un « moyen de réaliser des projets artistiques » (p. 231). Même si de nombreux artistes sont indifférents (pour ne pas dire allergiques) à la science, tous sont affectés, de près ou de loin, par la technologie définie comme « un ensemble de techniques destinées à fabriquer des objets ou à accomplir des actions » (Wilson, 2010, p. 7). La technologie offre une diversité d'outils de création artistique qui dépasse ce que rendent possibles les médiums traditionnels. Néanmoins, comme le souligne Bourriaud « la technologie n'a d'intérêt pour l'artiste que dans la mesure où il met les effets en perspective, au lieu de la subir en tant qu'instrument idéologique » (Bourriaud, 2001, p. 69). C'est la technologie qui est au service de l'artiste et non le contraire. Les pratiques des *nouvelles technologies* illustrent du moins « le paradoxe fondamental qui lie l'art et la technologie: si la technique est par définition améliorable, l'œuvre d'art ne l'est pas » (p. 70). Frank Popper considère que toute démarche artistique à caractère technologique est « liée à une résignation au présent, donc déjà enfermée dans le passé ». Pour lui « la vraie démarche scientifique est toujours orientée vers le futur et ne peut donc être technocratique » (Popper, 1975/1985, p. 231). Cette distinction n'est pas sans rappeler le clivage entre la recherche appliquée et la recherche fondamentale des scientifiques. Pour Christopher Llewellyn Smith, ancien Directeur du CERN, la recherche technologique veut « répondre à des besoins précis », alors que la Recherche fondamentale en est une « motivée par la curiosité »⁸. Est-ce cette même curiosité qui anime la recherche artistique ?

⁸ La *National Science Foundation* des États-Unis reconnaît l'importance de la curiosité dans le financement de projets de recherche fondamentale (*curiosity-driven research*) qu'il distingue des projets de recherche appliquée (*strategic research*) – (voir Herman, 1995).

13.3. De la dichotomie au continuum

Face au dualisme paradigmatique opposant le champ de l'art du champ de la science⁹, deux théories monistes s'affrontent. Pour les uns – partisans du monisme cognitif – l'art est une subdivision de la science, pour les autres – adeptes du monisme esthétique – la science est une subdivision de l'art (Richmond, 1984, p. 82). Soit l'artiste est un scientifique qui s'ignore, soit le scientifique est un artiste à sa manière. Peu importe la position que l'on décide d'adopter, cette vision unificatrice efface les divisions artificielles entre champs disciplinaires. « Comme s'il y avait eu une bifurcation définitive entre art et science, entre les deux hémisphères du cerveau dans l'évolution de l'espèce humaine [...] Face à l'énigme du monde, les artistes et les scientifiques sont égaux » (Fischer, 2005, p. 140-141). Dès lors, « l'ancienne distinction entre l'art et la science, qui reposait sur le partage entre, d'un côté, raison, logique, jeu des protocoles et des contraintes, universalité et, d'un autre, sensibilité, sensorialité, liberté des choix, individualité, n'a plus sa raison d'être » (Sicard, 1995, p. 35). David Edwards, professeur de génie biomédical à l'Université Harvard, est le fondateur du « Laboratoire » à Paris, un lieu destiné à la collaboration entre les arts et les sciences. Il associe, dans le *Manifeste du Laboratoire*, la démarche esthétique à la démarche scientifique:

Nous rêvons, et réalisons nos rêves en poursuivant une démarche créatrice qui allie deux manières de penser auxquelles nous faisons appel selon les situations. La première démarche est d'ordre esthétique; elle est ouverte au doute et à la complexité, se nourrit de l'incertitude, incite à l'imaginaire. Elle s'épanouit dans les activités artistiques, du théâtre aux arts plastiques, de la musique au design. La seconde est d'ordre analytique; elle permet d'aborder la complexité du monde en la réduisant à une série de questionnements auxquels il est plus facile de trouver des solutions. Cette démarche est évidemment propice au travail scientifique dans les laboratoires de recherche ou les institutions financières. Le processus de création dans lequel interviennent à la fois l'inventivité et sa confrontation à la réalité, consiste en

⁹ Pour C. P. Snow (1963), ce sont plutôt deux cultures qui s'affrontent: la *culture scientifique* et la *culture humaniste*.

la fusion des deux démarches. C'est cet assemblage intime de deux modes de pensée que j'appelle *artscience*. (Edwards, 2011, p. 9)

Selon le modèle de recherche proposé par Edwards, c'est le processus au cœur même de l'acte artistique (ou de l'innovation scientifique) qui « mène à la contemplation de l'inconnu, au surgissement d'une nouvelle idée en passant par l'acceptation de l'incertitude et du doute de toute vie créative » (p. 23). La démarche artistique qui prend le pas (encore une fois) sur le produit de la démarche, l'œuvre d'art:

La valeur de l'art en tant que processus peut-elle en rien s'apparenter à sa valeur en tant que résultat ? Face au résultat, le processus créatif peut sembler se limiter à une note de bas de page. [...] Les réalisations artistiques restent attachées à un moment et à un lieu, indépendamment de leur sens ou de leur utilité, tandis que le processus artistique, lui, ne l'est pas. (Edwards, 2011, p. 91-92)

Le *modus operandi* collectif de l'artscience serait un seul et même *processus créatif*. En se libérant « des œillères appauvrissantes de leurs disciplines respectives » (Wilson, 2010, p. 6), les artistes et les scientifiques représentent deux « moteurs jumeaux » de la créativité¹⁰ qui travaillent de concert aux mêmes objectifs:

Ils nous montrent comment chercher le sens de la vie; comment analyser nos perceptions, nos expériences et nos créations; comment communiquer notre imaginaire personnel et collectif tout en nous inspirant à apprécier la profondeur de notre imagination [...] L'art est un organisme vivant complexe qui interagit naturellement avec plusieurs autres types d'organismes, notamment les sciences « multicellulaires », les mathématiques et la technologie. *Artscience* est l'environnement qui permet à ces organismes de se développer et d'évoluer ensemble. (Siler, 1996, p. 42)

¹⁰ Les nombreux travaux de Robert Root-Bernstein sur la créativité font état d'une parenté certaine des processus créatifs à l'œuvre chez les personnes polymathes (Root-Bernstein, 1984; 1985). En particulier, les chercheurs les plus créatifs sont animés par treize *outils mentaux*: l'observation, l'imagerie mentale, l'abstraction, la reconnaissance de formes, la formation de formes, l'analogie, la pensée corporelle, l'empathie, la pensée dimensionnelle, la modélisation, le jeu, la transformation et la synthèse (Root-Bernstein et Root-Bernstein, 1999). On retrouve ce type d'imagination multiple chez plusieurs scientifiques (Kepler, Mendel, Pasteur), mais également chez des artistes (Balzac, Van Gogh), incluant la chorégraphe Martha Graham (Root-Bernstein et Root-Bernstein, 2003).

En assumant qu'il soit effectivement admissible de participer au processus de la recherche de façon analogue, tant pour les artistes que pour les scientifiques, la question demeure fondamentalement inchangée – comment ? En quoi « les scientifiques pourraient-ils être de véritables créateurs si les créateurs, eux, n'ont guère d'espoir de devenir des scientifiques ? » (Sicard, 1995, p. 33). En quoi « l'art pourrait-il enrichir la recherche ? » (Wilson, 2005, p. 338). Pour Wilson, « les artistes, dont le travail se situe au confluent de l'art et de la science/technologie, peuvent avantageusement influencer la recherche, par exemple en présentant de nouveaux thèmes de recherche, en inventant de nouvelles technologies, en entreprenant de nouvelles expérimentations ou en colligeant de nouvelles connaissances » (p. 348). Pour Edwards, il importe de « valoriser donc le *processus* d'une expérimentation et non seulement le *résultat* de cette expérimentation » (Edwards, 2011, p. 216). Pour paraphraser Deleuze et Guattari, dans l'art « il n'y a rien à comprendre, mais beaucoup à servir. Rien à interpréter, ni à signifier, mais beaucoup à expérimenter » (Deleuze et Guattari, 1976, p. 72). L'expérimentation comme antidote au dualisme art/science.

13.3.1. L'expérimentation – un point de rencontre

Pour Claude Bernard, père de la médecine expérimentale, l'expérimentation scientifique, c'est « l'art d'obtenir des expériences rigoureuses et bien déterminées » (Bernard, 1865/1966, p. 13), mais pour Allan Kaprow, l'expérimentation c'est « la vérification ou la mise à l'épreuve d'un principe » (Kaprow, 1993/1996, p. 102). On pourrait facilement intervertir ces deux définitions qui se valent autant l'une que l'autre et qui s'appliquent aussi bien à la science et à l'art. Dans les faits, « personne ne contestera que l'expérimentation ne trouve aujourd'hui son modèle du côté des sciences, et tout particulièrement des sciences dites justement expérimentales » (Joseph Mouton, cité dans Soulier, 2010). À cet égard, deux voies sont offertes pour définir la condition expérimentale de l'art:

[...] l'une qui partirait de l'hypothèse que l'art partage en effet quelque chose avec les sciences expérimentales, que ce soit des méthodes, des procédures, un esprit ou je ne sais quoi d'autre ; l'autre qui supposerait que l'on ne peut parler d'expérimentation en art que d'une manière analogique, c'est-à-dire que les expérimentations que l'on y rencontre sont des mimésis d'expérimentations plutôt que des expérimentations véritables (Mouton, cité dans Soulier, 2010, p. 72)

Puisque pour Bachelard, « toute définition est une expérimentation », rien ne sert d'enfermer la méthode expérimentale dans un carcan définitoire qui ne pourra jamais, par définition, que la qualifier temporairement. Que les expérimentations scientifiques soient analogues ou conformes à celles des artistes importe peu; *toute* expérimentation est à la recherche de nouveaux continents, de territoires non encore découverts. Expérimenter, comme le précise Paul Ardenne, « c'est ajouter du neuf (ce qui est mis à jour), mais aussi du possible (le non-advenu, encore à naître) » (Ardenne, 2002, p. 62). L'expérimentation tiendrait donc d'une dimension transversale à tout processus créatif, sans pour autant que toute création ne soit expérimentation.

Les artistes expérimentaux, selon Kaprow, « disent en général qu'ils font de l'art [...] mais ils ne sont sûrs de rien » (Kaprow, 1993/1996, p. 105). Le propre de l'expérimentation est de se situer entre des domaines de pratiques: l'art et la science. « Mais on peut faire l'hypothèse qu'un troisième terme vient coordonner plus précisément cette situation, terme philosophique: la vie » (Zerbib, 2009, p. 35-36). C'est « l'art et la vie confondus », de Kaprow. « Le geste expérimental se situerait ainsi entre l'art et la vie, configuré selon les modes de construction et d'observation, d'activité et de passivité dérivés de la science » (p. 41). Quant à l'expérimentation scientifique, elle relèverait plutôt, pour paraphraser Kaprow, de « la science et la vie confondues ». Face au mystère de la vie, les sciences expérimentales cherchent des réponses; « la tâche de l'artiste expérimental est de livrer des questions plutôt que des réponses » (Jeanpierre, 2009, p. 329). L'expérimentation est un processus de

questionnement, de remise en question, de mise à l'épreuve d'hypothèses et de requestionnement.

[...] il ne suffit pas pour expérimenter de se saisir d'un nouveau matériau, de transférer un geste inédit d'un médium à l'autre, ni même de produire de nouvelles règles de la création ou de nouvelles contraintes. [...] L'expérimentation artistique contemporaine ne se juge donc pas avant tout à ses résultats visibles mais d'abord à son processus, pas suivant son produit fini mais en fonction de son déroulement, pas en fonction de son contenu mais à partir de son niveau de réflexivité. (Jeanpierre, 2009, p. 312)

Ici encore, l'essence de la démarche expérimentale tient beaucoup plus de l'action d'expérimenter que du produit de l'expérimentation. L'expérimentateur lui-même « ne préjuge pas de la nature de l'objet qu'il va produire, ce qui lui permet de librement associer les paramètres » (Gallet, 2009, p. 61). Cette préséance de la démarche sur l'œuvre est poussée à l'extrême chez certains artistes qui « ont même fait du protocole d'expérimentation scientifique l'objet de leur recherche artistique » (Jeanpierre, 2009, p. 325).

En parallèle à l'aspect procédural de l'expérimental, il existe un point de rupture sémantique entre l'expérimentation « scientifique » et l'expérience « artistique », au sens phénoménologique du mot. Les deux termes « peuvent s'opposer, comme deux pôles passifs et actifs de l'empirisme, son négatif et son positif » (Zerbib, 2009, p. 36). On trouve d'un côté « l'expérience menée, conduite activement et rationnellement, dans le but d'établir des vérités qui nourrissent le progrès des connaissances », alors que de l'autre se trouve « l'expérience vécue et livrée par l'intermédiaire de la perception des sens » (p. 36). Le premier type d'expérience vient « s'ajouter à l'accumulation infinie de connaissances établies » tandis que le deuxième type, au contraire, apporte « une contribution aux sphères de l'expérience plutôt qu'à celles de la connaissance » (Schechner, 2008, p. 293).

13.3.2. À la recherche d'un langage commun

Fondamentalement, « du point de vue d'une théorie générale de l'expérience, il n'y a en fait pas de différence de nature entre démarche expérimentale en arts et en sciences » (Jeanpierre, 2009, p. 327). Le processus créatif, quel qu'il soit, participe de la même quête phénoménologique. Art et science partagent en ce sens la notion *génétique* de la recherche, l'acte d'expérimenter, de *faire* l'expérience. La difficulté réside ailleurs, car pour se *comprendre*, les artistes doivent aussi *apprendre* à maîtriser le langage des scientifiques et vice-versa. Aujourd'hui, « les uns et les autres élaborent des langages, les uns – les scientifiques – pour interpréter le monde, les autres – les artistes – pour le questionner ou explorer les mythes et les structures qui gouvernent nos esprits et les sensibilités qui déterminent nos sens » (Fischer, 2005, p. 140). Pour Jean-Philippe Cointet, la mise en place d'une langue commune pose plusieurs obstacles et soulève d'importantes questions:

Si science et art sont frères (ou peut-être plutôt frère et sœur), quelle communauté partagent-ils, quelle langue peuvent-ils employer pour s'entendre ? Le dialogue nécessite-t-il que l'un apprenne la langue de l'autre, ou doit-on en créer une nouvelle ? (Cointet, 2004, p. 46)

En dépit de similitudes opératoires évidentes, l'hybridation de l'art et de la science (artscience pour les monistes, art/science pour les dualistes) n'est pas encore gagnée. Même quand les artistes et les scientifiques travaillent conjointement à la poursuite d'un objectif commun, les uns ne sont-ils pas toujours « au service » des autres ? Afin d'établir un meilleur dialogue entre chercheurs de différentes cultures, il est impératif pour l'un d'apprendre à maîtriser le savoir-faire de l'autre. D'un côté,

[l]es artistes auraient avantages à étudier la littérature scientifique reliée à leurs domaines d'intérêt et à acquérir un niveau élevé de qualifications et de connaissances qui leur permettent de devenir des praticiens actifs dans la recherche. Ils auraient besoin tout au moins de prendre en considération les techniques scientifiques classiques de conception des expérimentations, lesquelles facilitent la clarté des résultats. (Wilson, 2005, p. 350-351)

En parallèle,

[l]es scientifiques auraient avantage à trouver une manière de s'ouvrir à la contribution provenant de chercheurs d'autres disciplines. Ils auraient besoin de trouver une manière de suspendre temporairement la rigidité de leurs attentes en matière de suivi de protocole afin d'accueillir la valeur des questions de recherche non-traditionnelle, des pratiques, des résultats et des technologies provenant d'autres domaines. (Wilson, 2005, p. 351)

Dès lors qu'il sera possible pour les scientifiques de comprendre le travail des artistes sans aucun préjugé et que les artistes seront à leur tour capables d'apprécier la science à sa juste valeur, comme collaboratrice et non comme ennemie, les deux domaines pourront profiter de ces différences en misant sur une véritable « interdisciplinarité ». Nul ne sait si la science peut progresser sans l'art, ou si l'art peut progresser sans la science; « une chose est sûre, l'art et la science interagissent toujours » (Richmond, 1984, p. 83). Leur progrès mutuel ne dépend pas de cette interaction, mais l'interaction *préside* au progrès.

13.3.3. Interdisciplinarité vs transdisciplinarité: quels types d'interactions entre les champs disciplinaires ?

Une discipline est définie comme « un ensemble spécifique de connaissances, qui a ses caractéristiques propres sur le plan de l'enseignement, de la formation, des mécanismes, des méthodes et des matières » (Palmade, 1977, p. 22). Elle est constituée par des objets observables ou formalisés, des interactions entre ces objets et des lois qui lui sont propres. La pluridisciplinarité réside dans l'*association* de disciplines qui concourent à une réalisation commune, mais sans que chaque discipline ait à modifier sa propre vision des choses et ses propres méthodes (Glykos, 1999); c'est la simple « juxtaposition de disciplines diverses plus ou moins voisines dans le domaine de la connaissance » (Palmade, 1997, p.22). Le postulat interdisciplinaire va plus loin que la pluridisciplinarité. Il repose sur l'*interaction* entre deux ou plusieurs disciplines: « cette interaction peut aller de la simple

communication des idées jusqu'à l'intégration mutuelle des concepts directeurs, de l'épistémologie, de la terminologie, de la méthodologie, des procédures, des données et de l'organisation de la recherche et de l'enseignement s'y rapportant » (p. 22-23). Pour Jean Piaget, l'interdisciplinarité répond à « la *collaboration* entre disciplines diverses ou entre des secteurs hétérogènes d'une même science [qui] conduit à des interactions proprement dites, c'est-à-dire à une certaine réciprocité dans les échanges, telle qu'il y ait au total enrichissement mutuel » (Piaget, 1972, p. 142). L'interdisciplinarité exige une ouverture d'esprit. Elle cherche à « élaborer un formalisme suffisamment général et précis pour permettre d'exprimer dans ce langage unique les concepts, les préoccupations et les contributions » (Glykos, 1999) de plusieurs disciplines.

Les obstacles à l'interdisciplinarité sont nombreux (voir Karpinski et Samson, 1972) car les sous-cultures disciplinaires et la loyauté des chercheurs à leur discipline d'origine offrent de multiples barrières à la collaboration. De même, les problèmes structurels et les contraintes institutionnelles sont autant de facteurs limitant l'intégration des disciplines¹¹. À bien des égards, l'interdisciplinarité n'existe pas vraiment. Elle ne représenterait qu'une étape normale de l'évolution des savoirs qui procède par morcellement des champs disciplinaires et par réticulations subséquentes des sous-disciplines en de nouvelles disciplines à l'interface des disciplines-mères. Je dirais même que l'interdisciplinarité n'est qu'une étape de la genèse d'une discipline hybride – la bio/informatique, la neuro/psychologie – avant qu'elle ne soit reconnue comme telle. Or cette hypothèse selon laquelle de nouveaux champs du savoir sont fondés par l'adjonction de disciplines indépendantes – l'interdisciplinarité structurale de Boisot (1972) – ne s'applique que rarement. En sciences plus particulièrement, les nouvelles disciplines résultent souvent plutôt de l'explosion d'une discipline devenue trop complexe. Il était sans doute possible pour les humanistes du XVI^e siècle de tout

¹¹ Karpinski et Samson (1972) distinguent les problèmes théoriques des problèmes structurels. Citons notamment l'incommunicabilité des théories et des méthodes, les différences d'optique professionnelle, l'utilisation d'un jargon scientifique propre à chaque discipline, et les conflits d'appartenance.

savoir de la science, des mathématiques et de la philosophie. Or, aucun biologiste actuel ne pourrait prétendre connaître la somme des savoirs de l'écologie, de la biologie cellulaire et moléculaire, de la biochimie, de l'anatomie, de la physiologie et de l'évolution, autant de disciplines distinctes issues des sciences naturelles. Chacun de ces domaines n'est pas défini par la combinaison des connaissances de plusieurs disciplines, mais plutôt par un sous-ensemble des connaissances d'une discipline plus vaste: c'est la différence entre la surspécialisation disciplinaire et l'interdisciplinarité. Sans vouloir rejeter totalement les prémisses de l'interdisciplinarité, il apparaît clairement que son importance est toute relative dans l'évolution de la science, à tout le moins dans l'évolution des sciences naturelles. Jean-Marc Lévy-Leblond le confirme: « Ce n'est pas en rassemblant des spécialistes de différentes disciplines que vous allez pouvoir répondre à n'importe quelle question. C'est que la vraie difficulté, en science, est, avant de définir les compétences nécessaires, de bien poser les problèmes, ce qui est beaucoup plus difficile que de les résoudre ! » (cité dans Raulet, 2004).

Si l'interdisciplinarité est difficile à cerner, le concept de transdisciplinarité, quant à lui, reste encore plus flou, pour ne pas dire complètement utopique. Ce terme attribué à Piaget vise à dépasser l'interdisciplinarité en établissant des liens « stables » entre les disciplines « à l'intérieur d'un système total sans frontières ». Nicolescu la définit comme « une nouvelle approche scientifique, culturelle, spirituelle et sociale ». La transdisciplinarité concerne, comme le préfixe *trans* l'indique « ce qui est à la fois *entre* les disciplines, à *travers* les différentes disciplines et *au-delà* de toute discipline » (Nicolescu, 1996, p. 66). Sa finalité est la « compréhension du monde présent, dont un des impératifs est l'unité de la connaissance ». La compréhension du monde présent ? Et moi qui croyais que c'était précisément cet objectif que la science « disciplinaire » cherchait à atteindre. Qu'est-ce donc alors que la transdisciplinarité ? Que penser de l'approche transdisciplinaire en art ? L'utilisation galvaudée de ce terme de plus en plus répandu en laissera

plusieurs dubitatifs. La transdisciplinarité, c'est tout et n'importe quoi à la fois¹². En se fiant à cette définition fourre-tout¹³, l'utilisation de la vidéo en danse et l'emploi des nouvelles technologies en art visuels représentent des pratiques transdisciplinaires. Ce qui n'est pas transdisciplinaire serait en fait beaucoup plus difficile à identifier dans l'art contemporain que ce qui l'est vraiment.

Pour Rege Colet (1993), une définition opérationnelle s'impose; la transdisciplinarité est strictement définie comme « la mise en place d'une axiomatique commune à plusieurs domaines de recherche ». Cette conception de la transdisciplinarité – et son précurseur, l'interdisciplinarité unificatrice (voir Heckhausen, 1972) – repose sur les prémisses d'une intégration *symétrique* (ou multilatérale) des méthodologies disciplinaires. En d'autres mots, on a le droit d'utiliser le terme « transdisciplinarité » *si et seulement si* il y a « unification sémantique et opérative » des disciplines (Article 4 de la charte de la transdisciplinarité), c'est-à-dire parler le même langage et partager une démarche commune. Or, ce type d'interactions réciproques et favorables constitue l'exception et non la norme. À titre d'exemple, considérons les interactions possibles entre deux organismes vivants, une classification empruntée au domaine de l'écologie. On distingue trois conséquences de cette interaction: elle est, soit bénéfique (+), soit néfaste (-), soit n'a aucun effet (0). La combinaison de ces trois modalités permet de catégoriser toutes les interactions entre paires d'organismes en six catégories distinctes (Tableau 13.1).

¹² Notamment, la transdisciplinarité « ouvre un espace de liberté, de connaissance, de tolérance et d'amour » (Nicolescu, 1996, p. 111). « Il y a une relation directe et incontournable entre paix et transdisciplinarité » (p. 203). « C'est de cet espoir et cette espérance qu'entend témoigner la transdisciplinarité » (p. 211).

¹³ Dans son *Manifeste* pour la transdisciplinarité, Nicolescu (1996) parle également de *trans-transportation*, de *trans-vision*, de *trans-perception*, de *trans-représentation*, de *trans-figuration*, de *trans-subjectivité*, de *trans-langage*, de *trans-politique*, de *trans-historique*, de *trans-national*, de *trans-culture*, de *trans-ascendance*, de *trans-descendance* de *trans-nature*, de *trans-personnel*, de *trans-humanisme* et même de *trans-religion*.

Tableau 13.1. Les différents types d'interactions biologiques entre paires d'espèces; ou les différents types de relations entre deux disciplines

Types d'interactions	Positive (+)	Négative (-)	Neutre (0)
Positive (+)	<i>Mutualisme (+/+)</i>	<i>Prédation (+/-)</i>	<i>Commensalisme (+/0)</i>
Négative (-)	<i>Prédation (-/+)</i>	<i>Compétition (-/-)</i>	<i>Amensalisme (-/0)</i>
Neutre (0)	<i>Commensalisme (0/+)</i>	<i>Amensalisme (0/-)</i>	<i>Neutralisme (0/0)</i>

Le mutualisme (+/+), la compétition (-/-) et le neutralisme (0/0) sont des interactions pour lesquelles l'effet est symétrique sur les deux organismes. La prédation (+/-), le commensalisme (+/0) et l'amensalisme (-/0) sont au contraire des interactions asymétriques. En substituant maintenant les organismes par deux disciplines en relation, il apparaît clairement qu'un seul type d'interactions mutuellement bénéfiques est admis par l'interdisciplinarité: c'est le mutualisme, qui implique une relation avantageuse et symétrique pour les deux champs disciplinaires. Or, si l'hybridation arts/science n'est pas toujours avantageuse pour les deux domaines, elle est encore plus rarement symétrique. Ce type d'interaction n'est certainement pas interdisciplinaire (ou transdisciplinaire), au sens de la définition originale. Au mieux, il s'agirait d'une relation commensale où l'une seule des deux disciplines est avantagée; au pire, il s'agirait de prédation (ou de parasitisme) d'un des deux domaines par l'autre.

Cette classification de l'interaction entre deux disciplines (généralisable à plusieurs) n'est cependant pas univoque. L'interpénétration des disciplines n'est pas remise en question par celle-ci, mais la typologie proposée révèle un déséquilibre marqué dans la symétrie des relations disciplinaires. À la lumière de cette analyse, je pose l'hypothèse même que la majorité des interactions art/science ne sont pas

récioproques. Dans le même ordre idée, Dan Graur (2010)¹⁴ distingue cinq types d'interactions entre le champ de l'art et celui de la science (Tableau 13.2).

Tableau 13.2. Les types d'interactions art-science, selon Graur (2010)

<i>Type 1</i> - L'art utilise la science
<i>Type 2</i> - L'art est de la science
<i>Type 3</i> - L'art n'est pas de la science (même quand le sujet est la science)
<i>Type 4</i> - L'art présente une image positive de la science
<i>Type 5</i> - L'art présente une image négative de la science

Dans la majorité des exemples répertoriés par Graur, c'est une relation négative à la science que l'art contemporain choisit d'adopter (communication personnelle, 10 mai 2011), très loin du mythe unificateur préconisé par les tenants du monisme philosophique. Roger Malina (2010), quant à lui, propose une typologie des niveaux de collaboration art-science qui distingue six types d'interactions (Tableau 13.3).

Tableau 13.3. Typologie des collaborations art-science, selon Malina (2010)

Type I: des scientifiques et des ingénieurs qui *collaborent* avec des artistes sur des projets communs menant à la fois à des *découvertes* scientifiques ainsi qu'à la *production* d'œuvres d'art.

Type II: des scientifiques et des ingénieurs qui *appliquent* la recherche scientifique pour *comprendre l'activité créative* des arts, où l'activité artistique est un sujet de recherche qui illumine le domaine scientifique.

Type III: des scientifiques et des ingénieurs qui, en travaillant avec des artistes ou des chercheurs en sciences humaines, *développent des inventions technologiques*.

Type IV: des scientifiques et des ingénieurs avec des *doubles carrières*, à la fois scientifiques et artistes professionnels.

Type V: des scientifiques et des ingénieurs qui *conversent* avec les arts et les sciences humaines afin d'*augmenter l'appropriation culturelle* de la science.

¹⁴ Dan Graur est un célèbre biologiste moléculaire, mécène et collectionneur d'art contemporain.

Type VI: des scientifiques et des ingénieurs qui *conversent* avec les arts et les sciences humaines afin d'*améliorer* les façons dont la science et l'ingénierie sont *communiqués* au public.

Malina va plus loin qu'une simple classification en suggérant aussi quelques « métriques » servant à mesurer le succès desdites collaborations; par exemple, des publications scientifiques avec des artistes ou des productions artistiques avec des scientifiques comme co-auteurs, des brevets déposés conjointement par des ingénieurs et des artistes¹⁵. Néanmoins, il est remarquable que la seule relation symétrique de cette typologie est le type IV, défini comme le « modèle classique/romantique du génie » (Malina, 2010). Dans tous les autres cas, on parle, soit de collaboration, soit de transfert de technologie, soit d'innovation, soit de communication, de l'art vers la science ou vice versa. Le type IV est l'apanage d'un seul individu qui met à profit ses connaissances de la science pour faire de l'art, de même que sa pratique artistique pour alimenter ses recherches en science. Il est incarné par l'archétype du genre, Léonard de Vinci¹⁶ (voir Ackerman, 1998). Et pourtant, même pour cet iconoclaste, l'interaction art/science ne sera pas toujours réciproque. Il est en effet possible pour un seul et même chercheur d'avoir une carrière scientifique *indépendante* de son activité artistique, sans que les résultats de l'une affectent *directement* les productions de l'autre.

13.4. Abrégé d'une pratique hybride – la choréogénétique

Suite à cette longue discussion sur les différents modes d'interaction de la science et de l'art, je traiterai dans cette section du cas particulier de ma pratique

¹⁵ En science, où la renommée d'un chercheur est fonction du nombre de ses publications, tous ceux qui ont participé à un travail sont auteurs de la publication, dans un ordre déterminé selon des règles très précises (qui est le premier, qui est le dernier). En art, l'artiste est généralement le seul auteur d'une œuvre, laissant dans l'ombre tous les collaborateurs, notamment des scientifiques sans qui la production de beaucoup d'œuvres ne serait pas possible.

¹⁶ Je suis également un type IV.

alliant la danse et la génétique; une étude de cas personnelle ancrée dans une discipline artistique en émergence, le bioart.

Depuis maintenant plus de 20 ans, chercheurs et artistes collaborent dans le but de générer de nouvelles formes d'art, des œuvres dont le matériau provient du vivant. L'avènement de cette culture « authentiquement hybride dans laquelle scientifiques et artistes s'inspireront mutuellement » (Wilson, 2010, p. 201) n'est pas étrangère aux débats soulevés par le dualisme de ces cultures en interaction. De nombreuses questions surgissent lorsqu'on s'intéresse – ou que l'on participe – à ce type de pratique hybride:

Il est évident que l'art hybride est aujourd'hui extrêmement vivant: il est également tout jeune, et son esthétique est encore en phase de développement. Quelles œuvres ont remporté le plus de succès ? Sur quelles bases doit-on évaluer ce succès ? Doit-on appliquer ici les critères retenus pour l'art conceptuel, que l'on juge à son aptitude à provoquer et à faire réfléchir le spectateur ? [...] Devrons-nous forger un nouveau standard mieux adapté aux aspirations hybrides de cet art fondé sur et inspiré de la science ? Et quelles connaissances doit avoir le public dans le domaine scientifique qui a inspiré telle ou telle œuvre pour qu'il soit à même de l'apprécier dans un contexte artistique ? (Wilson, 2010, p. 200)

Je me suis posé toutes ces questions, et plus encore, lors de mon travail de recherche et de création. Je me questionne encore sur la pertinence des collaborations arts-science, sur la capacité du public à recevoir (à comprendre) ma démarche, sur les critères d'évaluation des œuvres choréogénétiques, sur les métriques du succès d'une pratique hybride. J'ai été particulièrement surpris de constater au fil des années l'envergure des différences méthodologiques, rendant le dialogue quasi impossible. Plus encore, c'est l'asymétrie des interactions entre les scientifiques et les artistes qui m'a le plus étonné. Aujourd'hui, les scientifiques qui manifestent un intérêt pour la pratique artistique sont en minorité proportionnellement au nombre d'artistes qui envahissent les départements de biologie. Au bénéfice de qui ? À l'avantage de quoi ?

Tandis que les scientifiques partagent leurs paillasses avec les artistes, et que les artistes invitent les découvertes de laboratoire à leurs vernissages, on peut s'interroger sur ce qu'il en est réellement de cette hospitalité. Jusqu'à quand est-elle viable pour les deux protagonistes, où nous conduit-elle ? L'un n'instrumentalise-t-il pas l'autre ? (Cointet, 2004, p. 46)

Peu de scientifiques de formation ont participé à ce débat de fond. Citons notamment Stuart Bunt, ancien directeur scientifique de *Symbiotica*, qui ose questionner la démarcation entre l'expérimentation artistique et la « mauvaise science », entre la science et le « mauvais art ». Un individu qui peint un carré noir ne peut pas s'autoproclamer *artiste* sans en comprendre le contexte historique et culturel. Pour les mêmes raisons, un individu qui isole de l'ADN dans son garage n'est pas un *scientifique*. Il est aussi facile « de faire de la science triviale que de faire de l'art trivial ». Le risque pour les artistes est de penser « faire de la science » dès lors qu'ils participent au « processus de la science » (Bunt, 2008, p. 66). Si les bioartistes ont la réelle volonté de faire de l'art avec les outils de la science, ils doivent apprendre à maîtriser les techniques scientifiques, ou sinon collaborer avec des chercheurs dans le domaine. Le second risque inhérent à cette pratique collaborative est de « transformer le scientifique en un technicien au service de l'artiste » (p. 63). Dans ce cas, la relation peut s'apparenter à de l'exploitation ou du parasitisme de la science par l'art. Afin de « symétriser » les interactions entre les chercheurs et les artistes en résidence dans des labos scientifiques, Stuart Bunt propose d'offrir des résidences à des scientifiques dans les labos de sciences humaines (p. 64).

De nos jours, les scientifiques « se permettent de donner leur avis sur les productions des artistes [...], surtout lorsque l'artiste entend prendre pour objet l'activité scientifique », alors que les artistes, eux, « ne se risquent guère à se prononcer sur la valeur des productions scientifiques » (Heinich, 1997, p. 98-99). Comme si le savoir scientifique était l'apanage d'une caste privilégiée, mais que le savoir esthétique appartenait à tous (voir Wolpert, 2000). S'il est vrai que « le discours de la science, par quoi s'énonce sa vérité [...] est en partie barré [au public]

étranger à la science », il est aussi « dans une certaine mesure, barré, du fait de la haute spécialisation, aux scientifiques eux-mêmes. C'est une situation tragique; nous sommes coupés de la science » (Peyret, 2009, p. 149). Face à ce constat des plus pessimistes, le bioartiste occupe une place enviable sur l'échiquier de l'art contemporain. Il a le pouvoir de convier les artistes et le public à la recherche scientifique. J'ai fait un doctorat en études et pratique des arts dans le but précis de contribuer à cet effort collectif.

13.4.1. Pour ou contre la science ?

Il n'est pas chose facile pour un artiste de pénétrer le monde cloisonné de la science, mais encore plus difficile pour le scientifique de se faire accepter par le monde de l'art. Comme si les deux, artistes et chercheurs, se servaient « les uns des autres pour camoufler leurs volontés hégémoniques respectives » (Sicard, 1995, p. 16). On rencontre très peu d'artistes (et d'écrivains) avec une formation académique dans le domaine des sciences, incluant la biologie¹⁷. En conséquence, Marta de Menezes (2007) affirme que « certains artistes sont rebutés à l'idée même d'explorer la possibilité de créer de l'art biotechnologique ». (p. 218). Et parmi ceux qui ont osé faire le grand saut, rares sont les artistes *scientophiles*. Les bioartistes qui produisent des œuvres reflétant les progrès de la biotechnologie prennent le risque d'être accusés de trahison, de « subir les critiques pour avoir glorifié la science » (Bunt, 2008, p. 63). De toute évidence, la réflexion sur « ce qui se sépare est douée d'une plus grande fécondité que la réflexion sur ce qui unit » (Sicard, 1995, p. 29). Au grand dam de la science, l'art biotechnologique ne s'intéresse pas à révéler la beauté de l'infiniment petit, à montrer l'invisible. Alimentés par le cynisme ou le complexe d'infériorité de l'artiste face à la soi-disant supériorité objective du scientifique, il est souvent plus « payant » de provoquer le spectateur en attaquant la science et les chercheurs avides d'innovations biotechnologiques dans le cadre d'installations subversives.

¹⁷ Citons à titre d'exemple le mathématicien Charles Lutwidge Dodgson qui publia *Alice au pays des merveilles* sous le pseudonyme de Lewis Carroll.

Il nous faut cependant réaliser que notre *conception* de ce qu'« est » la science est historique; elle n'est pas absolue. La science, tout comme l'art, évolue. Parler de « la » science aujourd'hui signifie la science à « ce » moment précis. À cet égard, il est assez révélateur de constater que le langage commun parle de « la » science (au singulier), mais « des » arts (au pluriel). Comme s'il n'y avait qu'une seule science – celle fondée sur l'objectivité – face à des arts multiples. Le philosophe Ian Hacking (2008) offre une interprétation différente de ce problème, inspirée de l'historien Crombie (196). Il distingue plusieurs « styles de raisonnement scientifique », allant du style mathématique au style historico-génétique en passant par la taxinomique, l'expérimentation, la modélisation, et la statistique. Or, chaque style de raisonnement scientifique introduit de nouveaux types d'objets et fournit ses propres critères d'objectivité. La science n'est pas constituée d'un bloc monolithique de pratiques et de méthodes, elle est pluraliste. De même, l'objectivité se présente comme une construction de la pratique scientifique – un concept instrumental en redéfinition permanente – ce qui rend possible les interminables débats caractéristiques à chaque domaine. Pour Hacking, il est inutile de s'embarasser à résoudre ce débat propre à la science. Il faut pour expliquer cette pression ontologique simplement prendre conscience de son existence. L'objectif de la science n'est pas l'objectivité, au sens fort, mais la cohérence disciplinaire propre à chaque style de raisonnement¹⁸. Dans cette perspective, il est futile pour le bioartiste de s'attaquer à « la » méthode scientifique, tout autant qu'il le serait pour le biologiste de décrire « la » démarche artistique.

Mon travail s'inscrit à contre-courant de la tendance scientophobe de certains bioartistes. À titre de biologiste qui investit le domaine des arts, mes recherches artistiques ne sont pas dirigées *contre* la science. Je ne fais pas non plus de propagande en faveur de la biotechnologie. Au laboratoire, j'utilise les mêmes

¹⁸ Cette notion de l'objectivité scientifique est également remise en question par les travaux de Nowotny *et al.* (2001, 2003) qui dressent un portrait d'une nouvelle science « socialement robuste », c.a.d. une science désinstitutionnalisée, appliquée, imputable et socialement responsable.

méthodes pour faire danser l'ADN que lorsque j'étudie la génétique des populations d'espèces menacées¹⁹. Les manipulations génétiques que j'applique aux autres espèces, je les applique à mon propre corps. Je pose des hypothèses que je teste par l'expérimentation. Mes performances servent de lieu d'échange avec le spectateur. L'espace public est mon second laboratoire, celui de l'expérience.

13.4.2. À quoi sert le bioart ?

Pour Eugene Thacker, la réponse à cette question est toujours multiple. Du point de vue *théorique*, le bioart « crée des contextes au sein desquels l'artiste traite de sujets controversés ». Du point de vue *pédagogique*, le bioart « interroge la biotechnologie en soulevant des questions d'éthique »; il sensibilise le public en rendant la science accessible à des non-spécialistes. D'un point de vue *politique*, le bioart peut « aider le public à développer une attitude critique envers les abus des biotechnologies ». Finalement, du point de vue *institutionnel*, le bioart « contribue à abattre les divisions entre les *deux cultures* » (Thacker, 2007, p. 39).

De façon générale, je crois que tout bioartiste doit être un *vulgarisateur*. Son rôle premier est d'interroger la science en utilisant le médium artistique. À cet égard, il satisfait la fonction pédagogique de l'art bien mieux qu'un scientifique de formation pourrait le faire en abordant les sujets les plus sensibles aux yeux du public. Sans entrer dans le sensationnalisme ou dans une esthétique de la peur, ma démarche artistique s'inscrit parfaitement dans cette perspective éducative de l'art. Les médiateurs qui accompagnent mes œuvres sont des chercheurs en biologie. Leur rôle est d'expliquer les applications de la génétique par l'entremise de l'art. Comme le souligne Kihm dans *Le spectateur expérimenté*, mon travail est aussi d'éduquer le spectateur:

¹⁹ Au cœur de ma recherche en génétique des populations, la problématique des espèces menacées occupe une place prépondérante. Entre autres, les chercheurs de mon laboratoire ont contribué à la protection d'espèces de tortues, de salamandres et de mammifères, ici et ailleurs.

L'un des présupposés les plus courants des discours consacrés au spectateur consiste à poser d'abord son incompetence [...] de solides béquilles pédagogiques lui sont souvent prescrites pour combler les déficits creusés par son incompetence. Il faut instruire le spectateur, et pour l'instruire, il faut d'abord l'équiper. (Kihm, 2009, p. 338)

Par déformation professionnelle (je suis professeur de biologie), l'aspect pédagogique de ma pratique est à la base de ma démarche expérimentale. Pour moi, la présence des médiateurs apporte une « valeur ajoutée » à l'œuvre choréogénétique qui ne serait autrement qu'une banale expérimentation chorégraphique; le genre qu'on rencontre tous les jours en danse contemporaine. Le rapport au public prend toute son importance dans ce transfert de connaissances. En ce sens, la choréogénétique est un *vecteur de changement*. Elle contribue à l'émancipation scientifique du spectateur, de même qu'à l'expérience phénoménologique des danseurs. À l'interface de la génétique et de la danse, ma pratique artistique peut-elle cependant affecter la recherche en biologie ?

13.4.3. *Les contributions du bioartiste à la science*

L'artiste qui choisit consciemment d'utiliser le vivant comme matériau tire un avantage certain de la science: il a besoin de la biotechnologie pour créer. En contrepartie, le scientifique à son tour doit pouvoir tirer profit de cet échange avec l'artiste. Par souci de réciprocité, l'art a le devoir d'entretenir avec la science une relation symétrique. Qu'est-ce que l'écrivain peut apporter au mathématicien ? Qu'est-ce que le plasticien peut apporter au physicien ? Qu'est-ce que le chorégraphe peut apporter au biologiste ? Il ne peut y avoir de bénéfices mutuels à la pratique hybride de l'artsience sans que les artistes apportent une contribution à la science. Est-ce que l'art *ajoute* à la science ? Est-ce que l'art *complète* la science ? Est-ce que l'art *enrichit* la science ? Est-ce que l'art *humanise* la science ? Les opinions diffèrent grandement à ce sujet. Pour les uns, l'art n'apportera jamais rien à la science; les deux champs sont indépendants et incomparables (Grillo, 2009). Pour d'autres, les deux

disciplines ont le potentiel de s'enrichir mutuellement. Stephen Wilson (2005), notamment, dresse une liste de contributions possibles des artistes à la recherche scientifique (Tableau 13.4.)

Tableau 13.4. Contributions possibles des artistes à la science, selon Wilson (2005)

-
- Accorder des priorités différentes aux objectifs de recherche
 - Poser des questions de recherche différentes
 - Aider à déconstruire les postulats méthodologiques qui guident la recherche
 - Contester les procédures de recherche ou en inventer de nouvelles
 - Apporter de nouvelles connaissances ou inventer de nouvelles technologies
 - Interpréter les résultats différemment
 - Inventer de nouvelles façons de comprendre et de visualiser l'information
 - Définir les implications culturelles des résultats de recherche
-

Pour Wilson, « les artistes peuvent souhaiter ajouter une dimension critique dans la façon d'aborder la recherche. [Ils] peuvent être des innovateurs en matière de recherche et développement, inventant ou affinant de nouvelles technologies et mettant en œuvre une science émergente » (Wilson, 2010, p. 11). Hervé Fischer, quant à lui, est plus circonspect. À son avis, l'art peut compléter la science en comblant un vide qu'elle ignore:

On pourrait, en effet, faire l'hypothèse selon laquelle l'art complète le rôle de la science. Là où cette dernière ne peut dominer l'inconnu et laisse le champ ouvert au mystère angoissant, l'art intervient en donnant à ces angoisses dangereuses une expression formelle dont la perfection esthétique constitue un rempart ou une réduction dominatrice et apaisante. [...] Autrement dit, face aux dangers que représente pour l'humanité l'angoisse de l'irrationnel, l'art complète par la maîtrise esthétique ce que la rationalisation scientifique ne peut dominer. (Fischer, 1981b, p. 151)

Contrairement à Wilson qui juge de la contribution des artistes en fonction des critères de la science, Fischer propose une interprétation esthétique de la relation arts-science qui avantage forcément l'art au détriment de la science – la science ne se préoccupe guère de la notion d'esthétique. Sur la base de quels facteurs devrait-on mesurer le succès des pratiques hybrides ? Les critères de la science ou les critères de l'art ? Les artistes qui exploitent la biotechnologie à des fins créatives ne sont pas intéressés à la science rien que pour l'art; ils veulent en retour contribuer à la science par l'art. La bioartiste Marta de Menezes se prononce: « une caractéristique essentielle de mon travail est de ne pas me contenter de détourner à mon profit les techniques de la science pour produire des œuvres d'art, mais également de participer à la recherche du laboratoire » (de Menezes, 2003, p. 74). Participer, mais pour faire quoi ? Est-ce que l'artiste, avec toute la bonne volonté du monde, peut avoir un impact significatif sur la science ?

13.5. Plaidoyer pour une pratique *paradisciplinaire*

En ce dernier chapitre de thèse, j'ai recensé divers types d'interactions disciplinaires en traitant du cas particulier de l'art biotechnologique et j'ai tenté de définir les conditions d'une relation viable entre l'art et la science. En vertu de ma longue expérience en recherche et de mes nombreuses expérimentations artistiques, je me sens désormais habilité à me prononcer sur la pertinence de pratiques disciplinaires hybrides. Personnellement, je ne crois pas à l'interdisciplinarité qui juxtapose simplement les disciplines. Je ne crois pas non plus à la transdisciplinarité qui renie les frontières entre disciplines. Je mène conjointement des activités de recherche en art et science. Je pratique les deux à la fois, en osmose toute relative, mais sans domination de l'un des deux domaines sur l'autre. Certains utilisent le terme d'*indisciplinarité* pour qualifier ce genre d'activités. La racine « in » signifie soit que les pratiques manquent de discipline, soit qu'elles ne sont rattachées à aucune discipline spécifique. Ce n'est pas le cas de la choréogénétique. Je préfère employer

la racine « para » – signifiant *à côté de* – pour qualifier ma pratique hybride. Pour moi, la science « ne se situe ni au dessus, ni en dessous [de l'art], mais simplement à côté. Elle est autre » (Sicard, 1995, p. 32). Elle existe en parallèle. Je peux faire de la recherche en science avec ma créativité d'artiste. Je peux faire de la recherche en arts en adoptant l'approche expérimentale de la science. Pourtant, les résultats de mes travaux de phylogénétique n'auront jamais le statut d'œuvre d'art. De même, mes expérimentations chorégraphiques ne seront jamais des découvertes scientifiques. Je me réclame le droit de poursuivre cette double activité sans influence externe. Comme Jean-Marc Lévy-Leblond, « je ne crois pas à la possibilité de fabriquer de l'interdisciplinarité a priori. Je croirais plus volontiers à la 'paradisciplinarité', c'est-à-dire à la capacité des spécialistes de connaître l'existence et les contenus d'autres disciplines qui pourraient les aider ». Je veux pouvoir faire encore de la science « normale », hors du champ artistique. Je me réclame aussi le droit de faire de l'art, d'être un chercheur en art, sans avoir recours à la méthode scientifique²⁰. J'exerce une double pratique, sans dédoublement de personnalité notoire. À l'instar de Joe Davis, « j'ai cessé de me demander depuis longtemps si mon activité était scientifique ou artistique; sinon mon cerveau se fendrait en deux ». Je participe, en accord avec Frank Popper, de « l'étroit parallélisme et [de] la progression symétrique des deux cultures ». Je clame haut et fort que l'art peut être enrichi d'une dose de science, mais qu'il n'en a pas besoin. La science de son côté gagne à s'ajouter une touche de créativité artistique, mais elle peut vivre sans. Tels sont les fondements d'une pratique paradisciplinaire. La science pour la science. L'art pour l'art. Et au hasard des rencontres, l'hybridation.

²⁰ C'est ce que je fais lorsque que j'agis à titre d'interprète pour divers chorégraphes (Katya Montaignac, Erin Flynn, Anne-Marie Jourdenais).

CONCLUSION

*« L'artiste a le pouvoir de réveiller la force
d'agir qui sommeille dans d'autres âmes »*

Friedrich Nietzsche

L'évolution d'une hypothèse

En octobre 2004, je proposais dans le cadre de mon avant-projet de recherche doctorale « d'emprunter à la génétique, à la mathématique et à l'informatique pour être à même de codifier, de paramétrer et de simuler le processus de création chorégraphique ». Dans ce document, j'énonçais déjà ce qui allait devenir l'objectif principal de ma thèse – faire danser l'ADN – en décrivant précisément l'approche choréogénétique:

En substituant les nucléotides et les gènes se trouvant sur les chromosomes par des mouvements et des phrases chorégraphiques exécutées par tout autant d'interprètes, la danse de l'ADN peut se traduire par une chorégraphie déterminée quasi-exclusivement par des processus aléatoires et/ou stochastiques, sans intervention directe du chorégraphe. Le mouvement est alors créé par sélection naturelle...

Cette quête d'objectivité moléculaire – motivation implicite à toute ma démarche expérimentale – a définitivement pris la forme d'une hypothèse en mai 2005, dans le cadre du cours de méthodologie inscrit au programme de doctorat en études et pratiques des arts. Près de sept ans plus tard, je me propose de faire un retour sur

l'hypothèse principale de ma thèse: *le chorégraphe est un mutagène sélectif*. Que dire aujourd'hui du postulat choréogénétique ? De son évolution ? De ses limites et des généralisations possibles à d'autres champs artistiques ?

J'ai exposé dans les pages de cette thèse le comment et le pourquoi de ma pratique choréogénétique; l'approche expérimentale employée pour tester mon hypothèse et la réception esthétique de mes performances *in situ*. C'est le processus d'évolution moléculaire qui m'a permis d'explorer d'innombrables propositions chorégraphiques *in silico*. C'est la molécule d'ADN qui m'a servi de substrat chorégraphique pour de multiples compositions *in vivo*. L'hypothèse de mon doctorat propose simplement de remplacer le chorégraphe par un mutagène sélectif; en d'autres termes, je postule qu'il est possible de simuler l'étape de composition chorégraphique en reproduisant les mécanismes agissant directement sur la molécule d'ADN. Tel que j'osais le prétendre en 2004, « nul ne peut prédire la chorégraphie qui résultera du processus ». L'évolution est imprévisible. La création l'est tout autant. Comme toute séquence génétique qui se transforme au cours du temps en créant de nouvelles formes mutantes qui sont soumise à la sélection naturelle, une partition chorégraphique peut évoluer sous l'action de transformations aléatoires et de critères de sélection objectifs. En évinçant le chorégraphe, j'ai voulu minimiser l'impact des choix subjectifs lors du processus de composition chorégraphique. J'ai fait le pari dans cette thèse que la création chorégraphique opérait selon les mêmes principes que l'évolution biologique – par mutations et sélection.

Afin de mieux comprendre toutes les implications de mon hypothèse, pourquoi ne pas la disséquer en deux parties d'égale importance: le chorégraphe est un agent mutagène + le chorégraphe est un agent de sélection. Considérons l'aspect mutagène de l'hypothèse en premier lieu. Le dictionnaire donne la définition suivante du terme: « se dit de tout élément capable de provoquer une mutation au sein d'une espèce ». Un mutagène est donc un agent – biologique, chimique ou physique – qui provoque une mutation, c'est-à-dire qui transforme une forme dite « sauvage » (*wild*

type) en une forme mutante. En remplaçant le mot « espèce » par le mot « partition » dans la définition, on comprend que le chorégraphe est *capable de provoquer une mutation au sein d'une partition*. Il est mutagène dès lors qu'il utilise certains opérateurs chorégraphiques pour transformer une partition originale en une partition mutante. Bien qu'il existe une infinité de transformations chorégraphiques possibles, les opérateurs considérés dans le cadre de ma thèse sont ceux qui correspondent aux mutations génétiques de séquences moléculaires. On considère que les mutations sont aléatoires, donc purement stochastiques, mais le modèle choréogénétique n'exclut pas pour autant que les opérations chorégraphiques soient le fruit de choix subjectifs de la part du chorégraphe. C'est à ce moment que l'aspect sélectif de l'hypothèse entre en jeu. Il y a processus sélectif quand les différentes formes mutantes sont comparées les unes aux autres pour ne choisir que celles qui correspondent à certains critères définis *a priori*. En évolution, la sélection naturelle implique la survie du plus apte, mais plusieurs théories s'opposent quant à l'importance relative des mutations neutres et positives. L'application d'un modèle sélectif en choréogénétique se décline de multiples façons. On distingue les critères subjectifs (notamment dans le cas d'algorithmes génétiques interactifs), des critères neutres (pas de sélection des formes mutantes) et des critères objectifs. Par exemple, le critère de coévolution suppose que les formes mutantes vont converger de génération et génération vers une seule et même forme. Le critère de sélection est explicite pour toutes les partitions chorégraphiques générées *in silico*. Pour les expérimentations choréogénétiques *in vivo*, la sélection est plutôt implicite. C'est la conséquence de la sélection que la performance veut mettre en mouvement pour l'exposer.

Dans le cadre de mon travail, le mutagène sélectif aspirait à l'objectivité complète du processus de composition, mais rien n'empêche d'étendre la même hypothèse à des critères de composition différents. Le chorégraphe subjectif est conscient des décisions volontaires qu'il prend, tandis que le chorégraphe objectif n'influence pas les choix qui sont faits sur la base de critères indépendants de la

volonté de l'artiste. De toute évidence, l'hypothèse du mutagène sélectif est beaucoup plus générale que le cadre particulier au sein duquel elle fut testée. Elle n'exclut pas la part de subjectivité et n'est pas limitée au seul champ de la composition chorégraphique. En quoi le chorégraphe serait-il différent du plasticien, du musicien, ou de l'écrivain ? Ce qui s'applique à lui doit pouvoir se rapporter à tous les artistes. Et si mon hypothèse spécifique à la danse était généralisable au monde de l'art en général ?

L'artiste est un mutagène sélectif

Si l'art est un « espace de rencontre » (*sensu* Bourriaud), l'artiste est donc un provocateur de rencontres; la rencontre de l'œuvre et du regardeur, mais également la rencontre de l'artiste et de la société, par l'entremise de l'œuvre. Toute rencontre n'est pourtant pas toujours signifiante. Le rôle de l'artiste consiste à provoquer une rencontre qui saura atteindre le regardeur, le toucher, le sensibiliser (c'est la notion d'attention esthétique de Schaeffer). En ce sens, l'acte artistique n'est jamais neutre, il participe toujours d'une intention subjective; c'est la fonction sélective de l'artiste. De surcroît, l'acte artistique n'est pas inoffensif, il transforme tout autant l'auteur que le récepteur de l'œuvre; c'est la fonction mutagène de l'artiste. En conclusion de cette thèse, j'é mets maintenant l'hypothèse suivante qui remplace mon hypothèse originale: *l'artiste est un mutagène sélectif*. Ne pouvant malheureusement pas refaire une série d'expériences pour valider ce postulat, je me baserai sur le discours des critiques d'art contemporain pour appuyer mon argumentaire. Afin de corroborer mon hypothèse, il me suffit de démontrer que l'artiste fait preuve de subjectivité sélective pour provoquer – ou illustrer – des mutations sociales.

Pour le philosophe et psychanalyste Félix Guattari, « la subjectivité détermine de bout en bout [la] conception de l'art, et la valeur de celui-ci » (cité dans Bourriaud, 2001, p. 92). Du moment qu'un geste artistique est posé, imaginé et réalisé, il y a donc, nécessairement, un choix subjectif. L'œuvre d'art, en conséquence, « naît du

fait que les gestes qui la forment et l'informent, étant librement *choisis ou inventés*, font partie de son sujet » (p. 43). À cet égard, elle est « considérée comme un médium par lequel un individu exprime *sa vision* du monde devant un public » (p. 62). Tel que le précise également Nicolas Bourriaud dans l'*Esthétique relationnelle*:

L'art devait préparer ou annoncer un monde futur: il modélise aujourd'hui des univers possibles. [...] les œuvres ne se donnent plus pour but de former des réalités imaginaires ou utopiques, mais de constituer des modes d'existence ou des modèles d'action à l'intérieur du réel existant, quelle que soit l'échelle *choisie* par l'artiste [...] L'artiste habite les circonstances que le présent lui offre, afin de *transformer* le contexte de sa vie [...] en un univers durable. (Bourriaud, 2001, p. 13)

Tout acte artistique implique une mutation de la société et des individus qui la compose. Toute création artistique résulte d'un processus de sélection culturelle. Le projet de l'art contemporain concerne précisément « les conditions de travail et de production des objets culturels autant que les formes *mutantes* de la vie en société » (p. 14). Mais pour que l'acte créateur soit efficace, signifiant et durable, il importe pour l'artiste « d'appréhender les transformations qui s'opèrent aujourd'hui dans le champ social, de saisir ce qui a d'ores et déjà changé et continue à muer » (p. 11). L'artiste ne fait pas que transformer la société qu'il habite, il en dévoile l'évolution. Il est un révélateur de mutations sociales. Il importe alors pour l'artiste de créer des œuvres qui opèrent à titre de *foyers mutants de subjectivation* (*sensu* Guattari). En d'autres termes, pour Guattari, « l'important est de savoir si une œuvre concourt effectivement à une *production mutante d'énonciation* » (1992, p. 35). L'énonciation artistique, c'est la production de subjectivité et les œuvres d'art « sont productives de mutation de la subjectivité ». (Guattari cité dans Zahm, 1994, p. 50). Conséquemment, les artistes « sont une minorité qui continue d'affirmer la nécessité de produire une *subjectivité mutante et créatrice* » (Guattari cité dans Bordeleau, 1990, p. 45). Je ne pourrais mieux le dire. C'est l'adjonction de cette fonction mutagène de l'acte créateur qui qualifie la subjectivité sélective de l'artiste. Tout bonnement, l'*artiste* est un mutagène sélectif. *CQFD*.

BIBLIOGRAPHIE

Introduction

- Bradley, E. et Stuart, J. (1998). Using chaos to generate variations on movement sequences. *Chaos*, 8, 800-807.
- Calvert, T. W. (1986). Toward a language of movement. *Computers and the Humanities*, 20, 35-43.
- Calvert, T. W., Lee, C., Ridsdale, G., Hewitt, S. et Tso, V. (1986). The interactive composition of scores for dance. *Dance Notation Journal*, 4, 35-40.
- Chassay, J.-F. (2011). *La littérature à l'éprouvette*. Montréal: Boréal.
- Chihuly, D. (artiste) (2003). *DNA Tower*. Indianapolis, IN: Indiana University School of Medicine.
- Deshaies, J. (artiste) (2003). *DNA family with cells*. Uppsala, Suède: Museum Gustavianum.
- Greskovic, R. (1991, 5 mai). Dancing with a mouse. *Los Angeles Times*.
- Karpov, S. (artiste) (2002). *Urban Helix*. Brooklyn, NY: Polytechnic University.
- Kemp, M. (2003). The Mona Lisa of modern science. *Nature*, 421, 416-420.
- Lansdown, J. (1978). The computer and choreography. *IEEE Computer*, 11, 19-30.
- Lapointe, F.-J. et Époque, M. (2005). The dancing genome project: Generation of human-computer choreography using a genetic algorithm. Dans H. Zhang, T.-S. Chua, R. Steinmetz, M. S. Kankanhalli et L. Wilcox (dir.), *Proceedings of the 13th annual ACM international conference on multimedia* (p. 555-558). ACM Press, New York.
- Nelkin, D. et Anker, S. (2002). The influence of genetics on contemporary art. *Nature Reviews Genetics*, 3, 967-971.
- Politis, G. (1990). Computers and dance: A bibliography. *Leonardo*, 23, 87-90.

- Roderick, J. et Atkins, T. (artistes) (1994). *Genetic Jewelry*. Fresno, CA: California State University.
- Snow, C. P. (1963). *The two cultures: And a second look*. Cambridge University Press.
- Soriano, L. (artiste) (1976). *DNA uncoiling*. Londres: Ickenox Fine Art Publishers.
- Tytherleigh, B. et Watson, A. (1987). Mathematics and dance. *Mathematics Teaching*, 12, 39-43.
- Watson, J. D. et Crick, F. H. C. (1953). Molecular structure of nucleic acids. *Nature*, 171, 737-738.
- Weens, C. M. (artiste) (2000). *The Jefferson suites*. Santa Barbara, CA : Santa Barbara Museum of Art.
- West R., Burke, J., Kerfeld, C., Mendelowitz, E., Holton, T., Lewis, J. P., Drucker, E. et Yan, W. (artistes) (2003) *Ecce Homology*. Los Angeles, CA: UCLA Fowler Museum.
- Zinnen, T. (1992). *The DNA Dance*. Madison, WI: University of Wisconsin. Consulté à l'adresse <http://www.biotech.wisc.edu/outreach/dnadance.html>

Chapitre 1

- Aguilera, G., Bielawski, J. P. et Yang, Z. (2004). Gene conversion and functional divergence in the beta-globin family. *Journal of Molecular Evolution*, 59, 177-189.
- Carroll, L. (Kryeon). (2010). *The twelve layers of DNA: An esoteric study of the mastery within*. Sedona, AZ: Platinum Publishing House.
- Castillo-Davis, C. I. (2005). The evolution of noncoding DNA: How much junk, how much func ? *Trends in Genetics*, 21, 533-536.
- Darwin, C. (1859). *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. Londres: John Murray.
- Dawkins, R. (1976). *The selfish gene*. New York: Oxford University Press.
- Lewontin, R. C. (1978). Adaptation. *Scientific American* (sept 1978), 157-169.

Mendel, G. (1866). *Versuche über Pflanzenhybriden. Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn* [Experiments in plant hybridization], Bd. IV für das Jahr 1865, *Abhandlungen*, 1866, 3-47.

Nei, M. (2005). Selectionism and neutralism in molecular evolution. *Molecular Biology and Evolution*, 22, 2318-2342.

Sagan, L. (1967). On the origin of mitosing cells. *Journal of Theoretical Biology*, 14, 225-274.

Chapitre 2

Balpe, J.-P. (2000). *L'art et le numérique*. Paris: Hermès.

Birringer, J. (2008). *Performance, technology and science*. New York: PAJ Publications.

Bloom, L. A. et Chaplin, L. T. (1982). *The intimate act of choreography*. Londres: Dance Books Ltd.

Boisseau, R. et Gattinoni C. (2011). *Danse et art contemporain*. Paris: Scala.

Bottineau, A. (2009). *Les paradoxes du métier de chorégraphe en danse contemporaine: Ethnographie de l'espace normand* (thèse de doctorat inédite). Université de Rouen.

Chateau, D., et Darras, B. (dir.). (1989). *Arts et multimédia: L'œuvre d'art et sa reproduction à l'ère des médias interactifs*. Paris: Publications de la Sorbonne.

Clayton, N. (2009). Dancing to Darwin. *Current Biology*, 19, R725.

Couchot, E. (2003). *L'art numérique: Comment la technologie vient au monde de l'art*. Paris: Flammarion.

Crémézi, S. (1997). *La signature de la danse contemporaine*. Paris: Chiron.

Davidson, A. (2008). *Les enjeux du numérique en danse: Pour une chorégraphie interactive* (thèse de doctorat inédite). Université Paris 8.

Deleuze, G. (1992). L'épuisé. Dans *Quad et autres pièces pour la télévision* (de S. p. 57-106). Paris: Éditions de minuit.

- Delga, M., Flambard, M.-P., Le Pellec, A., Noe, N. et Pineau, P. (1990). Enseigner la danse en EPS. *Revue EPS*, 226, 54-59.
- de Méredieu, F. (2003). *Arts et nouvelles technologies: Art vidéo, art numérique*. Paris: Larousse.
- Donguy, J. (2001). Art corporel (p. 127-143). Dans R. Martel, (dir.), *Art action 1958-1998*. Québec: Éditions Intervention.
- Dumas-Parmentier, S. (1953). *Les œuvres chorégraphiques et le droit d'auteur* (thèse de doctorat inédite). Université de Paris.
- Époque, M. (dir.) (1995). *Arts et technologies: Nouvelles approches de la création artistique*. Montréal: Méridien.
- Febvre, M. (1995). *Danse contemporaine et théâtralité*. Paris: Chiron.
- Fontaine, G. 2007. Myriam Gourfink: Danse, écriture et nouvelles technologies. Dans J.-M. Lachaud et O. Lussac (dir.), *Arts et nouvelles technologies* (p. 191-196). Paris: L'Harmattan.
- Gómez-Peña, G. (2004). In defence of performance art. Dans A. Heathfield, (dir.), *Live: Art and Performance* (p. 76-85). New York: Routledge.
- Goodman, N. (1990). *Langages de l'art: Une approche de la théorie des symboles* (J. Morizot, trad.). Nîmes: Jacqueline Chambon. (Original publié en 1968)
- Halprin, L. (2010). Les cycles RSVP: Dispositifs de création dans le champ des activités humaines. Dans B. Andrien et F. Corin (dir.), *De l'une à l'autre: Composer, apprendre et partager en mouvements* (p. 8-32). Bruxelles: Contredanse.
- Herbison-Evans, D. (1988). Dance, video, notation and computers. *Leonardo*, 21, 45-50.
- Herbison-Evans, D. et Politis, G. (1988). Computer choreotogy project at the University of Sydney. *Leonardo*, 21, 34-38.
- Huesca, R. (2007). Images. Est-ce toujours de la danse ? Dans J.-M. Lachaud et O. Lussac (dir.), *Arts et nouvelles technologies* (p. 173-190). Paris: L'Harmattan.
- Humphrey, D. (1959). *The art of making dances*. New York: Grove Press.

- Hutchinson-Guest, A. (1984). *Dance notation, the process of recording movement on paper*. Londres: Dance Books.
- Jaffré, O. (2007). *Danse et nouvelles technologies: Enjeux d'une rencontre*. Paris: L'Harmattan.
- Jimenez, M, (dir.). (2006). *La création artistique face aux nouvelles technologies*. Paris: Klincksieck.
- Jones, A. (2004). Working with the flesh: a meditation in nine movements. Dans A. Heathfield (dir.), *Live: Art and performance* (p. 132-143). New York: Routledge.
- Kranz, S. (1974). *Science and technology in the arts: A tour through the realm of science/art*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Lachaud, J.-M. et Lussac, O. (dir.). (2007). *Arts et nouvelles technologies*. Paris: L'Harmattan.
- Laplace-Claverie, H. (2001). *Écrire pour la danse: Les livrets de ballet de Théophile Gautier à Jean Cocteau (1870-1914)*. Paris: Honoré Champion.
- Lapointe, F.-J. (2011). Bio art + body art = inner-body art (with a typology of biotechnological art). *International Journal of the Arts in Society*, 6(3), 1-7.
- León, G. (2010). *La condition de performance* (E. Labarias, trad.). Québec: Nota Bene. (Original publié en 2001)
- Loupe, L. (dir). (1991). *Danses tracées: Dessins et notations de chorégraphes*. Paris: Dis Voir.
- Loupe, L. (2007). *Poétique de la danse contemporaine: La suite*. Bruxelles: Contredanse.
- Martel, R. (2002). Quand les attitudes deviennent comportement. Dans R. Martel (dir.), *Art action 1958-1998* (p. 10-20). Québec: Éditions Intervention.
- Morosoli, J. (2007). *L'Installation en mouvement: Une esthétique de la violence*. Trois-Rivières, QC: Editions d'Art le Sabord.
- Nemser, C. (1971). Subject/object body art. *Arts Magazine*, 46(sept/oct), 38-42.

- Paul, C. (2004). *L'art numérique*. Paris: Thames et Hudson.
- Peccatte, P. 2010. Retour sur la théorie de la notation de Nelson Goodman. *Déjà Vu*, 9 mai. Consulté à l'adresse <http://culturevisuelle.org/dejavu/167>
- Pluchart, F. (1971). Body as art. *Artitudes*, 1, 5-8.
- Poissant, L. (dir.). (2003). *Esthétique des arts médiatiques: Interfaces et sensorialité*. Sainte-Foy, QC: Presses de l'Université du Québec.
- Pontbriand, C. (1998). Notions de performance. Dans C. Pontbriand (dir.) *Fragments critiques (1978-1998)* (p. 19-33). Paris: Chambron.
- Pougin, A. (1885). *Dictionnaire historique et pittoresque du théâtre et des arts qui s'y rattachent*. Paris: Firmin-Didot.
- Poulin, D. (1995). La danse: Un nouvel espace en perspective. Dans M. Époque (dir.), *Arts et technologies: Nouvelles approches de la création artistique* (p. 157-163). Montréal: Méridien.
- Poulin, D. (2012). *Les espace infochorégraphiques de la danse sans corps* (thèse de doctorat inédite). Université du Québec à Montréal.
- Robinson, J. (1981). *Éléments du langage chorégraphique*. Paris: Vigot.
- Roux, C. (1997). *Danse(s) performative(s): Enjeux et développements dans le champ chorégraphique français (1933-2003)*. Paris: L'Harmattan.
- Rush, M. (2005). *Les nouveaux médias dans l'art*. Paris: Thames et Hudson.
- Sag, J.-P. (2009). Corps et représentation dans la performance. Dans M. Jimenez (dir.), *Corps et arts* (p. 199-209). Paris: Klincksieck.
- Serres, J.-C. (1976). Danse et créativité. *Revue EPS*, 142, 38-40.
- Sinsheimer, R., Pennington, J. et Rankaitis, S. (2003). *SPR Synthesis Project*. Washington, DC : Smithsonian Institution.
- Srinivasan, K. et Saigal, R. (2004). *Dancing Nature's Art*. Boston: Tufts University.
- Waehner, K. (1993). *Outillage chorégraphique: Manuel de composition*. Paris: Vigot.

- Wilson, S. (2002). *Information arts: Intersection of art, science, and technology*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Wilson, S. (2010). *Art + science* (G. Berton, trad.). Paris: Thames et Hudson. (Original publié en 2010)
- Zeitoun, Y. (2010). *Danse et nouvelles technologies: Inscrire le corps dans les dispositifs interactifs* (mémoire de fin d'études inédit). École Normale Supérieure Louis Lumière, Noisy-le-Grand, France.
- Zumthor, P. (1990). *Performance, réception, lecture*. Longueuil: Éditions du Préambule.

Chapitre 3

- Bacon, F. (1986). *Novum organum* (M. Malherbe et J.-M. Pousseur, trad.). Paris: Presses Universitaires de Presse. (Original publié en 1620)
- Bourdieu P. (1992). *Réponses*. Paris: Seuil.
- Burian, R. M. (sous presse). Experimentation, exploratory. Dans W. Dubitzky, O, Wolkenhauer, H. Yokota, et K.-H. Cho (dir.), *Encyclopedia of systems biology*. New York: Springer.
- Carroll, N. (2000) Interpretation and intention: The debate between hypothetical and actual intentionalism. *Metaphilosophy*, 31, 75-95.
- Chevrier J. (1992). La spécification de la problématique. Dans B. Gauthier (dir.) *Recherche sociale: de la problématique à la collecte des données* (p. 49-78). Québec, Presses de l'Université du Québec.
- Church, G. M. (2005). From systems biology to synthetic biology. *Molecular Systems Biology*, 29, 1-2.
- Copeland, R. (1984). *Merce Cunningham: The modernizing of modern dance*. New York: Routledge.
- Develay, M. (1989). Sur la méthode expérimentale. *Aster*, 8, 3-14.
- Doueïhi, M. (2011). *Pour un humanisme numérique*. Paris: Seuil.

- Glass, D. J. (2006). *Experimental design for biologists*. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Groulx, L. H. (1997). Querelles autour des méthodes. *Socio-anthropologie*, 2. Consulté à l'adresse <http://socio-anthropologie.revues.org/index30.html>
- Hacking, I. (1983). *Representing and intervening: Introductory topics in the philosophy of natural science*. Cambridge University Press.
- Hall, L. R. (2005). Exploratory experiments. *Philosophy of Science*, 72, 888-899.
- Hutcheon, P. D. (1995). Popper and Kuhn on the evolution of science. *Brock Review*, 4, 28-37.
- Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. The University of Chicago Press.
- Lafontaine, C. (2004). *L'empire cybernétique: Des machines à penser à la pensée machine*. Paris: Seuil.
- Lapointe, F.-J. et Époque, M. (2011). In vivo/in silico/in vitro: The death of the choreographer ? Dans R. Hughes et J. Sundén (dir.), *Second nature: Origins and originality in art, science, and new media* (p. 173-191). Stockholm: Axl Books.
- Lavender, L. (1997). Intentionalism, anti-intentionalism, and aesthetic inquiry: Implications for the teaching of choreography. *Dance Research Journal*, 29, 23-42.
- Maturana, H., et Varela, F. (1998). *The tree of knowledge*. Boston: Shambhala Press.
- Popper, K. R. (1963). *Conjectures and refutations: The growth of scientific knowledge*. New York: Routledge.
- Popper, K. R. (1984). *La Logique de la découverte scientifique* (N. Thyssen-Rutten et P. Deveaux, trad.). Paris: Payot. (Original publié en 1934)
- Reynolds, N. et McCormick, M. (2003). *No fixed points: Dance in the twentieth century*. New Haven, NJ: Yale University Press.
- Thom, R. (1985). La méthode expérimentale: Un mythe des épistémologues (et des savants ?). *Le Débat*, 34, 11-20.

Trudel, L., Simard, C. et Vonarx, N. (2007). La recherche qualitative est-elle nécessairement exploratoire ? *Recherches Qualitatives (Hors Série)*, 5, 38-45.

von Foerster, H. (1974). *The cybernetics of cybernetics*. Urbana, IL: University of Illinois Press.

Wiener, N. (1950). *The human use of human beings: Cybernetics and society*. Boston: Houghton Mifflin.

Chapitre 4

Aaron, A. (2004). Le « Livre » de Mallarmé de Jacques Scherer. *La Revue Moutarde*, 6, 4. Consulté à l'adresse <http://larevuemoutarde.free.fr/numeros/06/06-04.htm>

Aish, D. A. (1938). *La métaphore dans l'œuvre de Stéphane Mallarmé* (thèse de doctorat inédite). Université de Paris.

Aristote (1990). *La physique* (A. Stevens, trad.). Paris: Vrin.

Borges, J. L. (1944). *La bibliothèque de Babel*. Dans *Fictions*. Paris: Gallimard.

Boschot, A. (1923, 4 octobre). Le wagnérisme de Stéphane Mallarmé. *L'Echo de Paris*. p. 4.

Breton, A. (1964). *Nadja*. Paris: Livre de Poche.

Bronner, G. (2007). *Coïncidences: Nos représentations du hasard*. Paris: Vuibert.

Cage, J. (1961). *Silence: Lectures and writings*. Middletown, CT: Wesleyan University Press.

Cage, J. (1968). Time to walk in space. *Dance Perspectives*, 34.

Calvino, I. (1981). *Si par une nuit d'hiver un voyageur*. Paris: Seuil.

Chapleau, A. (1996). *Hasard et littérature, trois cas exemplaires: Calvino, Auster et Kundera* (mémoire de maîtrise inédit). Université du Québec à Montréal.

Cournot, A.-A. (1843). *Exposition de la théorie des chances et des probabilités*. Paris: Vrin.

- Darsow, G.-L. (2005). *Mystique et modernité: Hasard et improvisation*. Dans H. Béhar et C. Dufour (dir.), *Dada: Circuit total* (p. 486-492). Lausanne: L'âge d'Homme.
- de Gubernatis, R. (1990). *Cunningham*. Paris: Bernard Coutaz.
- Delfiner, J. (2005). *Black Mountain Dada*. Dans H. Béhar et C. Dufour (dir.), *Dada: Circuit total* (p. 437-443). Lausanne: L'âge d'Homme.
- Fetterman, W. B. (1992). *John Cage's theatre pieces: Notations and performances* (thèse de doctorat inédite). New York University.
- Gayon, J. (2005). *Évolution et hasard*. *Laval Théologique et Philosophique*, 61, 527-537.
- Greskovic, R. (1991, 5 mai). *Dancing with a mouse*. *Los Angeles Times*.
- Harris, M. E. (1987). *The arts at Black Mountain College*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hopcke, R. (1997). *There are no accidents : Synchronicity and the stories of our lives*. New York: Penguin.
- Jung, C. G. (1988). *Synchronicité et paracelsica* (C. Maillard et C. Pflieger-Maillard, trad.). Paris: Albin Michel. (Original publié en 1971)
- Köhler, E. (2000). *Le hasard en littérature: Le possible et la nécessité*. Paris: Klincksieck.
- Kundera, M. (1990). *L'Immortalité*. Paris: Gallimard.
- Lejeune, D. (2007). *Qu'est-ce que le hasard ? Psychologie, science, arts, philosophie, société: Comment le hasard guide les hommes*. Paris: Max Milo.
- Lejeune, D. (2009). *The radical use of chance by André Breton, François Morellet and John Cage: And its relation to the philosophical system of Clément Rosset* (thèse de doctorat inédite). University of Reading, Royaume-Uni.
- Lorenz, E. N. (1993). *Un battement d'aile de papillon au Brésil peut-il déclencher une tornade au Texas ?* *Alliage*, 22, 42-45.

- Magrelli, V. (2005). Dada-Dudu: Entre Kafka et Duchamp. Dans H. Béhar et C. Dufour (dir.), *Dada: Circuit total* (p. 17-23). Lausanne: L'âge d'Homme.
- Mallarmé, S. (1914). *Un coup de dés jamais n'abolira le Hasard*. Paris: Nouvelle Revue Française. (Original publié en 1897).
- Mallarmé, S. (1991). *Autobiographie: Lettre à Verlaine*. Paris: L'Échoppe. (Lettre originale datant du 16 novembre 1885).
- Marivaux, P. (2005). *Le jeu de l'amour et du hasard*. Paris: Hachette. (La pièce originale fut présentée le 23 janvier 1730).
- Martin, T. (2007). L'épistémologie probabiliste de Cournot. Dans J.-P. Touffut (dir.) *La société du probable. Les mathématiques sociales après Augustin Cournot* (p. 37-62). Paris: Albin Michel.
- Merlin, F. (2009). *Le hasard et les sources de la variation biologique: Analyse critique d'une notion multiple* (thèse de doctorat inédite). Université Paris 1 (Sorbonne).
- Monod, J. (1970). *Le hasard et la nécessité: Essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne*. Paris: Seuil.
- Mozart, W. A. (1973). *Melody Dicer (Musikalishes Würfelspiel)*. New York: Caroussel Publishing.
- Perec, G. (1969). *La disparition*. Paris: Denoël.
- Perec, G. (1972). *Les revenentes*. Paris: Chez René.
- Poincaré, H. (1908). *Science et méthode*. Paris: Flammarion.
- Queneau, R. (1947). *Exercices de style*. Paris: Gallimard.
- Queneau, R. (1961). *Cent mille milliards de poèmes*. Paris: Gallimard.
- Rhinehart, L. (1971). *The Dice Man*. New York: Harper Collins.
- Roubaud, J. (2001). Notes sur l'Oulipo et les formes poétiques. Dans M. Bénabou, J. Jouet, J. Roubaud et H. Mathews (dir.), *Un art simple et tout d'exécution: Cinq leçons de l'Oulipo, cinq leçons sur l'Oulipo* (p. 21-32). Clammecy, France: Circé.

- Scherer, J. (1957). *Le « Livre » de Mallarmé*. Paris: Gallimard.
- Strzalko, J., Grabski, J. et Kapitaniak, T. (2009). Les dés sont pipés. *Pour la Science*, 385, 30-36.
- Suter, P. (2005). Dada et le journal abstrait. Dans H. Béhar et C. Dufour (dir.), *Dada: Circuit total* (p. 493-501). Lausanne: L'âge d'Homme.
- Turner, S. S. (1990). John Cage's practical utopias. *Musical Times*, 130, 469-472.
- Tzara, T. (1921). Manifeste sur l'amour faible et l'amour amer. Dans *Dada est tatou. Tout est Dada* (p. 223-233). Paris: Garnier-Flamarion.
- Vaughan, D. (1997). *Merce Cunningham: Un demi-siècle de danse*. Paris: Plume.
- Wagner, B. (2005). L'acte de nomination dadaïste. Dans H. Béhar et C. Dufour (dir.), *Dada: Circuit total* (p. 24-30). Lausanne: L'âge d'Homme.
- Zweig, J. (1997). Ars combinatoria: Mystical systems, procedural art, and the computer. *Art Journal*, Fall, 20-29.

Chapitre 5

- Amado, M. (2008). On the work of Marta de Menezes. Dans M. Pandilovski (dir.), *Art in the biotech era* (p. 88-89). Adelaide: Experimental Art Foundation.
- Anker, S. et Nelkin, D. (2004). *The molecular gaze: Art in the genetic age*. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Ascott, R. (2008). Moistmedia art: when the jaguar lies down with the lamb. Dans M. Pandilovski (dir.), *Art in the biotech era* (p. 68-71). Adelaide: Experimental Art Foundation.
- Ballengée, B. (2007). The art of unnatural selection. Dans E. Kac (dir.), *Signs of life: Bio art and beyond* (p. 303-307). Cambridge, MA: MIT Press.
- Barron, S. (2005). Bioromantisme. Dans L. Poissant et E. Daubner (dir.), *Art et biotechnologie* (p. 55-67). Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Bec, L. (2005). Leçon d'épistémologie fabulatoire, N° 38. Dans L. Poissant et E. Daubner (dir.), *Art et biotechnologie* (p. 69-80). Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec.

- Benjamin, W. (2007). *L'œuvre d'art à l'époque de sa reproductibilité technique: Version de 1939* (M. de Gandillac et R. Rochlitz, trad.). Paris: Gallimard. (Original publié en 1939)
- Brodyk, A. (2008). Non ©ode code. Dans M. Pandilovski (dir.), *Art in the biotech era* (p. 76-86). Adelaide: Experimental Art Foundation.
- Browaeys, D. B. (2003). L'Art biotech ou quand l'art se fait chair. *L'Observatoire de la Génétique*, 10.
- Bulatov, D. (dir.). (2004). *Biomediale: Contemporary society and genomic culture*. Kaliningrad, Russie: The National Centre for Contemporary art.
- Bulatov, D. (2005). Ars chimaera: Aspects et problèmes structurels. Dans L. Poissant et E. Daubner (dir.), *Art et biotechnologie* (p. 81-97). Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Bureaud, A. (2002). Art biologique: Quelle esthétique ? *Art Press*, 276, 38-40.
- Buren, D. (1998). *A force de descendre dans la rue, l'art peut-il enfin y monter ?* Paris: Sens et Tonka.
- Clarke, K. (1996). From the blood of poets. *Art Journal*, 55, 34.
- Cloutier, M. (2006). *L'utilisation des biotechnologies dans l'œuvre d'Eduardo Kac et de Tissue Culture & Art Project: Discours, pratiques et enjeux* (mémoire de maîtrise inédit). Université du Québec à Montréal.
- Cointet, J.-P. (2004). *De la théorie scientifique à la pratique artistique, réflexions sur quelques réalisations artistiques actuelles relevant du bio art* (mémoire de maîtrise inédit). Université Paris I.
- Copfer, Z. (2012). Albasaurus: The world's first day-glo velocirabbit (Dear Mr. Kac). Consulté à l'adresse <http://sciencetotheart.com/dear-mr-kac-albasaurus>
- Davis, J. (1996). Microvenus. *The Art Journal*, 55, 70-74.
- Davis, J. (2003). L'origine du monde. Dans J. Hauser (dir.), *L'Art biotech'* (p. 63-70). Trézélan: Éditions Filigranes.
- Davis, J. (2007). Cases for genetic art. Dans E. Kac (dir.), *Signs of life: Bio art and beyond* (p. 250-266). Cambridge, MA: MIT Press.

- de Menezes, M. (2003). Le laboratoire comme atelier d'artiste. Dans J. Hauser (dir.), *L'Art biotech'* (p. 71-78). Trézélan: Éditions Filigranes.
- de Menezes, M. (2007). Art: In vivo and in vitro. Dans E. Kac (dir.), *Signs of life: Bio art and beyond* (p. 215-229). Cambridge, MA: MIT Press.
- Duvernay Bolens, J. (2001). La théorie de la récapitulation de Haeckel à Freud. *Topique*, 75, 13-34.
- Ede, S. (2005). *Art and science*. Londres: I. B. Taurisi.
- Feschotte, C. (2010). Virology: Bornavirus enters the genome. *Nature*, 463, 39-40.
- Fischer, H. (2005). Le mythe et ses doubles. Dans L. Poissant et E. Daubner (dir.), *Art et biotechnologie* (p. 139-148). Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Gessert, G. (1996). A brief history of art involving DNA. *Art Papers* (sept/oct 1996), 22-25.
- Gessert, G. (2001). Art is nature. *Art Papers* (mars/avril 2001), 16-19.
- Gessert, G. (2003). Notes sur l'art de la sélection végétale. Dans J. Hauser (dir.), *L'Art biotech'* (p. 47-55). Trézélan: Éditions Filigranes.
- Gessert, G. (2007). Why I breed plants. Dans E. Kac (dir.), *Signs of life: Bio art and beyond* (p. 185-197). Cambridge, MA: MIT Press.
- Gessert, G. (2008). Unverifiable claims in genetic art. Dans M. Pandilovski (dir.), *Art in the biotech era* (p. 8-12). Adelaide: Experimental Art Foundation.
- Gibbs, W. W. (2001). Art as a form of life. *Scientific American* (avril 2001), 40-41.
- Haeckel, E. (1866). *Generelle Morphologie der Organismen*. Reimer: Berlin.
- Hauser, J. (dir.). (2003a). *L'Art biotech'*. Trézélan: Éditions Filigranes.
- Hauser, J. (2003b). Gènes, génies, gênes. Dans J. Hauser (dir.), *L'Art biotech'* (p. 9-15). Trézélan: Éditions Filigranes.
- Heinich, N. (1997). *L'Art contemporain exposé aux rejets: Études de cas*. Paris: Hachette.

- Heinich, N. (1999b). Art contemporain et fabrication de l'inauthentique. *Terrain*, 33, 5-16.
- Jeremijenko, N. (2007). OneTree. Dans E. Kac (dir.), *Signs of life: Bio art and beyond* (p. 301-302). Cambridge, MA: MIT Press.
- Kac, E. (1998). Transgenic art. *Leonardo Electronic Almanac*, 6(11). Consulté à l'adresse <http://www.ekac.org/transgenic.html>
- Kac, E. (artiste) (2002). *Alba, the fluorescent bunny*. Seattle, WA: Henry Art Gallery.
- Kac, E. (2003a). Transformation du vivant – mutation de l'art. Dans J. Hauser (dir.), *L'Art biotech'* (p. 33-46). Trézélan: Éditions Filigranes.
- Kac, E. (2003b). GFP Bunny. *Leonardo*, 36, 97-102.
- Kac, E. (dir.). (2007a). *Signs of life: Bio art and beyond*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kac, E. (2007b). Art that looks you in the eye: Hybrids, clones, mutants, synthetics and transgenics. Dans E. Kac (dir.), *Signs of life: Bio art and beyond* (p. 1-27). Cambridge, MA: MIT Press.
- Lapointe, F.-J. (2010). La chute du mur biologique entre les espèces. *Médium*, 24/25, 140-156.
- Lapointe, F.-J. (2011). Bio art + body art = inner-body art (with a typology of biotechnological art). *International Journal of the Arts in Society*, 6(3), 1-7.
- Levy, E. K. (1996). Contemporary art and the genetic code: New models and methods of representation. *Art Journal*, 55, 20-24.
- Michaud, Y. (2003). Arts et biotechnologies. Dans J. Hauser (dir.), *L'Art biotech'* (p. 80-85). Trézélan: Éditions Filigranes.
- Nead, L. (2007). La matière de l'art. Dans J. Zeppetelli (commissaire), *Marc Quinn* [catalogue d'exposition] (p. 21-27). Montréal: DHC\ART Fondation pour l'art contemporain.
- Nelkin, D. (1996). The gene as a cultural icon: Visual images of DNA. *Art Journal*, 55, 56-61.

- Nelkin, D. (2007). Blood and bioethics in the biotechnology age. Dans E. Kac (dir.), *Signs of life: Bio art and beyond* (p. 113-123). Cambridge, MA: MIT Press.
- Nelkin, D. et Lindee, S. (1998). *La mystique de L'ADN*. Paris: Belin.
- Pandilovski, M. (dir.). (2008). *Art in the biotech era*. Adelaide: Experimental Art Foundation.
- Petit, H. (2006). Les « omics », qui lancent un nouveau défi à la génomique. *Biofutur*, 252, 41-44.
- Poissant, L. (2005). L'Art de réinventer la vie. Dans L. Poissant et E. Daubner (dir.), *Art et biotechnologie* (p. 1-16). Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Poissant, L. et Daubner, E. (dir.). (2005). *Art et biotechnologie*. Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Quinn, M. (2007). Genomic Portrait. Dans E. Kac (dir.), *Signs of life: Bio art and beyond* (p. 309-311). Cambridge, MA: MIT Press.
- Reichle, I. (2009). *Art in the age of technoscience: Genetic engineering, robotics, and artificial life in contemporary art*. New York: Springer.
- Rifkin, J. (1999). *The biotech century*. New York: Penguin.
- Roberts, S. C., Gosling, L. M., Carter, V. et Petrie, M. (2008). MHC-correlated odour preferences in humans and the use of oral contraceptives. *Proceedings of the Royal Society, Series B: Biological Sciences*, 275, 2715-2722.
- Samson, H. (2008). Figuration et esthétique de l'identité génétique: Autour de l'*Autoportrait génétique* de Gary Schneider. *Revue d'Art Canadienne*, 33, 66-74.
- Sichel, B. M. (1996). The era of the code. *Art Journal*, 55, 25-26.
- Thacker, E. (2005). *The global genome: Biotechnology, politics and culture*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Travis, J. (2000). Genes on display: DNA becomes part of the artist's palette. *Science News*, 158, 392-394.

- Wedekind, C., Seebeck, T., Bettens, F. et Paepke, A. J. (1995). MHC-dependent mate preferences in humans. *Proceedings of the Royal Society, Series B: Biological Sciences*, 1359, 245-249.
- Wilson, S. (2010). *Art + science* (G. Berton, trad.). Paris: Thames et Hudson. (Original publié en 2010)
- Zaretsky, A. (2005). *pFARM* Dans L. Poissant et E. Daubner (dir.), *Art et biotechnologie* (p. 353-362). Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Zeppetelli, J (commissaire). (2007). *Marc Quinn* [catalogue d'exposition]. Montréal: DHCART Fondation pour l'art contemporain.

Chapitre 6

- Adami, C., Ofria, C. et Collier, T. C. (2000). Evolution of biological complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 97, 4463-4468.
- Alankus, G., Bayazit, A. A. et Bayazit, O. B. (2005). Automated motion synthesis for dancing characters. *Journal of Computer Animation and Virtual Worlds*, 16, 259-271.
- Bezruczko, N. et Vimercati, A. B. (2004). Advances in measuring artistic judgment aptitude. *Leonardo*, 37, 187-188.
- Biles, J. A. (2003). GenJam in perspective: A tentative taxonomy for GA music and art systems. *Leonardo*, 36, 43-45.
- Birkhoff, G. D. (1933). *Aesthetic measure*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Blood, A. et Zatorre, R. J. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 98, 11818-11823.
- Bradford, J. H. et Côté-Laurence, P. (1995). An application of artificial intelligence to the choreography of dance. *Computers and the Humanities*, 29, 233-240.
- Bret, M., Tramus, M.-H. et Berthos, A. (2005). Interacting with an intelligent dancing figure: Artistic experiments at the crossroads between art and cognitive science. *Leonardo*, 38, 46-53.

- Burton, A. R. et Vladimirova, T. (1999). Generation of musical sequences with genetic techniques. *Computer Music Journal*, 23, 59-73.
- Cagnoni S., Dobrzeniecki A. B., Poli R. et Yanch J. C. (1999). Genetic-algorithm-based interactive segmentation of 3D medical images. *Image and Vision Computing Journal*, 17, 881-896.
- Carlson, K., Schiphorst, T. et Pasquier, P. (2011). Scuddle: Generating movement catalysts for computer-aided choreography. Dans D. Ventura, P. Gervás, D. F. Harrell, M. L. Maher, A. Pease et G. Wiggins (dir.), *Proceedings of the second international conference on computational creativity* (p. 123-128). Mexico: Universidad Autonoma Metropolitana.
- Charbonneau, P. (1995). Genetic algorithms in astronomy and astrophysics. *Astrophysical Journal Supplement*, 101, 309-334.
- Chen, S. H. (2002). *Genetic algorithms and genetic programming in computational finance*. Norwell, MA: Kluwer.
- Cho, S.-B. (2002). Towards creative evolutionary systems with interactive genetic algorithm. *Applied Intelligence*, 16, 129-138.
- Cointet, J.-P. (2004). *De la théorie scientifique à la pratique artistique, réflexions sur quelques réalisations artistiques actuelles relevant du bio art* (mémoire de maîtrise inédit). Université Paris I.
- Collomosse, J. (2007). Evolutionary search for the artistic rendering of photographs. Dans J. Romero et P. Machado (dir.), *The art of artificial evolution: A handbook on evolutionary art and music* (p. 39-62). Berlin: Springer.
- Cover, T. M. et Thomas, J. A. (1991). *Elements of information theory*. New York: John Wiley.
- Damereau, F. J. (1964). A technique for computer detection and correction of spelling errors. *Communications of the ACM*, 7, 171-176.
- Datta, R., Joshi, D., Li, J. et Wang, J. Z. (2006). Studying aesthetics in photographic images using a computational approach. *Lecture Notes in Computer Science*, 3953, 288-301.
- De Landa, M. (2002). Deleuze and the use of the genetic algorithm in architecture. *Architectural Design*, 71, 117-120.

- Eco, U. (1965). *L'œuvre ouverte*. Paris: Seuil.
- Eiben, A. E. (2007). Evolutionary reproduction of Dutch masters: The Mondrian and Escher evolvers. Dans J. Romero et P. Machado (dir.), *The art of artificial evolution: A handbook on evolutionary art and music* (p. 211-224). Berlin: Springer.
- Foucault, M. (1971). *L'ordre du discours*. Paris: Gallimard.
- Frowd, C. et Hancock, P. (2007). Evolving human faces. pp. Dans J. Romero et P. Machado (dir.), *The art of artificial evolution: A handbook on evolutionary art and music* (p. 189-210). Berlin, Springer.
- Galanter, P. (2003). What is generative art? Complexity theory as a context for art theory. Dans *Proceedings of the sixth generative arts conference* (p. 1-21). Milan, Italie.
- Gen, M. et Cheng, R. (2000). *Genetic algorithms and engineering optimization*. New York: John Wiley.
- Gessert, G. (2003). Notes sur l'art de la sélection végétale. Dans J. Hauser (dir.), *L'Art biotech'* (p. 47-55). Trézélan: Éditions Filigranes.
- Goldberg, D. E. (1989). *Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Graham, I. J., Case, K. et Wood, R. L. (2001). Genetic algorithms in computer-aided design. *Journal of Materials Processing Technology*, 117, 216-221.
- Greenfield, G. (2007). Co-evolutionary methods in evolutionary art. Dans J. Romero et P. Machado (dir.), *The art of artificial evolution: A handbook on evolutionary art and music* (p. 357-380). Berlin: Springer.
- Grossman, E. D. et Blake, R. (2002). Brain areas active during visual perception of biological motion. *Neuron*, 35, 1167-1175.
- Hagendoorn, I. (2003). Cognitive dance improvisation: how study of the motor system can inspire dance (and vice versa). *Leonardo*, 36, 221-227.
- Hagendoorn, I. (2004). Some speculative hypotheses about the nature and perception of dance and choreography. *Journal of Consciousness Studies*, 11, 79-110.

- Jeffries, N. O. (2004). Performance of a genetic algorithm for mass spectrometry proteomics. *BMC Bioinformatics*, 5, 180.
- Ji, S. (1999). The linguistics of DNA: Words, sentences, grammar, phonetics, and semantics. *Annals of the New York Academy of Science*, 870, 411-417.
- Johnson, C. G. (2003). Exploring sound-space with interactive genetic algorithms. *Leonardo*, 36, 51-54.
- Johnson, C. G. et Romero Cardalda, J. J. (2002). Genetic algorithms in visual art and music. *Leonardo*, 35, 175-184.
- Kimura, M. (1983). *The neutral theory of molecular evolution*. Cambridge University Press.
- Kolmogorov, A. (1968). Logical basis for information theory and probability theory. *IEEE Transactions on Information Theory*, 14, 662-664.
- Koshelev, M., Kreinovich, V. et Yam, Y. (1998). Towards the use of aesthetics in decision making: Kolmogorov complexity formalizes Birkhoff's idea. *Bulletin of the European Association for Theoretical Computer Science*, 66, 166-170.
- Koza, J. R. (1992). *Genetic programming: On the programming of computers by means of natural selection*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Lapointe, F.-J. (2005). Choreogenetics: The generation of choreographic variants through genetic mutations and selection. Dans F. Rothlauf (dir.), *Workshop proceedings of the genetic and evolutionary computation conference* (p. 366-369). New York: ACM Press.
- Lapointe, F.-J. (2008). L'analytique du sublime kantien et la démesure neuroesthétique. *Le Panoptique*, 26 avril. Consulté à l'adresse <http://www.lepanoptique.com/sections/arts-litterature/l'analytique-du-sublime-kantien-et-la-demesure-neuroesthetique/>
- Lemmon, A. R. et Millinkovitch, M. C. (2002). The metapopulation genetic algorithm: An efficient solution for the problem of large phylogeny estimation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99, 10516-10521.
- Levenshtein, V. I. (1966). Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals. *Soviet Physics Report*, 10, 707-710.

- Li, C. et Wang, J. (2005). Relative entropy of DNA and its application. *Physica A*, 347, 465-471.
- Lohn, J., Kraus, W. et Haith, G. (2002). Comparing a coevolutionary genetic algorithm for multiobjective optimization. Dans *Proceedings of the 2002 IEEE congress on evolutionary computation* (p. 1157-1162). Hawaii.
- Matić, D. (2010). A genetic algorithm for composing music. *Yugoslav Journal of Operations Research*, 20, 157-177.
- McCorduck, P. (1997). *AARON's code: Meta-art, artificial intelligence, and the work of Harold Cohen*. New York: W.H. Freeman.
- McCormack, J. (2005). Open problems in evolutionary music and art. *Lecture Notes in Computer Science*, 3449, 428-436.
- Melin, P., Urías, J., Solano, D., Soto, M., Lopez, M. et Castillo, O. (2006). Voice Recognition with neural networks, type-2 fuzzy logic and genetic algorithms. *Engineering Letters*, 2006, 108-116.
- Miranda, E. R. (2003). On the music of emergent behavior: What can evolutionary computation bring to the musician ? *Leonardo*, 36, 55-59.
- Nakazawa, M. et Paezold-Ruehl, A. (2009). Dancing, dance and Choreography: an Intelligent nondeterministic generator. Dans N. M. Berry (dir.), *Proceedings of the fifth Richard Tapia celebration of diversity in computing conference: Intellect, initiatives, insight, and innovations* (p. 30-34). New York: ACM Press.
- Nemirovsky, P. et Watson, R. (2003). Genetic improvisation model: A framework for real-time performance environments. *Lecture Notes in Computer Science*, 2611, 547-558.
- Ostrowski, E. A., Ofria, C. et Lenski, R. E. (2006). Ecological specialization and adaptive decay in digital organisms. *The American Naturalist*, 73, E2-E20.
- Özcan, E., et Erçal, T. (2008). A genetic algorithm for generating improvised music. *Lecture Notes in Computer Science*, 4926, 266-277.
- Parker, A., et Hamblen, J. O. (1989). Computer algorithms for plagiarism detection. *IEEE Transactions on Education*, 32, 94-99.

- Poissant, L. (2005). L'Art de réinventer la vie. Dans L. Poissant et E. Daubner (dir.), *Art et biotechnologie* (p. 1-16). Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Ramachandran, V. S. et Hirstein, W. (1999). The science of art: A neurological theory of aesthetic experience. *Journal of Consciousness Studies*, 6, 15-51.
- Ramirez, R. et Hazan, A. (2005). Understanding expressive music performance using genetic algorithms. *Lecture Notes in Computer Science*, 3449, 508-516.
- Roman-Roldan, R., Bernaola-Galvan, P. et Oliver, J. L. (1996). Application of information theory to DNA sequence analysis: A review. *Pattern Recognition*, 29, 1187-1194.
- Romero, J., Machado, P., Santos, A. et Cardoso, A. (2003). On the development of critics in evolutionary computation artists. *Lecture Notes in Computer Science*, 2611, 559-569.
- Romero, J. et Machado, P. (dir.). (2007). *The art of artificial evolution: A handbook on evolutionary art and music*. Berlin: Springer.
- Sarkar, S. (1996). Decoding « coding »: Information and DNA. *BioScience*, 46, 857-864.
- Schneider, T. D. (1997). Information content of individual genetic sequences. *Journal of Theoretical Biology*, 189, 427-441.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, 379-423 et 623-656.
- Sims, K. (1991). Artificial evolution for computer graphics. *Computer Graphics*, 25, 319-328.
- Soddu, C. (2002). New naturality: A generative approach to art and design. *Leonardo*, 35, 291-294.
- Stadler, C. M. (1982). Computers and choreography. Dans *Proceedings of the 2nd IEEE symposium on small computers in the arts* (p. 107-109). Philadelphia, PA.
- Todd, S. et Latham, W. (1992). *Evolutionary art and computer graphics*. New York: Academic Press.

- Turky, A. M., Ahmad, M. S. et Yusoff, M. Z. (2009). The use of genetic algorithm for traffic light and pedestrian crossing control. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 9, 88-96.
- Unehara, M. et Onisawa, T. (2003). Music composition system with human evaluation as human centered system. *Soft Computing*, 7, 167-178.
- Ventrella, J. J. (1994). *Disney meets Darwin: An evolution-based interface for exploration and design of expressive animated behavior* (mémoire de maîtrise inédit). Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- Verostko, R. (2002). Algorithmic fine art: Composing a visual arts score. Dans L. Candy et E. A. Edmonds (dir.), *Explorations in art and technology* (p. 131-136). London: Springer.
- Virčíková, M. et Sinčák, P. (2010). Dance choreography design of humanoid robots using interactive evolutionary computation. Dans *Human-friendly robotics: 3rd workshop for young researchers* (p. 1-3). Tübingen, Allemagne: Max Planck Institute.
- Wilke, C. O., Wang, J., Ofria, C., Adami, C. et Lenski, R. E. (2001). Evolution of digital organisms at high mutation rate leads to survival of the flattest. *Nature*, 412, 331-333.
- Williams, M. B. (1970). Deducing the consequences of evolution: A mathematical model. *Journal of Theoretical Biology*, 29, 343-385.
- Yu, T. et Johnson, P. (2003). Tour jeté, pirouette: Dance choreographing by computers. *Lecture Notes in Computer Science*, 2723, 156-157.
- Zeki, S. (2001). Artistic creativity and the brain. *Science*, 293, 51-52.
- Zhang, C. et Wong, A. K. C. (1997). A genetic algorithm for multiple molecular sequence alignment. *Computer Applications in Bioscience*, 13, 565-581.

Chapitre 7

- Cann, R. A., Stoneking, M. et Wilson, A. C. (1987). Mitochondrial DNA and human evolution. *Nature*, 325, 31-36.
- International Human Genome Sequencing Consortium. (2001). Initial sequencing and analysis of the human genome. *Nature*, 409, 860-921.

- International Human Genome Sequencing Consortium. (2004). Finishing the euchromatic sequence of the human genome. *Nature*, 431, 931-945.
- Lapointe, F.-J. (2005). Choreogenetics: The generation of choreographic variants through genetic mutations and selection. Dans F. Rothlauf (dir.), *Workshop proceedings of the genetic and evolutionary computation conference* (p. 366-369). New York: ACM Press.
- Lapointe, F.-J. et Époque, M. (2011). In vivo/in silico/in vitro: The death of the choreographer ? Dans R. Hughes et J. Sundén (dir.), *Second nature: Origins and originality in art, science, and new media* (p. 173-191). Stockholm: Axl Books.
- Moritz, C. et Cicero, C. (2004). DNA barcoding: Promise and pitfalls. *Public Library of Science*, 2, 1529-1531.
- Shipman, P. (2003). We are all Africans. *American Scientist*, 91, 496-499.
- Templeton, A. R. (1992). Human origins and analysis of mitochondrial DNA sequences. *Science*, 255, 737.
- Templeton, A. R. (2002). Out of Africa again and again. *Nature*, 416, 45-51.
- Chapitre 8**
- Ardenne, P. (2002). *Un art contextuel: Création artistique en milieu urbain, en situation, d'intervention, de participation*. Paris: Flammarion.
- Bailly, A. (1977). *La perception de l'espace urbain*. Paris: Centre de Recherche d'Urbanisme.
- Burel, F. et Baudry, J. (1999). *Écologie du paysage: Concepts, méthodes et applications*. Paris: TEC et DOC.
- Chadoir, P. (2000). *Discours et figures de l'espace public à travers les « arts de la rue », la ville en scène*. Paris: L'Harmattan.
- Cléro, J.-P. (2004). Sutures d'espace. Dans M. Sobieszanski et C. Lacroix (dir.), *Spatialisation en Art et Sciences Humaines* (p. 433-464). Paris: Peeters.
- Clidière, S., et de Morant, A. (2009). *Extérieur danse: Essai sur la danse dans l'espace public*. Montpellier: Éditions l'entretemps.

- Cohen, O.-J. (2002). *Comme un sublime esquif: Essais sur la danse contemporaine*. Paris: Séguier.
- Cramesnil, J. (2006). Point de vue de spectateur. Dans A. Gonon (dir.), *La relation au public dans les arts de la rue* (p. 82-87). Vic la Gardiole: L'Entretemps.
- Debord, G. (1955). Introduction à une critique de la géographie urbaine. *Les Lèvres Nues*, 6. <http://www.larevuedesressources.org/spip.php?article33>
- De Duve, T. (1989). Ex situ. *Les Cahiers du Musée National d'Art Moderne*, 27, 39-55.
- Fischer, G.-N. (1981a). *La psychosociologie de l'espace*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Guermond, Y. (2004). L'espace et le lieu. Dans M. Sobieszanski et C. Lacroix (dir.), *Spatialisation en art et sciences humaines* (p. 337-349). Paris: Peeters.
- Hall, E. T. (1971). *La dimension cachée* (A. Petita, trad.). Paris: Seuil. (Original publié en 1966)
- Heinich, N. (1998). *Le triple jeu de l'art contemporain*. Paris: Éditions de Minuit.
- Horowitz, M. L., Duff, D. F. et Stratton, L. D. (1965). Body buffer zone. *Principles of General Psychiatry*, 19, 651-656.
- Klopfer, P. H. (1969). *Habitats and territories: A study of the use of space by animals*. New York: Basic Books.
- Laban, R. (1966). *The language of movement: A guide book to Choreutics*. Boston: Plays.
- Magnard, P. (2000). Le lieu et l'espace. Dans J.-J. Wunenburger (dir.), *La renaissance ou l'invention d'un espace* (p. 47-58). Dijon: Centre Gaston Bachelard.
- Matossian, C. (1996). *Espace public et représentations*. Bruxelles: La Part de l'œil.
- Moles, A. A. et Rohmer, E. (1972). *Psychologie de l'espace*. Tournai: Casterman.
- Newlove, J. et Dalby, J. (2004). *Laban for all*. New York: Routledge.

- Perrin, J. (2010). *Disperse: Une chronologie d'événements spatiaux* (dialogue entre Alban Richard et Julie Perrin). Dans A. Boissière, V. Fabbri et A. Volvey (dir.), *Activité artistique et spatialité* (p. 221-234). Paris: L'Harmattan.
- Salignon, B. (2008). *Où ? L'art, l'instant, le lieu*. Paris: Cerf.
- Sartre, J.-P. (1943). *L'être et le néant: Essai d'ontologie phénoménologique*. Paris: Gallimard.
- Schwartz, E. (2008). Kinésphère. Dans P. Le Moal (dir.), *Dictionnaire de la danse* (p. 750). Larousse, Paris.
- Sommer, R. (1973). L'espace personnel. *La Recherche*, 4, 135-142.
- Tremblay, M. (2007). *Définition partielle des concepts de kinésphère et de dynamosphère comme outils d'interprétation en danse contemporaine* (mémoire de maîtrise inédit). Université du Québec à Montréal.

Chapitre 9

- Ardenne, P. (2006). Comment le temps fait l'œuvre. *L'Art Même*, 29, 2-4.
- Bachelard, G. (1950). *La dialectique de la durée*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Baudoin, B. (2007). *Le petit livre de sagesse du Dalai-Lama: 365 pensées et méditations quotidiennes*. Paris: Marabout.
- Bergson, H. (1948). *L'évolution créatrice*. Paris: Presses Universitaires de France. (Original publié en 1907)
- Biesenbach, K. (2010). *Marina Abramović: The artist is present*. New York: The Museum of Modern Art.
- Bourriaud, N. (2001). *Esthétique relationnelle*. Dijon: Presses du Réel.
- Bourriaud, N. (2005). Time specific: art contemporain, exploration et développement durable. Dans *Expérience de la durée: Biennale de Lyon 2005* [catalogue d'exposition] (p. 17-24). Paris: Paris Musées.

- Bourriaud, N. et Sans, J. (2005). Expérience de la durée (histoire d'une exposition). Dans *Expérience de la durée: Biennale de Lyon 2005* [catalogue d'exposition] (p. 11-16). Paris: Paris Musées.
- Buser, P. et C. Debru. (2011). *Le temps, instant et durée: De la philosophie aux neurosciences*. Paris: Odile Jacob.
- Clément, C. (1988). Le temps pour vivre et la durée pour respirer. *L'art du Théâtre*, 9, 73-78.
- Darwin, C. (1859). *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. Londres: John Murray.
- Deleuze, G. (1968a). *Différence et répétition*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Deleuze, G. (1968b). *Le bergsonisme*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Deleuze, G. (1992). L'épuisé. Dans *Quad et autres pièces pour la télévision* (de S. p. 57-106). Paris: Éditions de minuit.
- Dondero, M. G. (2007). Reproductibilité, faux parfaits et contrefaçons: Entre fétichisme artistique et goût esthétique. *Nouveaux Actes Sémiotiques*, 31 janvier. Consulté à l'adresse <http://revues.unilim.fr/nas/document.php?id=375>
- Eldredge, N. et Gould, S. J. (1972). Punctuated equilibria: An alternative to phyletic gradualism. Dans T. J. M. Schopf (dir.), *Models in paleobiology* (p. 82-115). San Francisco: Freeman Cooper.
- Geary, D. (2008). The legacy of punctuated equilibrium. Dans W. D. Allmon, P. H. Kelley et R. M. Ross (dir.), *Stephen Jay Gould: Reflections on his view of life* (p. 127-145). Oxford University Press.
- Goodman, N. (1990). *Langages de l'art: Une approche de la théorie des symboles* (J. Morizot, trad.). Nîmes: Jacqueline Chambon. (Original publié en 1968)
- Henderson, L. D. (1983). *The fourth dimension and non-Euclidean geometry in modern art*. Princeton University Press.
- Honoré, C. (2007). *Éloge de la lenteur*. Paris: Marabout.

- Husserl, E. (1983). *Leçons pour une phénoménologie de la conscience intime du temps* (H. Dussort, trad.). Paris: Presses Universitaires de France. (Original publié en 1905)
- International Human Genome Sequencing Consortium. (2004). Finishing the euchromatic sequence of the human genome. *Nature*, 431, 931-945.
- Lapointe, F.-J. (2008). L'analytique du sublime kantien et la démesure neuroesthétique. *Le Panoptique*, 26 avril. Consulté à l'adresse <http://www.lepanoptique.com/sections/arts-litterature/l'analytique-du-sublime-kantien-et-la-demesure-neuroesthetique/>
- Lapointe, F.-J., Kirsch, J. A. W. et Hutcheon, J. M. (1999). Total evidence, consensus and bat phylogeny: A distance-based approach. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 11, 55-66.
- Lapointe, F.-J. et Legendre, P. (1992). A statistical framework to test the consensus among additive trees (cladograms). *Systematic Biology*, 41, 158-171.
- Lapointe, F.-J. et Rissler, L. J. (2005). Consensus, congruence, and the comparative phylogeography of codistributed species in California. *The American Naturalist*, 166, 290-299.
- Lee, P. M. (2004). *Chronophobia: On time in the art of the 1960's*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Miquel, P.-A. (2004). De Darwin à Bergson. Dans J.-L. Vieillard-Baron (dir.), *Bergson, la durée et la nature* (p. 119-135). Paris: Presses Universitaires de France.
- Morosoli, J. (2007). *L'Installation en mouvement: Une esthétique de la violence*. Trois-Rivières, QC: Editions d'Art le Sabord.
- Opalka, R. (1991). *Rencontre par la séparation*. Munich: Walter Storms.
- Paty, M. (2001). Réflexions sur le concept de temps. *Revista de Filosofia*, 25, 53-92.
- Pontbriand, C. (1998). Notions de performance. Dans C. Pontbriand (dir.) *Fragments critiques (1978-1998)* (p. 19-33). Paris: Chambron.
- Ryberg, J. (1998). On Goodman's autographic/allographic distinction. *Danish Yearbook of Philosophy*, 33, 71-83.

- Sans, J. et Bourriaud, N. (2006). L'expérience de la durée. Dans T. Raspail et G. Wormser (dir.), *L'Expérience de la durée* (p. 111-116). Lyon: Parangon.
- Tolle, E. (1997). *The power of now: A guide to spiritual enlightenment*. Vancouver: Namaste Publishing.
- Worms, F. (2003). L'art et le temps chez Bergson: Un problème philosophique au coeur d'un moment historique. *Mil Neuf Cent – Revue d'Histoire Intellectuelle*, 21, 153-166.
- Worms, F. (2004). *Bergson ou les deux sens de la vie*. Paris: Presses Universitaires de France.

Chapitre 10

- Amey, C. (2009). Le corps et son milieu. Dans M. Jimenez (dir.), *Corps et arts* (p. 11-22). Paris: Klincksieck.
- Bläsing, B. (2010). The dancer's memory: Expertise and cognitive structures in dance. Dans B. Bläsing, M. Puttke et T. Schack (dir.), *The neurocognition of dance* (p. 75-98). Londres, Psychology Press.
- Cohen, O.-J. (2002). *Comme un sublime esquif: Essais sur la danse contemporaine*. Paris: Séguier.
- Crémézi, S. (1997). *La signature de la danse contemporaine*. Paris: Chiron.
- Dawkins, R. (1976). *The selfish gene*. New York: Oxford University Press.
- Fabbri, V. (2010). Lacan, Laban: Topologie de la danse. Dans A. Boissière, V. Fabbri et A. Volvey (dir.), *Activité artistique et spatialité* (p. 191-219). Paris: L'Harmattan.
- Fagot-Largeault, A. (1994). L'individuation en biologie. Dans G. Simondon (dir.), *Une pensée de l'individuation et de la technique* (p. 19-54). Paris: Albin Michel.
- Friedman, J. M. (1980). *Dancer and other aesthetic objects*. San Francisco: Balletmonographs.
- Goldberg, R. (2004). *Performance: Live art since the 60s*. New York: Thames et Hudson.

- Heinich, N. (1998). *Le triple jeu de l'art contemporain*. Paris: Éditions de Minuit.
- Heinich, N. (1999a). Les rejets de l'art contemporain. *Publics et Musées*, 16, 151-162.
- Ide, P. (2004). *Le zygote est-il une personne humaine ?* Paris: Pierre Téqui.
- Jung, C. G. (1933). *Dialectique du moi et de l'inconscient*. Paris: Gallimard.
- Kilner, J. M., Vargas, C., Duval, S., Blakemore, S.-J. et Sirigu, A. (2004). Motor activation prior to observation of a predicted movement. *Nature Neuroscience*, 7, 1299-1301.
- Kitabgi, S. et Hanifi, I. (2003). La sociologie et le corps: Généalogie d'un champ d'analyse. Dans L. Ciosi-Houcke et M. Pierre (dir), *Le corps sens dessus dessous: Regards des sciences sociales sur le corps* (p. 21-67). Paris: L'Harmattan.
- Lapointe, F.-J. (2011). Bio art + body art = inner-body art (with a typology of biotechnological art). *International Journal of the Arts in Society*, 6(3), 1-7.
- Marzano, M. (2007). *La philosophie du corps*. Paris: Presses Universitaire de France.
- Mayen, G. (2004). *La danse contemporaine: Pour une chorégraphie des regards*. Paris: Centre Pompidou.
- Milon, A. (2005). *La réalité virtuelle? Avec ou sans corps*. Paris: Éditions Autrement.
- O'Dell, K. (1998). *Contract with the skin: masochism, performance art, and the 1970s*. Minneapolis, MI: University of Minnesota Press.
- O'Reilly, S. (2009). *The body in contemporary art*. Londres: Thames et Hudson.
- Orlan. (1999). Manifeste de « l'art charnel ». *La Voix du Regard*, 12, 49-58.
- Roussel, D. (2008). *L'actionnisme viennois et les autrichiens*. Dijon: Presses du Réel.
- Simondon, G. (2005). *L'individuation à la lumière des notions de forme et d'information*. Grenoble: Millon. (Original publié en 1964)

Vasilescu, M. A. O. (2002). Human motion signatures: Analysis, synthesis, recognition. Dans R. Kasturi, D. Laurendeau et C. Suen (dir.), *Proceedings of the 16th international conference on pattern recognition* (p. 456-460). Washington, IEEE Computer Society.

Vergine, L. (2007). *Body art and performance: The body as language*. Milan: Skira.

Wilson, S. (2010). *Art + science* (G. Berton, trad.). Paris: Thames et Hudson. (Original publié en 2010)

Žižek, S. (2008). *Organes sans corps: Deleuze et conséquences* (C. Jacquet, trad.). Paris: Éditions Amsterdam. (Original publié en 2004)

Chapitre 11

Ardenne, P. (2002). *Un art contextuel: Création artistique en milieu urbain, en situation, d'intervention, de participation*. Paris: Flammarion.

Berrol, C. F. (2006). Neuroscience meets dance/movement therapy: Mirror neurons, the therapeutic process and empathy. *The Arts in Psychotherapy*, 33, 302-315.

Boissier, J.-L. (2008). *La relation comme forme: L'interactivité en art*. Dijon: Presses du Réel.

Boucher, M. (2002). *De la rencontre, à la scène, du corps dansant et de l'image mouvement projetée: Vers la synesthésie cinétique* (thèse de doctorat inédite). Université du Québec à Montréal.

Boucher, M. (2009). Les effets synesthésiques de la danse dans les scénographies multimédias. *Archée*, décembre 2009. Consulté à l'adresse <http://archee.qc.ca/ar.php?page=article&no=338>

Bourriaud, N. (2001). *Esthétique relationnelle*. Dijon: Presses du Réel.

Bret, C. (2008). George Brecht: Vers une logique de la relation. *Inter: Art Actuel*, 101, 30-32.

Brown, S., Martinez, M. J. et Parsons, L. M. (2006). The neural basis of human dance. *Cerebral Cortex*, 16, 1157-1167.

Brown, S. et Parsons, L. M. (2008). The neuroscience of dance. *Scientific American* (juillet 2008), 78-83.

- Calvo-Merino, B., Glaser, D. E., Grèzes, J., Passingham, R. E. et Haggard, P. (2005). Action observation and acquired motor skills: An fMRI study with expert dancers. *Cerebral Cortex*, 15, 1243-1249.
- Corin, F. (dir.). (2006). *Scientifiquement danse: Quand la danse puise aux sciences et réciproquement*. Bruxelles: Contredanse.
- Crémézi, S. (1997). *La signature de la danse contemporaine*. Paris: Chiron.
- Cross, E. S., Hamilton, A. F. de C. et Grafton, S. T. (2006). Building a motor simulation de novo: Observation of dance by dancers. *Neuro Image*, 31, 1257-1267.
- Danto, A. (1993). *L'assujettissement philosophique de l'art* (C. Hary-Schaeffer, trad.). Paris: Seuil. (Original publié en 1986)
- Daubner, E. (2005). Hybrides culturels: biofictions, biocyborgs et agents artificiels. Dans L. Poissant et E. Daubner (dir.), *Art et biotechnologie* (p. 17-42). Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Delouée, S. (2007). *La psychologie des foules: Recueil des textes – XIX^e XX^e siècles*. Paris: L'Harmattan.
- De Maupassant, G. (1882, 23 mars). Les foules. *Le Gaulois*.
- Di Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V. et Rizzolatti, G. (1992). Understanding motor events: A neurophysiological study. *Experimental Brain Research*, 91, 176-180.
- Edwards, D. (2011). *Le manifeste du laboratoire*. Paris: Odile Jacob.
- Fischer, H. (1981b). *L'histoire de l'art est terminée*. Paris: Balland.
- Foster, S. L. (2010). *Choreographing empathy: Kinesthesia in performance*. Londres: Routledge.
- Fullum-Locat, G. (2007). *L'esthétique relationnelle: Une étude de cas: Les actions artistiques de Sylvie Cotton* (mémoire de maîtrise inédit). Université du Québec à Montréal.
- Godard, H. (1992). Le déséquilibre fondateur. *Art Press, Hors Série N° 13*, 138-143.

- Gonon, A. (2007). *Ethnographie du spectateur : Le théâtre de rue, un dispositif communicationnel analyseur des formes et récits de la réception* (thèse de doctorat inédite). Université de Bourgogne, Dijon.
- Heinich, N. (1998). *Le triple jeu de l'art contemporain*. Paris: Éditions de Minuit.
- Le Bon, G. (1971). *La psychologie des foules*. Paris: Les Presses Universitaires de France. (Original publié en 1895)
- Leroy, C. (2001). Corps mouvant « charnel » et phénoménologie de l'empathie kinesthésique. *Synergies Pays Riverains de la Baltique*, 8, 45-52.
- Meyer, H. (2008). La participation de l'assistance dans l'art de la performance. *Inter: Art Actuel*, 101, 32-34.
- Morosoli, J. (2007). *L'Installation en mouvement: Une esthétique de la violence*. Trois-Rivières, QC: Editions d'Art le Sabord.
- Park, R. E. (2007). *La foule et le public*. Lyon: Parangon.
- Reason, M. et Reynolds, D. (2010). Kinesthesia, empathy, and related pleasures: An inquiry into audience experiences of watching dance. *Dance Research Journal*, 42, 49-75.
- Rizzolatti, G. et Craighero, L. (2005). Mirror neuron: A neurological approach to empathy. Dans J.-P. Changeaux, A. R. Damasio, W. Singer et Y. Christen (dir.), *Neurobiology of human values* (p. 107-124). Berlin: Springer.
- Rizzolatti, G., Fogassi, L. et Gallese, V. (2001). Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nature Neuroscience Reviews*, 2, 661-670.
- Rizzolatti, G. et Sinigaglia C. (2008). *Les neurones miroirs* (M. Raiola, trad.). Paris: Odile Jacob. (Original publié en 2006)
- Rubidge, S. (2004). Action, réaction et interaction. Dans F. Corin (dir.), *Interagir avec les technologies numériques* (p. 50-61). Bruxelles: Contredanse.
- Sauvageot, P. (2006). J'ai beaucoup aimé ton dernier public. Dans A. Gonon (dir.), *La relation au public dans les arts de la rue* (p. 71-72). Vic la Gardiole: L'Entretemps.

- Taillard, A. (2006). Le public des arts de la rue ? Vaste question ! Dans A. Gonon (dir.), *La relation au public dans les arts de la rue* (p. 41-42). Vic la Gardiole: L'Entretemps.
- Thon, B. et Cadopi, M. (2005). Penser le mouvement. Dans M. Borillo (dir.), *Approches cognitives de la création artistique* (p. 79-95). Sprimont: Mardaga.
- Zeitoun, Y. (2010). *Danse et nouvelles technologies: Inscrire le corps dans les dispositifs interactifs* (mémoire de fin d'études inédit). École Normale Supérieure Louis Lumière, Noisy-le-Grand, France.

Chapitre 12

- Agrawal, A. A. (2005). Corruption of journal impact factors. *Trends in Ecology and Evolution*, 20, 157.
- Danto, A. (1993). *L'assujettissement philosophique de l'art* (C. Hary-Schaeffer, trad.). Paris: Seuil. (Original publié en 1986)
- Fischer, H. (1981b). *L'histoire de l'art est terminée*. Paris: Balland.
- Guérin, M. (2007). L'expérience des limites. Dans M. Guérin et P. Navarro (dir.), *Les limites de l'œuvre* (p. 13-19). Aix-en-Provence: Publications de l'Université de Provence.
- Heinich, N. (1997). *L'Art contemporain exposé aux rejets: Études de cas*. Paris: Hachette
- Heinich, N. (1998). *Le triple jeu de l'art contemporain*. Paris: Éditions de Minuit.
- Lavender, L. (1997). Intentionalism, anti-intentionalism, and aesthetic inquiry: Implications for the teaching of choreography. *Dance Research Journal*, 29, 23-42.
- Martin, C. (2011). *Signifiances de l'art: Définir l'artistique ?* Montréal: Liber.
- Milon, A. (2005). *La réalité virtuelle? Avec ou sans corps*. Paris: Éditions Autrement.
- Moles, A. A. (1972). *Théorie de l'information et perception de l'esthétique*. Paris: Denoël. (Original publié en 1958)

- Ramsden, J. J. (2009). Impact factors: A critique. *Journal of Biological Physics and Chemistry*, 9, 139-140.
- Rosenberg, H. (1992). *La dé-définition de l'art* (C. Bounay, trad.). Paris: Chambon. (Original publié en 1972)
- Schaeffer, J.-M. (1996). *Les célibataires de l'art: Pour une esthétique sans mythes*. Paris: Gallimard.
- Schaeffer, J.-M. (2000). *Adieu à l'esthétique*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Seglen, P. O. (1997). Why the impact factor of journals should not be used for evaluating research. *British Medical Journal*, 314, 498-502.
- Wimsatt, W. K. et Beardsley, M. C. (1946). The intentional fallacy. *Sewanee Review*, 54, 468-488.

Chapitre 13

- Ackerman, J. S. (1998). Leonardo Da Vinci: Art in science. *Daedalus*, 127, 207-224.
- Alfert, M. (1986). Creativity and merit in art and science. *Leonardo*, 19, 323-328.
- Ardenne, P. (2002). *Un art contextuel: Création artistique en milieu urbain, en situation, d'intervention, de participation*. Paris: Flammarion.
- Bernard, C. (1966). *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. Paris: Flammarion. (Original publié en 1865)
- Boisot, M. (1972). Discipline et interdisciplinarité. Dans L. Apostel, G. Berger, A. Briggs et G. Michaud (dir.), *L'interdisciplinarité: Problèmes d'enseignement et de recherche dans les universités* (p. 90-97). Paris: OCDE.
- Bourriaud, N. (2001). *Esthétique relationnelle*. Dijon: Presses du Réel.
- Bunt, S. (2008). The role of the scientist and science in bio-art. Dans M. Pandilovski (dir.), *Art in the biotech era* (p. 62-67). Adelaide: Experimental Art Foundation.
- Cointet, J.-P. (2004). *De la théorie scientifique à la pratique artistique, réflexions sur quelques réalisations artistiques actuelles relevant du bio art* (mémoire de maîtrise inédit). Université Paris I.

- Crombie, A. C. (1996). Styles et traditions de la science occidentale. *Alliages*, 26, 3-12.
- Deleuze, G. et Guattari, F. (1976). *Rhizome*. Paris: Éditions de Minuit.
- de Menezes, M. (2003). Le laboratoire comme atelier d'artiste. Dans J. Hauser (dir.), *L'Art biotech'* (p. 71-78). Trézélan: Éditions Filigranes.
- de Menezes, M. (2007). Art: In vivo and in vitro. Dans E. Kac (dir.), *Signs of life: Bio art and beyond* (p. 215-229). Cambridge, MA: MIT Press.
- Dombois, F. (2009). L'art comme recherche: Esquisse d'un mode d'emploi à usage personnel. Dans E. During, L. Jeanpierre, C. Kihm et D. Zabunyan (dir.), *In actu: De l'expérimental dans l'art* (p. 191-202). Annecy: Presses du Réel.
- Edwards, D. (2011). *Le manifeste du laboratoire*. Paris: Odile Jacob.
- Fischer, H. (2005). Le mythe et ses doubles. Dans L. Poissant et E. Daubner (dir.), *Art et biotechnologie* (p. 139-148). Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Gallet, B. (2009). Brûler toute esthétique. Dans E. During, L. Jeanpierre, C. Kihm et D. Zabunyan (dir.), *In actu: De l'expérimental dans l'art* (p. 57-71). Annecy: Presses du Réel.
- Glykos, A. (1999). Approche communicationnelle du dialogue artiste/scientifique (mémoire d'habilitation à diriger des recherches inédit). Université Diderot Paris 7.
- Graur, D. (2010, mai). *Genophobia: Contemporary visual art versus genetic science*. Communication prononcée à la 6th international conference on the arts in society. Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities, Berlin, Allemagne.
- Grillo, Y. A. (2009). When does art become science and science art ? *Leonardo*, 42, 103-104.
- Guillemin, R. (2010). Similarities and contrasts in the creative processes of the sciences and the arts. *Leonardo*, 43, 59-62.

- Hacking, I. (2008). Style pour historiens et philosophes. Dans J.-F. Braunstein (dir.), *L'histoire de sciences: Méthodes, styles et controverses* (p. 287-320). Paris: Vrin.
- Heckhausen, H. (1972). Discipline et interdisciplinarité. Dans L. Apostel, G. Berger, A. Briggs et G. Michaud (dir.), *L'interdisciplinarité: Problèmes d'enseignement et de recherche dans les universités* (p. 83-90). Paris: OCDE.
- Heinich, N. (1997). *L'Art contemporain exposé aux rejets: Études de cas*. Paris: Hachette
- Herman, R. (1995). Testimony on the reauthorization of the National Science Foundation. *Notices of the American Mathematical Society*, 42, 560-562.
- Jeanpierre, L. (2009). Introduction aux conditions de l'art expérimental. Dans E. During, L. Jeanpierre, C. Kihm et D. Zabunyan (dir.), *In actu: De l'expérimental dans l'art* (p. 307-335). Annecy: Presses du Réel.
- Johnson, H. G. (1970). The economic benefits of basic research. *Minerva*, 8, 458-461.
- Jorn, A. (1957). *Pour la forme: Ébauche d'une méthodologie des arts*. Paris: Internationale Situationniste.
- Kaprow, A. (1996). *L'art et la vie confondus* (J. Donguy, trad.). Paris: Éditions du Centre Pompidou. (Original publié en 1993)
- Karpinski, A. et Samson, M. (1972). *L'Interdisciplinarité*. Montréal: Les Presses de l'Université du Québec.
- Katzir-Katchalsky, A. (1972). Reflections on art and science. *Leonardo*, 5, 249-253.
- Kay, J. A., et Llewellyn Smith, C. H. (1985). Science policy and public spending. *Fiscal Studies*, 6, 14-23.
- Kihm, C. 2009. Le spectateur expérimenté. Dans E. During, L. Jeanpierre, C. Kihm et D. Zabunyan (dir.), *In actu: De l'expérimental dans l'art* (p. 337-354). Annecy: Presses du Réel.
- Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. The University of Chicago Press.

- Kuhn, T. S. (1969). Comment [on the relations of science and art]. *Comparative Studies in Social History*, 11, 403-412.
- Latour, B. (1998). From the world of science to the world of research ? *Science*, 280, 208-209.
- Malina, F. J. (1968). Some reflections on the differences between science and art. Dans A. Hill (dir.), *DATA: Directions in art theory and aesthetics* (p. 134-149). Londres: Faber.
- Malina, R. (2010). What are the different types of art science collaboration. Consulté à l'adresse <http://malina.diatrope.com/2010/08/29/what-are-the-different-types-of-art-science-collaboration/>
- Meyer, L. B. (1974). Concerning the sciences, the arts – and the humanities. *Critical Inquiry*, 1, 163-217.
- Nelson, R. R. (1959). The simple economics of basic scientific research. *Journal of Political Economy*, 67, 297-306.
- Nicolescu, B. (1996). *La transdisciplinarité: Manifeste*. Monaco: Éditions Le Rocher.
- Nowotny, H., Scott, P., et Gibbons, M. (2001). *Re-thinking science: Knowledge and the public in an age of uncertainty*. Cambridge: Polity Press.
- Nowotny, H., Scott, P. et Gibbons, M. (2003). 'Mode 2' revisited: The new production of knowledge. *Minerva*, 41, 179-194.
- Palmade, G. (1977). *Interdisciplinarité et idéologies*. Paris: Anthropos.
- Pasteur, L. (1871). *Quelques réflexions sur la science en France*. Paris: Gauthier-Villars.
- Peyret, J.-F. (2009). Comment j'ai expérimenté. Dans E. Durning, L. Jeanpierre, C. Kihm et D. Zabunyan (dir.), *In actu: De l'expérimental dans l'art* (p. 131-150). Annecy: Presses du Réel.
- Piaget, J. (1972). L'épistémologie des relations interdisciplinaire. Dans L. Apostel, G. Berger, A. Briggs et G. Michaud (dir.), *L'Interdisciplinarité: Problèmes d'enseignement et de recherche dans les universités* (p. 131-144). Paris: OCDE.

- Popper, F. (1985). *Art, action et participation: L'artiste et la créativité aujourd'hui*. Paris: Klincksieck. (Original publié en 1975)
- Raulet, E. (2004). Entretien avec Jean-Marc Lévy-Leblond. *Sapience*. Consulté à l'adresse <http://www.sapience.fr/component/remository/Entretiens/Jean-Marc-LEVY-LEBLOND/>
- Rege Colet, N. (1993). *Pluridisciplinarité, interdisciplinarité, transdisciplinarité: Quelles perspectives en éducation ?* Université de Genève: Cahiers de la Section des Sciences de l'Éducation, Pratiques et théorie, 71.
- Richmond, S. (1984). The interaction of art and science. *Leonardo*, 17, 81-86.
- Root-Bernstein, R. S. (1984a). Creative process as a unifying theme of human Cultures. *Daedalus*, 113, 197-219.
- Root-Bernstein, R. S. (1984b). On paradigms and revolutions in science and art: The challenge of interpretation. *Art Journal*, 44(2), 109-118.
- Root-Bernstein, R. S. (1985). Visual thinking: The art of imaging reality. *Transactions of the American Philosophical Society*, 75, 50-67.
- Root-Bernstein, R. S. et Root-Bernstein, M. M. (1999). *Sparks of genius: The thirteen thinking tools of the world's most creative people*. New York: Houghton Mifflin.
- Root-Bernstein, M. M. et Root-Bernstein, R. S. (2003). Martha Graham, dance, and the polymathic imagination: A case for multiple intelligences or universal thinking tools? *Journal of Dance Education*, 3, 16-27.
- Schechner, R. (2008). Déclin et chute de l'avant-garde (américaine). Dans R. Schechner (dir.), *Performance. Expérimentation et théorie du théâtre aux Etats-Unis* (p. 291-377). Paris: Éditions Théâtrales.
- Sicard, M. (1995). Art et science, la chute du mur? Dans M. Sicard (dir.), *Chercheurs ou artistes ? Entre art et science, ils rêvent le monde* (p. 14-37). Paris: Éditions Autrement.
- Siler, T. (1996). Creating artscience. *Art Journal*, 55(1), 42.
- Snow, C. P. (1963). *The two cultures: And a second look*. Cambridge University Press.

- Soulier, E. (2010). In actu: De l'expérimental dans l'art. *Art Press*, 364, 72.
- Souriau, A. (2004). Recherche. Dans E. Souriau (dir.), *Vocabulaire d'esthétique* (p. 1206-1207). Paris: Presses universitaires de France.
- Strutt, R. J. (1942). *The life of Sir J. J. Thomson*. Cambridge University Press.
- Thacker, E. (2007). Open source DNA and bioinformatics bodies. Dans E. Kac (dir.), *Signs of life: Bio art and beyond* (p. 31-42). Cambridge, MA: MIT Press.
- Wilson, S. (2005). La contribution potentielle des bioartistes à la recherche. Dans L. Poissant et E. Daubner (dir.), *Art et biotechnologie* (p. 335-352). Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Wilson, S. (2010). *Art + science* (G. Berton, trad.). Paris: Thames et Hudson. (Original publié en 2010)
- Wolpert, L. (2000, 25 février). Art vs Science: the critical difference – Unlike the second law of thermodynamics, the response to a painting needs no prior training. *The Independent*.
- Zerbib, D. (2009). Les noms du *per*: L'Art expérimental et l'épreuve des limites. Dans E. Doring, L. Jeanpierre, C. Kihm et D. Zabunyan (dir.), *In actu: De l'expérimental dans l'art* (p. 33-55). Annecy: Presses du Réel.

Conclusion

- Bordeleau, F. (1990). Félix Guattari: l'écologie X par trois. *Nuit blanche*, 69, 42-45.
- Bourriaud, N. (2001). *Esthétique relationnelle*. Dijon: Presses du Réel.
- Guattari, F. (1992). *Chaosmose*. Paris: Galilée.
- Zahm, O. (1994). Félix Guattari et l'art contemporain. *Chimères*, 23, 47-64.

ANNEXE A

Lapointe, F.-J. (2005). Choreogenetics: The generation of choreographic variants through genetic mutations and selection. Dans F. Rothlauf (dir.), *Workshop proceedings of the genetic and evolutionary computation conference* (p. 366-369). New York: ACM Press.

Choreogenetics: the Generation of Choreographic Variants Through Genetic Mutations and Selection

François-Joseph Lapointe¹

Département de sciences biologiques, Université de Montréal
C.P. 6128, Succ. Centre-Ville, Montréal, QC, H3C 3J7, Canada
1 (514) 343-7999
lapointf@biol.umontreal.ca

ABSTRACT

In this paper, a genetic algorithm is introduced to generate variants of a choreographic sequence, which are then selected using different criteria. The mutation phase of the algorithm applies six types of mutations on single sequences, as well as four types of mutations on multiple sequences. Six different selection criteria are also distinguishable to assess the fitness of the sequences. An application of *Choreogenetics* is presented to illustrate the performance of the method for the generation of an aesthetic choreography.

Categories and Subject Descriptors

J.5 [Arts and Humanities]: Performing arts (dance)

General Terms

Algorithms, Experimentation.

Keywords

Aesthetics, choreography, dance, information theory, mutation models, sequence evolution, simulation.

1. INTRODUCTION

On several occasions, contemporary arts have been influenced by the field of genetics [7, 12], and probabilistic models have been used since the beginning of time to generate artistic pieces [17]. Indeed, modern choreographers and composers, such as Merce Cunningham and John Cage, have often applied permutations and chance operations in their creative process. However, in spite of the relationship between DNA and the combinatorial methods that Cunningham employed to produce random dances [16], genetic algorithms have never been used by choreographers to create variations in movement sequences. In this paper, I present a computer algorithm that generates choreographic variants through genetic mutations and selection. The *Choreogenetics* algorithm is then applied to simulate the evolution of a sequence of dance movements.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO) '05, June 25-29, 2005, Washington, DC, USA.
Copyright 2005 ACM 1-59593-097-3/05/0006...\$5.00.

2. THE ALGORITHM

The *Choreogenetics* algorithm takes as input a choreographic sequence representing independent movements, and transforms it into a new sequence through different types of genetic mutations (the mutation phase). The new sequence is then compared to the previous sequence using different criteria, and the sequence with the best fitness value is selected (the selection phase). The process is repeated for a fixed number of generations, or until a choreographic sequence meeting a given aesthetic criterion is obtained.

2.1 The Mutation Phase

The input choreographic sequence is associated to an alphabet of letters representing independent movements. This sequence could be generated at random by sampling n movements with replacement from a fixed alphabet of m letters, or be provided by the choreographer. Based on parameters set by the user, several types of mutations, with different probabilities, are distinguishable to create movement sequence variations from one sequence to the next. These types of operations are similar to those currently applied by choreographers to modify movement sequences, or combine sequences together.

2.1.1 Mutations on single sequences

The algorithm distinguishes six types of mutations at each generation to make modifications from a single *mother* sequence to a single *daughter* sequence: substitution, insertion/deletion, inversion, translocation, repetition and conversion.

Substitutions are obtained by replacing at random one or more movements from the mother sequence in the daughter sequence, whereas insertions and deletions are obtained by adding or eliminating movements at random to create a daughter sequence with less or more movements than the mother sequence. The probability of replacing a given movement by another is provided by a substitution matrix, which can take the form of any substitution matrix model used in molecular biology [6, 8]. The new movements (substituted or inserted) are sampled from the original alphabet with equal probabilities, or with respect to the frequency distribution of movements in the mother sequence. The relative probabilities of substitutions, insertions and deletions with respect to the other types of mutations are set respectively by the parameter p_s , p_i and p_d .

The other types of mutations on single sequences are generated by first selecting a segment of random length l (with $l < n$) from the mother sequence. Inversions, translocations and repetitions are then obtained by either inverting that segment, moving the

¹ Corresponding address: Département de Danse, UQAM, C.P. 8888, Succ. Centre-Ville, Montréal, QC, H3C 3P8, Canada.

segment to a different position, or repeating the segment a given number of times in the daughter sequence. The breaking points of inversions, positions of the regions to be deleted from the mother sequence and inserted in the daughter sequence and number of repetitions are set at random, or fixed by the user (e.g. only allowing tandem repeats). The relative probabilities of inversions, translocations and repetitions with respect to the other types of mutations are set respectively by the parameters p_v , p_t and p_r .

Finally, conversions are obtained by selecting one movement, or a segment of random length l (with $l < n$) from the mother sequence, and replacing it by new movement(s) in the daughter sequence. This type of mutation differs from substitution in that movements that were not in the original alphabet are introduced in the daughter sequence. The relative probability of a conversion is set by the parameter p_c .

2.1.2 Mutations on multiple sequences

To deal with more than a single movement sequence at a time (more than one dancer), four other types of operations are also used in the mutation phase of the algorithm to create additional daughter sequences and generate interactions among dancers: duplication, extinction, horizontal transfer, and hybridization

To create a single (or multiple) duplication event(s), the entire mother sequence is duplicated (or replicated), thus generating two (or more) identical daughter sequences to be performed by different dancers. On the other hand, an extinction event is obtained by eliminating one of the mother sequences at random to reduce the number of dancers. The relative probabilities of duplications and extinctions with respect to the other types of mutations are set by the parameters p_l and p_e respectively

When multiple sequences are available, other types of mutations can be used to combine mother sequences with one another. Horizontal transfers are obtained by sampling movements from a single mother sequence to insert them in a new daughter sequence, whereas hybridization events are generated by sampling movements from a pair of mother sequences to create a hybrid daughter sequence. The positions of the regions sampled from the mother sequence(s) and copied into the daughter sequence are selected at random. The relative probabilities of horizontal transfers and hybridizations are set respectively by the parameters p_h and p_z .

2.2 The Selection Phase

Once a choreographic mutant (the daughter sequence) is generated, this new sequence is compared to the previous sequence (the mother sequence) to assess which one has the best fitness. If the daughter is the fittest of the two, the mother sequence is deleted. On the contrary, if the mother is the fittest, the daughter sequence is deleted and a new mutant is generated at the next generation. Thus, the algorithm only proceeds by comparing pairs of mother-daughter sequences, keeping in turn the one that maximizes the value of the selection criterion. When multiple mother sequences are available, each one is considered independently and compared with its corresponding daughter sequence.

2.2.1 Selection criteria

The algorithm implements five different selection criteria that are used to determine which of the mother or the daughter sequence has the best fitness value: the neutral model, user-defined and audience-mediated selection, information theory, aesthetics and coevolution.

Under the neutral (or pan-neutral) model of evolution, the mutations are not selected and all daughter sequences have equal fitness. This implies that the mutation will accumulate constantly with generations and that daughter sequences will always replace the mother sequences, without selection. In visual arts and music, the majority of genetic algorithms rely instead on the user to select the best solution among possible outcomes [4, 11, 14]. This particular type of interactive genetic algorithm (IGA) could also be mediated by a critic or mentor who assesses at each generation whether the mother or the daughter sequence is more pleasing. The result is thus influenced by subjective taste or personal aesthetics. However, this problem is avoided by replacing a single critic by a group of critics, namely the audience [1]. Obviously, this approach can be difficult to implement for the selection of choreographic variants in real time, but an audience-mediated IGA may be used as a training algorithm to modify the probabilities of the mutation model.

The information, entropy and complexity of a sequence of movements can be computed using the same methods as those employed for DNA sequences [15]. The mother and daughter sequences can then be compared with respect to these measures to select the fittest of the two. It is generally accepted that more complex and informative structures are more pleasing to the eye, and this rule applies to dance composition [5]. In his books on the mathematics of aesthetics [2], Birkhoff formally introduced a quantitative measure of beauty (B), defined as the O/C ratio, where O and C respectively represent order and complexity. Whereas complexity measures information content, order is a function of symmetry, repetition, or balance [9]. More recently, a neurological basis of aesthetics have also been proposed [13], and these criteria (e.g. peak shift, contrast) could also be used in the algorithm, assuming that we can quantify them. Using such measures, the daughter sequence will be selected only if it bears more information or is aesthetically more pleasing than its mother.

With a coevolution criterion, a daughter sequence can be selected over its mother sequence with respect to its similarity to a third sequence. This type of selection is used to match sequences and create (partial) unison among dancers interpreting different movements. The basis for choosing the daughter sequence over its mother is the score of the alignment of the competing sequences with respect to a target sequence, which could be provided by the user, or selected among other mother sequences.

2.2.2 Stopping Rules

The *Choreogenetics* algorithm can run forever unless some rules are defined to stop the generative process. One simple way of doing so is to fix a priori the number of generations. Another option is to let the user decide when the sequence meets certain aesthetic criteria. Finally, a quantitative optimum (maximum fitness) may be set to stop the program when this value is reached. Obviously, different solutions will be obtained using different stopping rules and optimality criteria.

3. APPLICATION

The input sequence of five movements represented in Figure 1a was used to create choreographic variants with the *Choreogenetics* algorithm. This original sequence was generated at random from an alphabet of four letters {A, T, C, G}. At the first generation, a repetition of the movements CG was generated (Figure 1b). Then, AT was translocated from the beginning of the sequence to the end of the sequence (Figure 1c). Finally, the last A was transformed by conversion to a U, a new movement that was not included in the original alphabet of four letters (Figure 1d). At each step, the daughter sequence was selected over the mother sequence, with a user-defined aesthetic criterion. Interestingly, complexity also increased from one generation to the next.

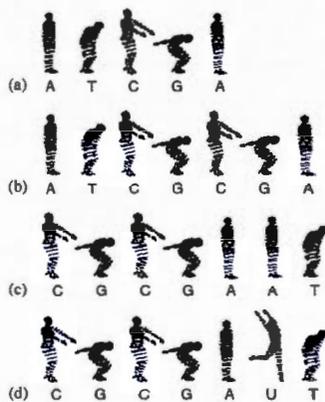


Figure 1: The (a) input sequence and variants of the *Choreogenetics* algorithm, generated by (b) repetition, (c) translocation, and (d) conversion (original movements from [3]). The sequences were selected based on aesthetic criteria.

4. DISCUSSION

The *Choreogenetics* algorithm proceeds by iteratively creating movements sequence variants at each generation, using a defined mutation model. Depending on the relative probabilities of the different types of mutations, multiple solutions are equally likely. However, the selection of variants by objective (or subjective) criteria determines which sequences are to be eliminated or selected. Contrary to most genetic algorithms, the proposed method does not rely on a large population of organisms (sequences) that reproduce sexually to create variation. On the contrary, a simple sequence transmitted asexually from the mother to its daughter is employed, and mutations represent the only source of variation at each generation.

The proposed genetic algorithm could easily be modified to investigate different aspects of the choreographic process. For one, a grammar-based genetic programming system may be defined to encode the rules of a particular type of dance. Also, the use of automated fitness functions would improve the performance of the algorithm, namely by the determination of metrics that correlate to aesthetically pleasing dance sequences.

Finally, the idea of continuity of motion from one movement to the next could be taken into account by using a transition matrix representing the probabilities that each movement is followed by any other movement. Under the current model, every movement is equally likely to occur anywhere in the sequence, but some constraints could be set to avoid certain combinations.

For the time being, this very simple algorithm is appropriate for the generation and selection of movement sequences, because it essentially mimics the creative process of choreographers. As such, it also differs from purely random [10] or chaotic [3] models that have been proposed to create choreographic variants. Indeed, a genetic algorithm not only generates new movement sequences, it also selects among possible outcomes those that maximize the value of the selection criterion. When a choreographer is used for fitness determination, the *Choreogenetics* algorithm is nothing more than a tool for generating new movement sequences. However, when objective aesthetic or information-theoretic criteria are used, the role of the choreographer is entirely assumed by the genetic algorithm and the result is affected only by the parameters of the mutation model. The final sequences may then be assembled to create a full dance, or be used as mother sequences to produce further variants, using different models and/or selection criteria.

5. ACKNOWLEDGMENTS

The author wishes to thank Martine Époque, Pierre Dion, Jacinthe Gingras, Joc Davis, Erin Flynn and two anonymous reviewers for their comments on earlier drafts of this paper and/or the algorithmic and aesthetic aspects of this work.

6. REFERENCES

- [1] Biles, J. A. GenJam in perspective: a tentative taxonomy for GA music and art systems. *Leonardo*, 36, 1 (2003), 43-45.
- [2] Birkhoff, G. D. *Aesthetic Measure*. Harvard University Press, Cambridge, MA, 1933.
- [3] Bradley, E., and Stuart, J. Using chaos to generate variations on movement sequences. *Chaos*, 8 (1998), 800-807.
- [4] Burton, A. R., and Vladimirova, T. Generation of musical sequences with genetic techniques. *Comput. Music J.*, 23 (1999), 59-73.
- [5] Hagendoom, I. Cognitive dance improvisation: how study of the motor system can inspire dance (and vice versa). *Leonardo*, 36, 3(2003), 221-227.
- [6] Jukes T. H., and Cantor C. R. Evolution of protein molecules. In *Mammalian protein metabolism* (ed. Munro H. N.). Academic Press, New York, NY, 1969, 21-132.
- [7] Kemp, M. The Mona Lisa of modern science. *Nature*, 421 (2003), 416-420.
- [8] Kimura, M. A simple method for estimating evolutionary rate of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *J. Mol. Evol.*, 16 (1980), 111-120.
- [9] Koshelov, M., Kreinovich, V., and Yam, Y. Towards the use of aesthetics in decision making: Kolmogorov complexity formalizes Birkhoff's ideas. *Bull. EATCS*, 66 (1998), 166-170.
- [10] Lansdowne, J. The computer and choreography. *IEEE Computer*, 11 (1978), 19-30.

- [11] Miranda, E. R. At the crossroads of evolutionary computation and music: self-programming synthesizers, swarm orchestras and the origins of melody. *Evol. Comput.*, 12, 2 (2004), 137-158.
- [12] Nelkin, D., and Anker, S. The influence of genetics on contemporary art. *Nature Rev. Gen.*, 3 (2002), 967-971.
- [13] Ramachandran, V. S., and Hirstein, W. The science of art: a neurological theory of aesthetic experience. *J. Conscious. Stud.*, 6 (1999), 15-51.
- [14] Romero Cardlada, J. J., and Johnson, C. Genetic algorithms in visual art and music. *Leonardo*, 35, 2 (2002), 175-184.
- [15] Schneider, T. D. Information content of individual genetic sequences. *J. Theor. Biol.*, 189 (1997), 427-441.
- [16] Yan, J.F. *DNA and the I Ching -The Tao of Life*. North Atlantic Books, Berkeley, CA, 1991.
- [17] Zweig, J. Ars combinatoria: mystical systems, procedural art, and the computer. *Art Journal*, 56 (1997), 20-29.

ANNEXE B

Lapointe, F.-J. et Époque, M. (2005). The dancing genome project: Generation of human-computer choreography using a genetic algorithm. Dans H. Zhang, T.-S. Chua, R. Steinmetz, M. S. Kankanhalli et L. Wilcox (dir.), *Proceedings of the 13th annual ACM international conference on multimedia* (p. 555-558). ACM Press, New York.

The Dancing Genome Project: Generation of a Human-Computer Choreography using a Genetic Algorithm

François-Joseph Lapointe
 Département de sciences biologiques
 Université de Montréal
 C.P 6128, Succ. Centre-ville
 Montréal, Québec, Canada, H3C 3J7
 lapoinf@biol.umontreal.ca

Martine Époque
 Département de danse
 Université du Québec à Montréal
 C.P 8888, Succ. Centre-ville
 Montréal, Québec, Canada, H3C 3P8
 epoque.martine@uqam.ca

ABSTRACT

In this paper, we present an interactive genetic algorithm for the generation of human-computer choreography, using motion capture technology. First, we introduce the four steps of the algorithm to (1) define a movement vocabulary, (2) initialize movement sequences, (3) generate mutants, and (4) select mutant sequences to create a choreography. Then, we show how this approach is implemented in real time to create interaction among dancers. Finally, we run simulations to assess the convergence rate of the algorithm, before generating a simple duet for actual and virtual dancers.

Categories and Subject Descriptors

J.5 [Arts and Humanities]: Performing arts (dance)

General Terms

Algorithms, Experimentation.

Keywords

Dance, genetic algorithm, human-computer interaction, motion capture software, virtual choreography.

1. INTRODUCTION

Recent advances in computer technology, motion capture sensors and cognitive science have revolutionized the ways choreographers design and create dances [2, 3, 7]. Indeed, it is now common for human performers to share the stage with virtual dancers. Merce Cunningham was one of the first choreographers to use computers to create dances with *Life Forms* [5, 10]. Since then, numerous animation softwares have been used to design choreographic pieces using computers [8]. The *LIFEanimation* software has been developed in Montréal by the LARTEch (www.lartech.uqam.ca) as a tool to help choreographers generate virtual dances using motion capture technology (Figure 1). It was used by Martine Époque and Denis Poulin to create *Tabula Rasa*,

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.
MM'05, November 6–11, 2005, Singapore.
 Copyright 2005 ACM 1-59593-044-2/05/0011...\$5.00.

a choreography for twenty-two dancers and one virtual dancer, which was shown at various locations around the world. In *Tabula Rasa*, the movements of the virtual dancers are choreographed beforehand so as to match those executed by the actual dancers on stage. In the present paper, we introduce an interactive genetic algorithm to be used jointly with *LIFEanimation*, thus allowing for the real-time generation of human-computer choreography.

The following sections will present the different steps of the algorithm for generating and selecting choreographic mutants in order to evolve the movements of actual and virtual dancers. The implementation of the algorithm for real-time performances will then be detailed. Computer simulations will also be performed to validate the parameters of the genetic model and this approach will be used to generate a simple duet for virtual and human dancers.



Figure 1. A pair of virtual dancers generated by the *LIFEanimation* software (LARTEch).

2. THE CHOREOGENETICS ALGORITHM

In a previous paper, we introduced a genetic algorithm (GA) to transform movement sequences through mutations and selection [11]. Here, we propose the first application of this *Choreogenetics* approach for real-time multimedia performances. The different steps of the genetic algorithm are detailed in the next sections, before implementing interaction among virtual and human dancers.

2.1 Defining the vocabulary

The starting point of any dance lies in the movements that define the vocabulary and the style of a particular choreographer. The first step of the algorithm thus requires characterizing well-defined movements, which can be interpreted by actual and virtual dancers alike. This vocabulary may be fixed in advance or be modified in real time to allow for complex human-computer interactions. With no loss of generality, let us say that only four movements are defined to begin with: (1) run, (2) jump, (3) turn, and (4) fall. These movements are performed by actual dancers and coded with the *LIFEanimation* software to create a virtual vocabulary.

2.2 Initializing the movement sequences

Once the vocabulary is defined, sequences of movements (phrases) can be initialized by sampling at random a number of movements with replacement from the vocabulary. For example, the sequence 1 3 4 2 1 (i.e. run, turn, fall, jump, run) may be generated for the actual dancer. Likewise, the sequence 4 4 3 1 2 1 (i.e., fall, fall, turn, run, jump, run) may be generated for the virtual dancer. These sequences thus represent the original phrases of the choreography that will be performed by the human and the computer. As shown here, such initial sequences may differ with respect to the order of movements, as well as the number of movements sampled from the same vocabulary, but two distinct vocabularies could also be used to generate more complex choreographies.

2.3 Generating the mutant sequences

The algorithm generates choreographic variation of movement sequences through different types of random genetic operations. Whereas simple mutations only apply to one sequence at a time, complex mutations involve the combination of two sequences with one another:

- A substitution consists of replacing one movement (or more) by new movements sampled from the vocabulary to create a mutant sequence (e.g., 1 3 4 2 1 \Rightarrow 1 3 4 4 1).

- An insertion consists of adding one movement (or more) to the sequence to create a longer mutant sequence (e.g., 1 3 4 2 1 \Rightarrow 1 3 3 4 2 1).

- A deletion consists of removing one movement (or more) from the sequence to create a shorter mutant sequence (e.g., 1 3 4 2 1 \Rightarrow 1 2 1).

- A repetition selects one movement (or more) from the sequence and repeats it a given number of times to create a longer mutant sequence (e.g., 1 3 4 2 1 \Rightarrow 1 3 4 3 4 2 1).

- A translocation selects one movement (or more) from the sequence and inserts it at a different position to create a mutant sequence (e.g., 1 3 4 2 1 \Rightarrow 4 2 1 1 3).

- An inversion selects a number of movements (more than one) from the sequence and inverts the order to create a mutant sequence (e.g., 1 3 4 2 1 \Rightarrow 4 3 1 2 1).

- An horizontal transfer is a complex mutation that copies a number of movements from one sequence and inserts them into a second sequence to create a mutant sequence (e.g., 1 3 4 2 1 + 4 4 3 1 2 1 \Rightarrow 1 4 4 3 3 4 2 1).

- An hybridization event (or crossover) is a complex mutation that crosses movements from a pair of sequences to create a hybrid mutant sequence (e.g., 1 3 4 2 1 \times 4 4 3 1 2 1 \Rightarrow 1 4 4 3 2 1 2 1).

At each iteration of the algorithm, a fixed number of mutants (e.g., 1000) are generated from each sequence, and mutants are compared with one another to determine which will be the next sequence in the evolution of the choreography.

2.4 Selecting the mutant sequences

The evolution of movement sequences is ensured by selecting at each iteration of the algorithm the mutants that are more similar to one another, gradually creating in the process unison among the dancers. To do so, a Levenstein distance [12] is computed between the actual and virtual sequences to select the best matching pairs of movement sequences. This distance counts the fewest number of mutations required to transform one sequence into another through substitutions, insertions and deletions. As an example, the distance between 1 3 4 2 1 and 4 4 3 1 2 1 equals 3, because two substitutions and one insertion are required to transform the first sequence into the second one. Namely, the smaller is the value of the Levenstein distance, the more similar are the sequences under comparison. Once the "best" mutant representing each dancer is selected, these new sequences are used as input for the next iteration of the algorithm.

3. IMPLEMENTING INTERACTION

The previous sections described in details the various steps of the *Choreogenetics* algorithm to generate and select mutant sequence of movements. In this section, we show how the interaction among virtual and actual dancers is implemented for real-time performances. This interactive genetic algorithm (IGA) proceeds as follows (see Fig. 2):

1- To begin with, initial sequences are generated for the actual and virtual dancers (see section 2.2) by sampling movements at random for a common vocabulary, or from different vocabularies (see section 2.1).

2- One sequence is transmitted in real time to the actual dancer to be performed on stage, while the other sequence performed by the virtual dancer is projected on a screen.

3- A sliding window is then used to record into memory the actual and virtual sequences for comparison purposes. (the number of movements to save at each iteration of the algorithm is fixed *a priori* by the user).

4- The movement sequences of the actual and virtual dancers are compared with one another to assess convergence. If the two sequences are different, they are fed back to the genetic algorithm to be mutated (see section 2.3) and the best mutant (the sequence closest to the other sequence) is selected (see section 2.4) in turn for both the virtual and actual dancers. If the two sequences are identical, the algorithm stops (goto step 6).

5- The steps 2 to 4 are repeated iteratively until the two sequences converge to the same movements.

6- The choreographic process is terminated when the Levenstein distance between the two sequences equals zero. This unique final sequence is performed in unison by the virtual and actual dancers to end the choreography.

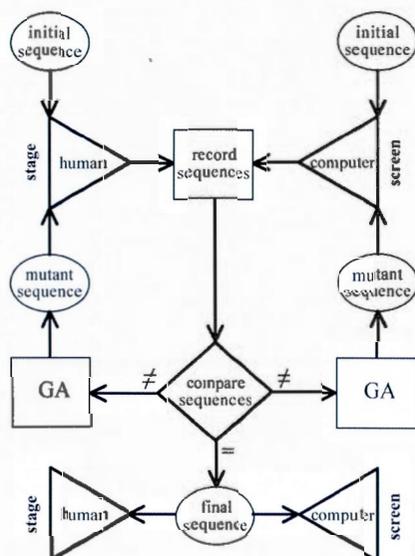


Figure 2. Flowchart of the interactive genetic algorithm (IGA) designed to generate duets for human and virtual dancers. See text for more details.

4. VALIDATION OF THE ALGORITHM

Depending on the number of mutants generated at each iteration, the lengths of the initial sequences (i.e., the number of movements), the complexity of the vocabulary, and the relative probabilities of the different types of mutation (simple and complex), the algorithm may converge more or less rapidly to a unique sequence to be performed at the same time by the virtual and actual dancers.

To demonstrate the convergence rate of the interactive genetic algorithm, we have generated random input choreographic sequences containing from 10 to 20 movements (L), and then ran simulations allowing for 10, 100 or 1000 mutants (m) at each iteration, with all types of mutations being equally likely. In all cases, the vocabulary (v) was set to four movements (1, 2, 3, 4), and for each combination of parameters, 100 replicates were generated.

Table 1. Average number of iterations required for a pair of random initial sequences of the same length (L) to convergence to a unique final sequence, as a function of the number of mutants (m) generated per iteration. The number of movements of the vocabulary (v) is set to four.

	$L = 10$	$L = 15$	$L = 20$
$m = 10$	78.3	173.7	398.9
$m = 100$	9.9	29.5	40.8
$m = 1000$	5.7	6.9	10.8

Table 1 shows the results of these simulations. It presents the average number of iterations required for both initial sequences to converge to a unique final sequence. These results show that a faster convergence is obtained for shorter sequences ($L = 10$) and a larger number of mutants ($m = 1000$). However, the convergence rate is also affected by the number of movements (v) in the vocabulary. When eight movements are used in the simulations, the numbers of iterations required to reach a common sequence are larger (Table 2), on average, than when only four movements are authorized (Table 1).

Table 2. Average number of iterations required for a pair of random initial sequences of the same length (L) to convergence to a unique final sequence, as a function of the number of mutants (m) generated per iteration. The number of movements of the vocabulary (v) is set to eight.

	$L = 10$	$L = 15$	$L = 20$
$m = 10$	167.0	497.5	1045.4
$m = 100$	21.8	48.8	107.5
$m = 1000$	7.1	12.5	16.2

Under optimal conditions (i.e., short sequences and a large number of mutants per generation), a pair of random initial movement sequences can converge to the same final sequence in as few as 5 iterations (5.7 iterations on average; Table 1).

Figure 3 presents a duet for actual and virtual dancers that was generated by the evolution of movement sequences with an optimal model ($v = 4$, $L = 10$, $m = 1000$), using the interactive genetic algorithm described in the previous sections (Fig. 2). With time, the sequences are shown to converge to the same movements, with Levenstein distances decreasing from 6 to 0.

	Actual dancer	Virtual dancer	
t0:	4124322142	3144313444	d=6
	substitution	substitution	
t1:	<u>1411331142</u>	3144313331	d=6
	translocation	substitution	
t2:	<u>1142411331</u>	3144313334	d=5
	insertion	substitution	
t3:	114241133 <u>31</u>	3144 <u>1</u> 13334	d=3
	substitution	insertion	
t4:	114241133 <u>34</u>	3 <u>1</u> 144113334	d=2
	deletion	deletion	
t5:	114_4113334	_1144113334	d=0

Figure 3. Convergence of random initial sequences towards a unique final sequence. At each iteration (t), the types of mutations affecting the original sequences are in bold, and the movements transformed by the mutations are underlined. The Levenstein distances (d) between the corresponding sequences are also provided to assess convergence. The algorithm stops when the final sequences are identical ($d = 0$).

5. DISCUSSION

The generation of movement sequences through random permutations and substitutions has been used time and time again by choreographers. Namely, Merce Cunningham used the *I Ching* [14] to derive choreographies that were performed to the random music of John Cage. As such, the generation of mutant sequences with an interactive genetic algorithm represents another way of creating random dances. However, there exists a fundamental difference between both approaches. Whereas all possible movements permutations are equally likely under a strictly random model (e.g., the *I Ching*), a genetic algorithm relies on an objective function to sort the sequences according to a selection criterion. In other words, the selection phase (section 2.4) replaces the choreographer by choosing only the "best" mutants among all possible movement sequences. In the present application, these "best" mutants are those that closely match the movements performed by the other dancer (virtual or human). Thus, the duets generated by the algorithm are not entirely random; otherwise they would never produce unison among the dancers. Still, these computer-generated choreographies are not predetermined either. The end points of the dance are not fixed in time and space, although convergence is always guaranteed regardless of the input sequences and the movement vocabularies.

It is one thing to be able to create human-computer duets, but it is an entirely different thing to compose choreographies of artistic value. The mere succession of movements performed at the same time by virtual and actual dancers does not make a piece of art. It is the interaction among dancers and the conjunction codes that enable one movement to flow into the next that allows for the generation of aesthetic dances. There exist many different ways of merging two movements together (e.g., interpolation and fusion), and we have used some of the improvisation methods proposed by William Forsythe [6] to do so with actual dancers. The same approach does not always apply to virtual dancers, however, unless all possible combinations of movements are captured beforehand (not possible for large vocabularies). Interestingly, *LIFEanimation* has a BLEND function that can be used to create transitions from one movement to the next. Obviously, these algorithmic transitions will be different from those adopted by human dancers, but it is of interest to compare the corresponding movement sequences. Future experiments will assess the conditions under which humans and computers would make the same choices.

Several studies have applied evolutionary computation in arts [13], but it is in the musical field that genetic algorithms have been the most popular [1, 4, 9]. The present paper introduces an application of genetic algorithms in dance. We have successfully used the *Choreogenetics* approach to generate interactions among actual dancers in the past. The proposed implementation is the first use of an interactive genetic algorithm to create a human-computer choreography for real-time performance environments.

6. ACKNOWLEDGMENTS

The author wishes to thank Mathieu Campeau and Frédéric Gravel for their experimentations with the algorithm, and Daniel Léveillé for providing a movement vocabulary. This work is supported by a grant from the Social Sciences and Humanities Research Council of Canada to Martine Époque.

7. REFERENCES

- [1] Biles, J. A. GenJam in perspective: a tentative taxonomy for GA music and art systems. *Leonardo*, 36, 1 (2003), 43-45.
- [2] Bradley, E., and Stuart, J. Using chaos to generate variations on movement sequences. *Chaos*, 8 (1998), 800-807.
- [3] Bret, M., Tramus, M.-H., and Berthos, A. Interacting with an intelligent dancing figure: artistic experiments at the crossroads between art and cognitive science. *Leonardo*, 38, (2005), 46-53.
- [4] Burton, A. R., and Vladimirova, T. Generation of musical sequences with genetic techniques. *Comput. Music J.*, 23 (1999), 59-73.
- [5] Copeland, R. *Merce Cunningham: The Modernizing of Modern Dance*. Routledge, New York, NY, 2004.
- [6] Forsythe, W. *Improvisation Technologies. A Tool for the Analytical Dance Eye*. ZKM Digital Arts Edition, Karlsruhe, Germany, 2003. [CD-ROM]
- [7] Hagendoom, I. Cognitive dance improvisation: how study of the motor system can inspire dance (and vice versa). *Leonardo*, 36, 3(2003), 221-227.
- [8] Herbison-Evans, D., Green, R. D., and Butt, A. Computer animation with NUDES in dance and physical education. *Aust. Comput. Sci. Comm.*, 4, 1 (1982), 324-331.
- [9] Johnson, C. G. Exploring sound-space with interactive genetic algorithms. *Leonardo*, 36, 1, (2003), 51-54
- [10] Lansdowne, J. The computer and choreography. *IEEE Computer*, 11 (1978), 19-30.
- [11] Lapointe, F.-J. *Choreogenetics: the generation of choreographic mutants through genetic mutations and selection*. In *Workshop Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO '05)* (Washington D. C., USA, June 25-29, 2005). ACM Press, New York, NY, 2005, 366-369.
- [12] Levenstein, V. I. Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals. *Soviet Physics Report*, 10, 8 (1966), 707-710.
- [13] Romero Cardlada, J. J., and Johnson, C. Genetic algorithms in visual art and music. *Leonardo*, 35, 2 (2002), 175-184.
- [14] Yan, J.F. *DNA and the I Ching - The Tao of Life*. North Atlantic Books, Berkeley, CA, 1991.

ANNEXE C

Lapointe, F.-J. et Époque, M. (2011). In vivo/in silico/in vitro: The death of the choreographer ? Dans R. Hughes et J. Sundén (dir.), *Second nature: Origins and originality in art, science, and new media* (p. 173-191). Stockholm: Axl Books.

*In Vivo/
In Silico/
In Vitro:*
The Death of the
Choreographer?

François-Joseph Lapointe
Martine Époque

"There have always been two kinds of original thinkers, those who upon vicwing disorder try to create order, and those upon encountering order try to protest it by creating disorder."¹

1. Introduction

Darwin's theory of natural selection states that different individuals in a population are not equal with respect to reproduction and survival.² The fittest individuals, those that are able to reproduce and survive, thus have a selective advantage over the others, as they transmit their genomes to the next generation. This iterative process of differential survival and reproduction is one of the strongest evolutionary forces; it is the cause of biological diversity.³ However, natural selection and evolution would not be possible without the generation of individual variability.

There are two principal sources of variation among individuals within a population. The primary one is genetic mutation; a natural process that results as entropy increases in the universe. Mutation often occurs during cellular replication and increases the diversity of a population. The second source is sexual reproduction, wherein the variation from mutation is reshuffled then passed on to the next generation; children differ from their parents because they inherit genes at random from both their mother and their father. Survival of the fittest is possible when some individuals are selected over the others: the strongest, the fastest, or the sexiest may reproduce more successfully. If the variation induced by sex and mutation is the fuel of evolution, natural selection is the main force driving it.⁴

1. Edward O. Wilson, *Consilience: The Unity of Knowledge* (New York: Knopf, 1998).
2. Charles Darwin, *On the Origin of Species by Means of Natural Selection* (London: John Murray, 1859).
3. Douglas J. Futuyma, *Evolution* (Sunderland: Sinauer Associates, 2005).
4. Sewall Wright, "Genic and Organismic Selection," *Evolution* 34 (1980): 825-43.

Genetic algorithms (GA) or evolutionary algorithms (EA) are inspired by the processes operating in biological populations to transform computer objects using the principles of natural selection.⁵ Practically, any GA has two phases: (1) the generation phase and (2) the selection phase. The generation (or creation) phase aims to transform a population of individuals from one generation to the next through reproduction (sexual or asexual) and mutation. The selection phase then acts as a sieve, through choosing the fittest individuals in the population (i.e. the parents for the next generation) using a given selection criterion. Iterative repetition of the generation and selection phases thus mimics the evolution of a biological population of individuals that reproduce and survive according to the selective forces of the environment.⁶

The specific use of GA in art is relatively new and best considered in the context of computer applications to several artistic domains.⁷ It is within the fields of music and visual arts that such methods have been the most widely-adopted, probably because it is much easier to manipulate sound and images than movement.⁸ Although computers have been frequently used by choreographers to create pieces for human or virtual dancers,⁹ there has been limited application of GA or EA to dance.

In a recent paper, we introduced the *Choreogeneticis* algorithm to generate variation in movement sequences through genetic mutations and selection.¹⁰ This approach has also been used to create interaction among actual and virtual dancers.¹¹ In the present es-

say, our goal is to demonstrate that movement sequences generated by such computer algorithms can be compatible with other sequences, either created by a human choreographer or by other species, namely bacteria. In other words, we seek to determine whether the choreographic processes operating *in silico* (i.e. within the computer), *in vivo* (i.e. within the human body) or *in vitro* (i.e. within the test tube) can be used jointly to generate a coherent dance piece. Furthermore, we want to use this new form of trans-specific (across species) model to facilitate collaboration among virtual and biological entities, digital and actual choreographers, as well as advanced and primitive life forms.

The following sections will introduce our working hypothesis and then provide details about the choreographic operators required for generating movement sequences *in vivo*, *in silico* and *in vitro*. To do so, we will present some basic concepts in linguistics, genetics, and information theory that will be used to develop quantitative measures to evaluate and compare sequences produced through different choreographic approaches. We will then propose two different experimental tests to verify the prediction from our hypothesis and implement our model in a performance setting. Finally, we will present possible extensions and generalizations of trans-specific collaboration to other artistic domains.

2. The Choreographer is a Selective Mutagen

This essay, at the interface of science and art, relies on the hypothesis and prediction that the human choreographer (or any artist for that matter) is a *selective mutagen*. In other words, if a choreographer can create dance pieces through the modification and selection of movement sequences, we postulate that any other process that can do the same choreographic operations could also generate a dance. Indeed, if the role of the choreographer is to compose a dance through the creation and transformation (mutation) of movement sequences, the generation and mutation phase of a GA can play the same role. Then, if we

12. The first public use of the expression *in silico* was made in 1989 by the mathematician Pedro Miramontes during the workshop "Cellular Automata: Theory and Applications" (Los Alamos, New Mexico) to define biological experiments performed on a computer.

5. John R. Koza, *Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection* (Cambridge: The MIT Press, 1992).
6. David E. Goldberg, *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning* (Reading: Addison-Wesley, 1989).
7. Christiane Paul, *Digital Art* (London: Thames and Hudson, 2003).
8. Colin G. Johnson and Juan J. Romero Cardalda, "Genetic algorithms in visual art and music," *Leonardo* 35 (2002): 175-84.
9. Tom W. Calvert et al., "Applications of Computers to Dance," *IEEE Computing Society* 25 (2005): 6-12.
10. François-Joseph Lapointe, "Choreogeneticis: The Generation of Choreographic Variants Through Genetic Mutations and Selection," in *Workshop Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference*, ed. Franz Rothlauf (New York: ACM Press, 2005), 366-369.
11. François-Joseph Lapointe and Martine Époque, "The Dancing Genome Project: Generation of a Human-Computer Choreography Using a Genetic Algorithm," in *Proceedings of the 13th ACM International Conference on Multimedia*, ed. Zhang et al. (New York: ACM Press, 2005), 555-558.

assume that the choreographer will select among possible movement sequences, each of which could potentially be included in the final piece, the selection phase of a GA can do likewise. Under this simplistic (and unrealistic) model of dance composition, the choreographer may be substituted by a GA, which also acts as a selective mutagen¹³. Furthermore, the choreographer may also be replaced by biological species that can transform and select movement sequences, namely bacteria. Is a choreographer always necessary for the creation of a dance? That is the question that Merce Cunningham has been asking for the longest time,¹⁴ that is also the motivation underlying our work. Provided that distinct approaches to dance composition produce similar movement sequences, such different generative processes may be used jointly in a novel type of trans-specific collaboration between the human, the machine, and a primitive life form.

In order to test our hypothesis, we need a coherent system to translate movement sequences into digital objects that can be transformed by a genetic algorithm, and molecular objects that may be transfected and evolved into bacteria. For the sake of coherence, the genetic code appears to be the optimal available system to translate these movement sequences into DNA strings. The following section briefly presents the relationship between this coding system, linguistics and information theory.

3. Linguistics, Genetics and Information Theory

The genetic code is a grammar and DNA is a language that allows every life form to reproduce and evolve (i.e. the code is universal). Like every language, DNA has its own vocabulary, syntax and se-

13. It is very important to point out at this stage that our *selective mutagen* hypothesis is intentionally simplistic to allow for a possible collaboration among different choreographic processes. Not a single human choreographer relies solely on mutation and selection to create a full piece, yet most apply these operations to generate movement sequences. Modelisation is the art of making choices. We present one model of dance composition, one that is easy to test and implement *in silico*. Like any model, it represents a simplified version of reality. But a good model is one that makes an accurate (?) prediction, and experimental evaluation of the selective mutagen hypothesis will be used to test the predictive power of our model.

14. Roger Copeland, *Merce Cunningham: The Modernizing of Modern Dance* (New York: Routledge, 2004).

manities. The nucleotides of the genetic code (A, T, G, C) are the letters of the alphabet, and the codons are triplets of nucleotides that form the words: the amino acids.¹⁵

The DNA syntax only recognises 20 such amino acids out of the 64 possible triplets, with many synonymous codons (i.e., the code is degenerate). The combination of codons into sequences of amino acids is what characterizes the genes, the sentences of the DNA language. These sentences are then organised into chapters (the chromosomes) and the combination of chapters forms a book (the genome).¹⁶

3.1 The Information Content of a Sequence

The application of information theory to the genetic code allows for a measure of the complexity of a DNA sequence, with more complex sequences defined as more informative.¹⁷ Namely, information (H) can be measured as the number of bits required to characterize the complexity of a string of length n , or the uncertainty in the prediction of what the next word in a sentence will be:¹⁸

$$H = - \sum p_i \log_2 p_i \quad (1)$$

where p_i is the relative frequency of each word in the sentence. Because these absolute values are not comparable for strings of

15. Sungchul Ji, "The linguistics of DNA: Words, Sentences, Grammar, Phonetics, and Semantics," *Annals of the New York Academy of Sciences* 870 (1999): 411-7.

16. The metaphorical representation of the genetic code as an information system has been discussed by Lily E. Kay in her book *Who wrote the Book of Life? A History of the Genetic Code* (Stanford University Press, 2000), but this position has been rejected by Richard Lewontin (*Scientist*, 16 Feb. 2001), among others. This epistemological debate lies outside the scope of our essay. Suffice to say that any other translation system may be used to encode and decode movement sequences, so long as the same code is used *in vivo*, *in vitro* and *in silico*. Our trans-specific collaboration model and selective mutagen hypothesis can also be generalised to other codes. Yet, it may be of great interest to assess the differences among several translation systems for comparison purposes, using the tests proposed below.

17. Chun Li and Jun Wang, "Relative Entropy of DNA and its Application," *Physica A*, 347 (2005): 465-71.

18. Thomas M. Cover and Joy A. Thomas, *Elements of Information Theory* (New York: John Wiley, 1999).

words that represent different vocabularies, relative information can be computed as:

$$H^* = H / H_{\max} \quad (2)$$

where,

$$H_{\max} = \log_2 V \quad (3)$$

and V represents the number of words in the vocabulary. Thus, the information content of the DNA string (AAAAA) is 0 bits, because there is no uncertainty in predicting what the next nucleotide of the sequence will be. On the other hand, the information of the DNA string (GAATC) is 0.579, being more complex (heterogeneous) and less predictive than the previous sequence.¹⁹

Information theory is fundamental for understanding the *open work* concept introduced by Umberto Eco.²⁰ In an open work, the anticipation of the public is a consequence of its uncertainty. This anticipation relies not only on the prediction of what is expected (order), but mostly on the thrill of the unexpected (the "orderly disorder" of Katherine Hayles²¹). Uncertainty thus accentuates the aesthetic experience. Still, there exists a threshold above which information is undesirable, when uncertainty is maximal, the message is entirely random and pure noise emerges.²² The precarious balance between compatible order in a message (predictability) and complete disorder (uncertainty) is what characterises aesthetics or beauty (B), also defined in mathematical terms by Birkhoff as $B = O/C$, where O represents order (symmetry, ho-

mogeneity, repetition, equilibrium) and C represents complexity (asymmetry, heterogeneity, randomness, disequilibrium).²³ Such concepts of complexity, order, information and beauty are necessary to compare the movement sequences generated by the different choreographic approaches.²⁴

3.2 The Comparison of Sequences

When multiple sequences are available, it is of great interest to determine which sequences are more similar by measuring the distances between them. There exists several indices to compare molecular sequences, and these measures also apply to any text (and movement) sequences. The Levenstein (or string-edit) distance counts the minimum number of operations required to transform one sequence into another, by inserting, deleting and/or substituting words.²⁵ Practically, this index thus provides information about the relationships among different sequences. For example, the edit-distance between (AAAAA) and (GAATC) is 3 because three substitutions are required to edit the first sequence so that it exactly matches the second one. These distances are also used to assess the convergence rate of the genetic algorithm.

4. The Choreographic Process

The creation of a dance piece is a complex process that involves the creation of movements, the definition of a syntax that combines these movements with one another, and the choice of dancers, costumes, props, lighting and music to accompany the dance. Most of these choices are irrelevant to our hypothesis. Namely, a dance can be performed without any music, specific lighting, costumes

19. Sahotra Sarkar, "Decoding 'Coding': Information and DNA," *BioScience* 46 (1996): 857-64.
20. Umberto Eco, *The Open Work* (Cambridge: Harvard University Press, 1989).

21. N. Katherine Hayles, *How We Became Post-Human: Virtual Bodies in Cybernetics, Literature and Informatics* (Chicago: University of Chicago Press, 1999).

22. This interesting trade-off between order and disorder, predictability and uncertainty, is also related to Michel Foucault's position in *L'ordre du discours* (Paris: Gallimard, 1971). The order of the genetic discourses makes no exception. The genetic code is submitted to a very strict grammar and syntax, upon which the survival of an individual depends. DNA repair mechanisms are following these grammatical rules to preserve only functional genes, while deleting superfluous mutations. As such, the cleaning process operating at the molecular level plays the same role as *taboos* in the human discourse.

23. George D. Birkhoff, *Aesthetic Measure* (Cambridge: Harvard University, 1933).

24. Although Birkhoff's equation of beauty represents an over-simplification of aesthetic experience, it can be computed from DNA strings and easily implemented in the selection phase of a genetic algorithm. Other criteria such as those proposed by Vilayanur Ramachandran and William Hirstein (*Journal of Consciousness Studies* 6 (1999): 15-51) in visual arts have also been used by Ivar Hagedoorn for dance composition (*Journal of Consciousness Studies* 11 (2004): 79-110). Yet, it is still unclear to us how such neurological criteria for evaluating beauty may be translated into mathematical equations and computer algorithms. Vladimir I. Levenstein, "Binary Codes Capable of Correcting Deletions, Insertions, and Reversals," *Soviet Physics Report* 10 (1966): 707-10.

25.

or even humans if we are dealing with virtual dancers. However, a dance cannot exist without any movement. For the sake of simplicity, we will limit the role of the choreographer solely to the creation and modification of these movements. Furthermore, the movement vocabulary will be fixed *a priori* to control for elements of style, only to focus on the syntax of the choreographic language. Thus, the choreographic process here is restricted purely to the generation and transformation of movement sequences, and the selection among several possible sequences to create a dance piece. This approach will be repeated *in vivo*, *in silico*, and *in vitro* to compare the performance of different "choreographers," each representing one of many different incarnations of our selective mutagen hypothesis.

4.1 *In Vivo* Generation of a Choreography

With no loss of generality, let us assume that a fixed number of dancers are involved in this choreographic process, and that a common vocabulary of movements is defined before hand. Within this controlled environment, the choreographer is then free to play with any number of movements to create a piece using standard choreographic operators to combine the movements into phrases. To do so, various improvisational techniques can be used to generate sequences, and these sequences may be transformed and selected to maximise subjective aesthetic criteria.²⁶

THE GENERATION PHASE. There exists a wide array of standard choreographic structures in dance composition, but most can be generated by the same syntactic operations on movement sequences. Namely, movements can be added or eliminated from a sequence to make it longer or shorter. Parts of a sequence can also be edited through the substitution of some movements by other movements that are selected from the same vocabulary. The repetition of a given movement in the dance can generate a redundant sequence. Similarly, a backward sequence can be obtained through the inversion of the order of movements in a sequence, in whole or in part. When a section of the sequence is copied and moved to

26. Lynne A. Bloom and J. Tatin Chaplin, *The Intimate Act of Choreography* (Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1989).

a different part of the choreography, a movement displacement is observed. Finally, new movements can be generated in the course of the creative process, and the choreographer then has to decide whether these movement merit selection or not.

The combination and juxtaposition of different sequences performed independently or simultaneously by different dancers is also part of the choreographic process. The composition of a solo, a duo, or a group piece involves additional strategies to transform a single movement sequence. Here the objective is to create interactions among dancers, rather than to modify the individual sequences. For example, multiple voices imply that the dancers will perform different sequences at the same time, whereas unison implies the synchronous execution of the same movement sequences by every dancer.

THE SELECTION PHASE. For a human choreographer, the selection phase is the most important one. It is here that different possible sequences are compared subjectively to select only the best, depending on what "best" may mean. For some choreographers, this process aims to tell a story (a narrative process) or simply to trigger an emotional response in the public. For others, narration is not as important as the language itself, the choreographic operators that link one movement to the next.

Regardless of the choreographer's intentions, a dance is primarily created for performance in front of a public.²⁷ Consequently, aesthetic criteria are usually involved in the selection phase of the creative process; these employ subjective judgement. However, similar syntactic operations may generate coherent choreographies, and objective measures of "beauty" (such as those proposed by Birkhoff or Kamachandran and Hirstein) may replace the subjective judgement of a human choreographer in some cases. Thus, any creative process that can filter out the variability among possible mutant sequences may do "as good as" the choreographer. If this is the case, such alternative approaches to dance composition may be combined to generate trans-specific pieces of art.

27. Larry Lavender, "Intentionalism, Anti-Intentionalism, and Aesthetic Inquiry: Implications for the Teaching of Choreography," *Dance Research Journal* 29 (1997): 23-42.

4.2 *In Silico* Generation of a Choreography

The *Choreogenesis* algorithm simulates the process of biological evolution to create mutant movement sequences. The generation phase produces movement sequences and transforms them through different types of genetic mutations. The selection phase then applies an array of selection criteria to assess the fitness of the mutant sequences and to determine which one(s) will be transmitted to the next generation.

THE GENERATION PHASE. Contrary to most genetic algorithms, sexual reproduction is ignored, with mutant sequences reproduced asexually by cloning alone. Following this, the daughter sequences will be identical to the maternal sequences and the sole source of variation is through mutation²⁸. Depending on the number of sequences (dancers), different mutations are allowed for either one (simple mutations) or multiple sequences (complex mutations) at a given time.

The first simple mutation is a *substitution*: the replacement of one or more movements from the mother sequence by a new movement selected at random from the common vocabulary. This genetic substitution is akin to the choreographer editing the sequence by replacing one movement by another. An *insertion* is the addition of one or more movements, selected at random from the common vocabulary of the mutant sequence; it is the same operation as a choreographer's addition of a movement within a sequence. The opposite of an insertion is a *deletion*, which amounts to the elimination of one or more movements, selected at random from the mother sequence. A deletion thus reduces the length of the sequence; the same operation is performed by a choreographer to delete irrelevant movements. A *repetition* consists of a random selection of one or more movements from the mother sequence, and a repetition of said selection a given number of times in the

daughter sequence. Repetitions are also used by choreographers to create patterns of redundant movements. A *translocation* is the selection of one or more movements from the mother sequence, followed by the reinsertion of this selection in a random position in the daughter sequence; for a choreographer this is a displacement of movements within a sequence. An *inversion* is a deletion of a random segment of the mother sequence that contains at least two movements, and a subsequent re-insertion of this deletion in reverse order at the same location in the daughter sequence. An inversion is akin to a retrograde movement sequence created by a choreographer.

The complex mutations are genetic operations that combine pairs of sequences, thus allowing for interaction among the dancers and the creation of richer choreographies. A duplication is the copy of a mother sequence into a pair of identical daughter sequences. Once a sequence is duplicated, the different copies can be further mutated, independently or jointly, to create unison. Duplications are required to include a new dancer at a particular point of the choreography. An extinction event is the opposite of a duplication, and it consists of the elimination of a mother sequence, when multiple sequences representing different dancers are available. These operations are required to get dancers off stage. Crossover operations are also defined to combine the movements of multiple sequences. Whereas a horizontal transfer selects a random segment from one sequence then inserts it in a second sequence to create a new daughter sequence, a hybridization event creates a mutant sequence by sampling random segments from a pair of mother sequences to produce a hybrid daughter sequence. Such operations are readily employed by choreographers to establish interactions among dancers, using either a single movement vocabulary or multiple vocabularies.

THE SELECTION PHASE. Once a mother sequence is transformed through mutations in a number of mutant daughter sequences, variation is introduced in the population. Subsequently, selection can operate to determine which is the "best" sequence. To do so, the algorithm evaluates at each iteration the fitness of every mutant and compares them to that of the mother sequence. If one of the daughter sequences has a better fitness than the origi-

28. The interesting use of female names for the mother (original sequence) and daughter (mutant sequence) is required to conform to the linguistic conventions associated with clonal (asexual) transmission of genetic material, such as that simulated by the genetic algorithm. As such, the genetic process is modelled as the transmission of mitochondrial DNA (only transmitted by the mother in most animal species), as opposed to nuclear DNA (transmitted by both parents through sexual reproduction).

nal sequence, it becomes the new mother sequence for the next iteration of the algorithm, otherwise the mother sequence is selected. Thus, the selection phase of the algorithm greatly depends on the number of mutants generated at each iteration, but also on the selection criterion employed.

Several criteria have been proposed to filter out mutants for choreographic purposes. The first one is based on Kimura's neutral (or pan-neutral) model of molecular evolution, which ignores natural selection entirely.²⁹ Under this model, daughter sequences will always replace the mother sequences, and the mutations will accumulate in a random fashion with the number of generations. However, alternate criteria can be applied to select mutants based on information measures – for example, the sequence with the highest information content may be selected at each iteration of the algorithm to become the next mother sequence. Thus this process aims to select for uncertainty, and thus to introduce increasing complexity in the movement sequences. Yet complexity (and the corresponding concept of algorithmic complexity³⁰) does not always meet aesthetic criteria, so that Birkhoff's equation of beauty may also be used as a selection criterion, which also relates to the concept of algorithmic complexity. Finally, a coevolution criterion can also be employed. This selective model implies that every mutant sequence is compared to a target sequence at each iteration of the algorithm using Levenshtein distances. The target sequence can be either fixed *a priori* to direct the evolution of the movement sequences, or be defined with respect to a sister sequence which is evolving independently under the same conditions. A choreography generated under the coevolution model will consist of movement sequences gradually becoming more and more similar to a final target sequence.

4.3 *In Vitro* Generation of a Choreography

If the choreographer is indeed a selective mutagen, any natural or artificial processes that can generate variation in a movement se-

29. Motoo Kimura, *The Neutral Theory of Molecular Evolution* (Cambridge: Cambridge University Press, 1983).

30. Ming Li and Paul Vitányi, *An Introduction to Kolmogorov Complexity and its Applications* (New York: Springer-Verlag, 1997).

quence can act as a mutagen, and biological mechanisms that filter out the mutants can play the role of the selective agent. A genetic algorithm clearly does both, but we postulate that bacteria transfected with a genetically coded movement sequence can do the same. Indeed, so-called bio-artists have often used transgenic organisms and artificial selection to create artistic pieces.³¹ If bacteria can deal with textual and visual messages, they may also be able to transform movement sequences, which can then be selected.

THE GENERATION PHASE. Briefly, the genetic transfection of bacteria by a sequence of movements proceeds in three different steps. The first and most important step encodes the movement sequence in the form of a genetic sequence, by associating each movement of the vocabulary to a unique combination of nucleotides (e.g. AA, CT, GAG). Then, the corresponding sequence can be synthesised in the lab and transfected into a bacterial strain through a bacteriophage;³² this essentially inserts the movement sequence into the genome of the bacteria. Finally, mutation of the sequence is insured by the use of different mutagens (e.g., antibiotics, or UV light), which will affect the natural rate of molecular evolution. For each division cycle of the bacteria, more and more mutants of the original movement sequence will thus be generated. It is noteworthy that contrary to human choreographers or genetic algorithms, the vast majority of the mutations occurring in bacteria are simple point mutations corresponding to substitutions, deletions and insertions. However, all complex mutations can be obtained by the cumulative effects of simple mutations.

THE SELECTION PHASE. Once different mutants are available, it is necessary to decide upon the "best" to be selected as the next sequence in the piece. As opposed to the choreographer, who subjectively decides what he or she likes based on aesthetic criteria, or the algorithm, which uses an objective criterion to select the best mutants, bacteria are not able to make choices. Rather, the selective agent is provided by the random effect of different culture media and several antibiotics that may be used. Thus, the

31. Martin Kemp, "The Mona Lisa of Modern Science," *Nature* 421 (2003): 416-20.

32. James J. Bull et al., "Experimental Evolution of Bacteriophage T7," *Evolution* 47 (1993): 993-1007.

evolution of a sequence in a bacteria is undirected and unpredictable. However, because it relies on the same mutations as the genetic algorithm, which also correspond to the syntactic operations of a choreographer, the resulting movement sequences may share some similarities. One objective of our work is precisely to assess the conditions under which these different approaches will be equivalent and compatible.

5. Assessing the Similarity Among Different Choreographic Approaches

Assuming that different creative processes can generate and select movement sequences, it is of utmost importance to assess whether such different approaches can produce coherent results. In other words, we want to determine the conditions under which humans, computers and bacteria may work together to create a trans-specific collaborative piece of art. To do so, one has to demonstrate that movement sequences generated *in vivo*, *in vitro* and *in silico* are not statistically different, that they share the same syntax and exhibit a similar complexity. If the selective mutagen hypothesis is true, it is expected that two movement sequences generated by the same choreographic process will not be more different than a pair of movement sequences generated by independent choreographic processes. In other words, the difference between two sequences created by a human choreographer should not be more extreme than that between a pair of sequences generated either by a computer or a bacteria. Furthermore, estimates of within-group and among-group variance components should not be statistically different. Two distinct experiments can easily be set up to test the prediction of this hypothesis.

5.1 Within-Group Variance

The first validation of the comparative approach assesses the relative performances of independent processes in the generation and selection of movement sequences. Precisely, we want to evaluate the hypothesis that similar choreographies could be obtained by applying the same approach to different movement sequences. Indeed, if the application of a common syntax sufficient for generating choreographies *in vivo*, *in silico*, or *in vitro*, we expect to obtain movement sequences with similar complexity values through the consistent

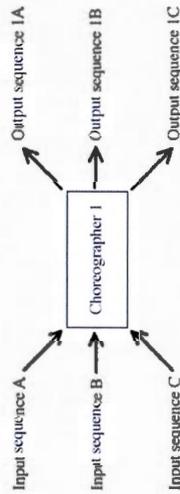


FIG. 1. Evaluation of the selective mutagen hypothesis through the comparison of the within-group variance of different input movement sequences transformed by the same "choreographer."

application of the same model to different mother sequences (Fig. 1). In other words, a choreographer who uses the same basic operations to transform independent movement sequences may generate comparable pieces, from a common vocabulary. Similarly, the same genetic algorithm using a set of fixed parameters should produce movement sequences with similar complexity values.

Testing this hypothesis thus amounts to a comparison of the produced movement sequences by repeating the choreographic process a large number of times under the same conditions, but with independent initialization. For example, the genetic algorithm may be applied to random input sequences to produce mutant sequences under a coevolutionary model. In each case, the complexity of the resulting choreography (or any other measure of aesthetics), is computed to estimate the mean and the variance of the empirical distribution of complexity values. The same exercise may then be replicated with a human choreographer, or with bacterial strain submitted to different mutagens and selective media. If the selective mutagen hypothesis is true, the complexity values computed for the different realizations of the same creative process should be comparable, and the within-group variances of different choreographies either generated *in vivo*, *in silico*, or *in vitro*, should be more similar than by chance alone.³³

33. For all statistical tests involving within and among-group variance comparisons, see Robert R. Sokal and F. James Rohlf, *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research* (New York: Freeman and Co., 1995).

5.2 Between-Group Variance

The next validation of our selective mutagen hypothesis compares the choreographies generated by the different approaches with one another. Whereas the first experimental test aims to compare the performance of the same choreographic process applied to different input sequences, the second test focuses instead on the comparison of different choreographic processes applied to the same input sequence (Fig. 2). The prediction of the model is that different choreographic approaches using the same basic genetic operators and the same movement vocabulary should generate similar pieces.

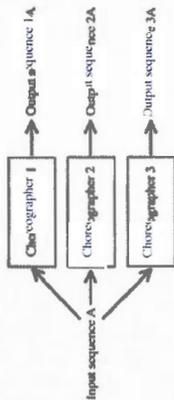


FIG. 2. Evaluation of the selective mutagen hypothesis by comparing the among-group variance of the same input movement sequences transformed by different "choreographers."

Precisely, the test of this hypothesis amounts to the transformation of a given input sequence through mutation and selection *in vivo*, *in silico*, and *in vitro*, and the measurement of the complexity of the resulting choreographies. A large number of repetitions of this parallel process will then establish the empirical distribution of variance components, within-group as well as among-group.

6. Conclusion and Further Studies

Although this paper introduced a simple-minded characterization of the choreographic process, it proposed a precise framework and model to test hypotheses concerning the important role of syntactic operations in dance composition. We postulated that movement sequences can be generated, transformed and selected through different means. However, further studies are urgently needed to fully investigate the generalization and prediction of our model.

For one, we are currently playing with the idea of mixing different vocabularies into a single choreography to facilitate interactions among dancers through crossover operations³⁴. Although our current model only applies to syntactic mutations, vocabulary mutations are also possible. For example, a retrograde mutation would reverse the order of a single movement, and not the order of the sequence, as would an inversion. Similarly, a mirror-image mutation would flip the orientation of a movement from right to left, or vice versa. Indeed, the addition of new words in the vocabulary by conversion and fusion of contiguous movements has been applied in some of our past experiments. Finally, more complex choreographic forms may emerge by allowing the algorithm or the bacteria to determine not only the movement sequences, but also the position of the dancers on stage, the direction and intensity of the movements, and the tempo of a given section.

Given that the different creative processes are not statistically distinguishable in terms of objective measures of complexity, information or even aesthetics, the next question to address is that of a possible collaboration between these different processes. Obviously, the ultimate verification of our hypothesis will require to collect data on the public responses to such choreographies, to evaluate whether one can actually discriminate among different sections of a dance piece generated *in vivo*, *in silico*, or *in vitro*. Indeed, it is quite possible that two movement sequences with similar complexity will elicit opposite responses (e.g., pleasure and displeasure) in the public. Moreover, trained individuals may perceive differences in the movement sequences that may not be obvious to the untrained eye. The selective mutagen hypothesis is only valid as long as a group of critics (the public) cannot ascertain the difference among sections of a dance piece generated by different "choreographers," or, in other words, that the use of a common set of choreographic operators (genetic mutations) applied to a common vocabulary is a sufficient condition to create aesthetically similar movement sequences, and a coherent choreography.

34. One interesting extension of this work may be to look at other types of grammatic and syntactic rules, along the language/game metaphors of Ludwig Wittgenstein, *Philosophical Investigations* (Oxford: Blackwell, 1953).

FRANÇOIS-JOSEPH LAPOINTE, MARTINE ÉPOQUE

Although our research only addresses dance composition, we strongly believe that the selective mutagen hypothesis also applies to several other artistic fields. We are trying to promote the notion that trans-specific collaboration among digital and biological bodies is already possible, and easily applicable. As long as a coherent model of creativity is developed, a coding system is justified and specific evaluation criteria are defined for a specific domain (e.g., music, visual art, architecture), the generative processes operating *in vivo*, *in vitro* and *in silico* can be used jointly to produce a piece of art. What we present is merely a framework for truly becoming post-human artists.

ANNEXE D

Lapointe, F.-J. (2011). Bio art + body art = inner-body art
(with a typology of biotechnological art). *International Journal
of the Arts in Society*, 6(3), 1-7.

Bio Art + Body Art = Inner-Body Art: (With a Typology of Biotechnological Art)

François-Joseph Lapointe, Université du Québec à Montréal, Québec, Canada

Abstract: Recent advances in genomics and biotechnology have provided a new set of approaches, methods and media for new types of artistic endeavors. The so-called bio artists who are employing these tools are pushing the boundaries of art, while revealing at the same time what really goes on in science laboratories. A large array of techniques ranging from tissue culture, genetic engineering, and artificial life are currently being applied, and the products being displayed, in the name of art. In this paper, I will discuss the impact of biotechnology in the specific context of art. I will then propose a typology of bio art, drawing from several examples, with special reference to body art and inner-body art.

Keywords: Bio Art, Body Art, Inner-Body Art, Performance Art, Viennese Actionism, Typology of Bio Art

What is Bio Art?

BIO ART (OR biotechnological art) is an artistic movement with fuzzy boundaries, both in its forms and objectives. At the interface of scientific and artistic practices, the so-called bio artists are experimenters and manipulators, researchers in biology, genetics and art at the same time¹. *Bio art* in itself is not easy to define. Eduardo Kac uses the term to name his work involving biological agents, as opposed to biological objects². Marta de Menezes, describes it as a new form of art, an art created in test tubes, using laboratories as workshops³. For Hervé Fischer it is simply the encounter of art and biology⁴, whereas Stephen Wilson characterizes it as bio-engineering, the incorporation of messages in genetic sequences, breeding and selection experiments, stem cell research, or all types of experiments involving biological materials⁵. Here I concur with Georges Gessert, and define bio art as a collection of practices that reflects on the scientific *processes*, cultural *meanings*, and political *ramifications* of biotechnology⁶, art that *uses* biotechnology as a

¹ Bec, L. 2005. Leçon d'épistémologie fabulatoire N° 38. In *Art et Biotechnologie*, L. Poissant and E. Daubner (eds), Presses de l'Université du Québec, Sainte-Foy, pp. 69-80.

² Kac, E. 2003. Transformation du vivant-Mutation de l'art. In *l'Art Biotech*, J. Blaise (ed.), Éditions Filigranes, Trézélan, pp. 33-46.

³ de Menezes, M. 2002. The laboratory as an art studio. In *The Aesthetics of Care?* O. Catts (ed.), Symbiotica, Perth, pp. 53-58.

⁴ Fischer, H. 2003. Le mythe et ses doubles. In *Art et Biotechnologie*, L. Poissant and E. Daubner (eds), Presses de l'Université du Québec, Sainte-Foy, pp. 139-148.

⁵ Wilson, S. 2002. Information arts: Intersection of art, science, and technology. MIT Press, Cambridge, Mass.

⁶ Gessert, G. 1996. A brief history of art involving DNA. *Art Papers*, Sept.- Oct. 1996: 22-25.

metaphor or as a creative substrate⁷. Thus, it is possible to characterize the multiple forms of bio art with respect to the technical approaches, the motivations and objectives of bio artists, as well as the biological media involved. This polysemic interpretation is general enough to satisfy both biologists and artists involved in this field of research.

For Annick Bureau, biological art generates two types of commentaries⁸. The first type is technical⁹; it categorizes works according to the process of their production. The second type, the most common, is social, political and sometimes ethical; it ignores the purely methodological aspect of the work to focus on the discourse, negative or positive, about biotechnology. While accepting this framework for evaluating and categorizing bio art based on technical and socio-political considerations, as a biologist, I want to dissect the different practices further. Because similar techniques (e.g. cloning) may apply to various organisms (e.g. *Dolly* the sheep or *E. coli* bacteria), it is necessary to distinguish bio art using different species, more or less related to *Homo sapiens*. Furthermore, as the focus changes from reductionist to more holistic approaches, the levels of biological organization should be used to classify bio art. Here, I propose a typology of the various individual practices, a classification of bio art based on taxonomy and organization level of the biological media, as well as on the socio-political commentaries about the work. I will then apply this typology to define body art and inner-body art as sub-types of bio art. Throughout this paper, I will present the most relevant works of some bio artists to illustrate my point. I will conclude my essay with some exceptions and possible extensions to the proposed typology.

A Proposed Typology of Bio Art and Bio Artists

While many artists have used the human-*Homo sapiens*-as the biological substrate of their manipulations, countless numbers of model species¹⁰ have been used to support biotechnological works. Bio art now represents an inclusive field of practices, with particular emphasis on biodiversity. Among the most famous species at play are the GFP rabbit (*Oryctolagus cuniculus*, Eduardo Kac), the modified butterflies (*Bicyclus anynana* and *Heliconius melpomene*, Marta de Menezes), the transgenic bacteria (*Escherichia coli*, Joe Davis), the artificial irises (*Iris chrysophylla*, George Gessert), and the cloned walnut trees (*Juglans hindsii* x *Juglans regia*, Natalie Jeremijenko). Using the human species as a reference point, any given work thus can be classified in terms of its phylogenetic distance to *H. sapiens* (e.g. from human, to other mammals, birds, reptiles, amphibians, fish, invertebrates, plants, algae, and bacteria). This so-called "anthropocentric" variable defines the first dimension of the proposed typology (see Figure 1).

⁷ "We must first distinguish between what is metaphor and what is the effectiveness". The first requires the participation of scientists, while the second is a virtual exhibition of biotechnology. Michaud, Y. 2003. Arts et biotechnologies. In *Art Biotech*, J. Blaise (ed.), Éditions Filigranes, Trézélan, pp. 80-85.

⁸ Bureau, A. 2002. The ethics and aesthetics of biological art. *Art Press* 276, Feb. 2002: 38-40.

⁹ "Going from the most general to the most specific, this gives us: biological art, which is based on the processes of life forms in the broad sense of that word; biotechnological art, which uses contemporary technologies; genetic art, founded on knowledge and manipulation of genes and DNA; and transgenic art, which consists in transferring synthetic genes to an organism or transferring natural genetic material from one species into another." (Bureau, 2002).

¹⁰ It is well known that most of the knowledge in modern biology is based on the use of model organisms - rat (*R. norvegicus*), mouse (*M. musculus*), chicken (*G. g. domesticus*), zebrafish (*D. rerio*), drosophila (*D. melanogaster*), the nematode worm (*C. elegans*), yeast (*S. cerevisiae*) and bacteria (*E. coli*) to mention only the most used. The choice of a species by bio artists only perpetuates (wrongly or rightly) the *modus operandi* of science.

In parallel to this taxonomic diversity, there is an impressive variety of levels of biological organization exposed by biotechnological art. The materials of bio artists come from the specimens to the molecules: organs, tissues, cells, chromosomes, genes, nothing is excluded. For some, hybridization (*Pacifica iris*, George Gessert), transgenic (*Genesis*, Eduardo Kac) and cloning experiments (*One Trees*, Natalie Jeremijenko) question “the permeability of the frontiers between species, the continuity that goes from the non-living to the different degree of complexity of life forms”¹¹. For others, the ecosystem is also part of their work that involves competition, predation or mutualism between species (*Theatre of the World*, Huang Yong Ping¹²). At a reductionist scale, cell cultures (*Victimless Leather*, Tissue Culture & Art), xenograft (*Ear on Arm*, Stelarc), chromosome staining (*NucleArt*, Marta de Menezes), DNA fingerprinting (*Chromosome Chart of Suzanne Anker*, Artist, Suzanne Anker), DNA cloning (*DNA Garden*, Marc Quinn) and gel electrophoresis (*Latent Figure Protocol*, Paul Vanouse) are among the biotechnological methods commonly used by bio artists. Accordingly, in addition to taxonomy, any artwork can be classified with respect to its level of biological organization (e.g. from the DNA molecule to chromosomes, cells, tissues, organs, organisms, populations, species, communities, and ecosystems). This variable serves as the second dimension in the proposed typology (see Figure 1).

Very often, bio artists use methods and processes specific to the microbiology and biotechnology, for purposes of social awareness, while raising critical issues in ethics¹³. They integrate their work in a social commentary, which overwhelmingly takes the form of criticism or denunciation. These works question our value system and take up position, either implicitly or on the basis of an explicit discourse¹⁴. However, few bio artists have a background in biology and formal training in biotechnology. In this respect, some are very critical of the positivist thinking and research methods of science¹⁵. Today, bio artists occupy a prime position by moving into the public arena the ethical debate, outside of the laboratory walls. By provoking this confrontation, they ask questions that the scientific committees often ignore in academic research. Yet, bio art seems to take two seemingly opposing directions and motivations emerging from conflict: a desire for empowerment and eternity on the one hand, and a desire to control and preserve the integrity of life as it comes on the other hand¹⁶. Some are caricaturing (*The Workhorse Zoo*, Adam Zaretsky) or increasing the fear of biotechnology

¹¹ Bureaud, A. 2002. The ethics and aesthetics of biological art. *Art Press* 276, Feb. 2002: 38-40.

¹² This work represents a turtle-shaped sculptural installation containing snakes, lizards, scorpions, spiders, cockroaches, centipedes and other insects that alludes to the dynamics of power and refers to Chinese cultural traditions. It deals candidly with subjects that are timely and challenging, raising important questions about the ways humans interact, how different cultures come together and the ways in which humans impact the natural world. Yet, a Vancouver art gallery was forced to remove all animals from the sculpture in order to maintain the artwork's integrity, while the same work was censored in Paris, due to extraordinary pressures from animal rights activists.

¹³ Gigliotti, C. 2006. Leonardo's choice: The ethics of artists working with genetic technologies. *AI & Society*, 20: 22-34; MacNeill, PA, and Ferran, B. 2011. Art and bioethics: Shifts in understanding across genres. *Bioethical Inquiry*, 8: 71-85.

¹⁴ Bureaud, A. 2002. The ethics and aesthetics of biological art. *Art Press* 276, Feb. 2002: 38-40.

¹⁵ “The Critical Art Ensemble [...] has involved a deeper collaboration between art, activism, and science, a combination they term contestational biology [...] the critical and ethical redeployment of biology to enable it to function politically [including] the demystification of scientific knowledge, the diffusion of public fear, the critique of utopian rhetoric, and the building of respect for conscientious forms of collaboration and amateurism”. Thacker, E. 2005. *The global genome: Biotechnology, politics and culture*. MIT Press, Cambridge, Mass.

¹⁶ Poissant, L. 2005. L'art de réinventer la vie. In *Art et Biotechnologie*, L. Poissant and E. Daubner (eds), Presses de l'Université du Québec, Sainte-Foy, pp. 1-16.

(*Cult of the New Eve*, Critical Art Ensemble) in outrageous performances, while others are merely interested in the manipulation of the living for purely aesthetic (*Ars Chimaera*, Dmitry Bulatov) or metaphysical (*Nature?*, Marta de Menezes) purposes, as the genetic structure fascinates them and appears to be available as a true code of Life (*DNA Portraits*, Kevin Clarke). Thus any practice can be classified with respect to a large spectrum of motivations, from the more negative (e.g., blaming, ridicule, critical, cynical) to the positive ones (e.g., playful, respectful, celebrating, laudatory). This set of attributes composes the third dimension of the proposed typology (see Figure 1).

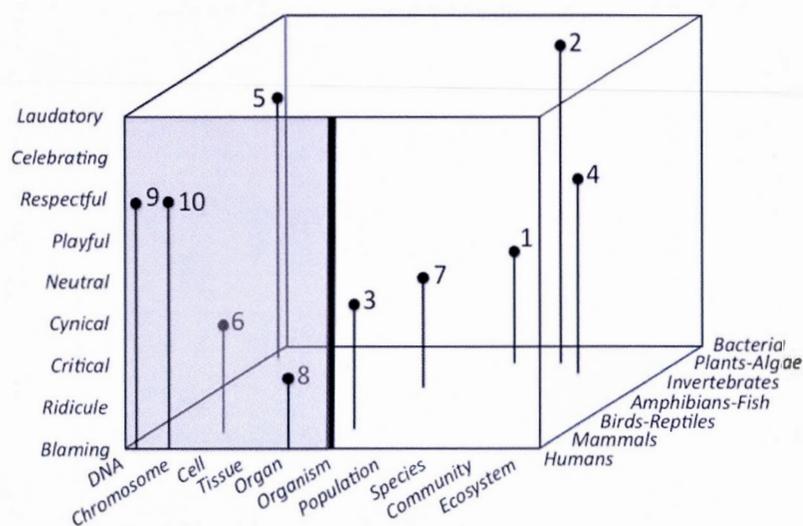


Figure 1: Example of a Classification of Some Bio Art, Based on the Proposed Typology. The Thick Black Line at the Organismal Level of Biological Integration Defines Body Art, Whereas the Gray Area Below the Organism Defines Inner-Body Art. Numbers Refer to the Following Works: (1) *One Trees*-Natalia Jeremijenko; (2) *Pacifica Iris*-George Gessert; (3) *GFP Bunny*-Eduardo Kac; (4) *Nature?*-Marta de Menezes; (5) *Microvenus*-Joe Davis; (6) *Pig Wings*-TC&A; (7) *Ars Chimaera*-Dmitry Bulatov; (8) *Ear on Arm*-Stelarc; (9) *Sir John Sulston: A Genomic Portrait*-Marc Quinn; (10) *NucleArt*-Marta de Menezes

Body Art is a Sub-Genre of Bio Art

Based on the proposed typology, it follows that body art¹⁷ is a sub-genre of bio art, namely, art made *on*, *with*, or consisting *of*, the human body. Restricting body art to the “human” body, however, eliminates one dimension of the typology; by definition body art strictly

¹⁷ The term *Body Art* was first coined in 1971 in the subtitle of an article in *Arts Magazine*. Precursors of body art include Allan Kaprow's happenings (1959-), Yves Klein's *Antrophométries* (1960-), and even Piero Manzoni's *Living Sculpture* (1961). Nemser, C. 1971. Subject-Object: Body Art. *Arts Magazine* 46, Sept-Oct: 38-42.

applies to *Homo sapiens* and no other species¹⁸. Furthermore, focusing on this unique level of biological organization, the body, reduces the second dimension of the typology to a single point, discarding anything below and above the organismic level. That leaves socio-political commentary as the only dimension defining the different body art practices. In Figure 1, the *space* of body art is thus represented by a single thick black line. It follows that body art (i.e., performance art, actions, happenings, flesh and carnal art) can be ranked with respect to this vector going from (mostly) negative to positive discourses. The themes of body artists include body modifications (*Performances/Surgeries*, Orlan), aggression (*Shoot*, Chris Burden), violence (*Relation in Space*, Marina Abramović and Ulay), mutilation (*Aktion 2*, Rudolf Schwarzkogler), pain (*On Steps without Anaesthesia*, Gina Pane), gender (*Interior Scroll*, Carolee Schneemann), religion (*Mass for a Body*, Michel Journiac), and sex (*Post Porn Modernist*, Annie Sprinkle), among others. Blood, semen, feces and other body fluids are often exhibited, just for the sake of provocation¹⁹. Likewise, body artists are sometimes exposing their bodies to extreme torture (*Self Obliteration*, Ron Athey²⁰), just to be recognized and confirmed, in the eyes of the public²¹.

Inner-Body Art: From Body Art to Body Part(s)

What defined Viennese actionism, destruction for the sake of creation²², is echoed by many bio artists. While Otto Muehl, Günter Brus, Hermann Nitsch and Rudolf Schwarzkogler were pushing their bodies to the limits of the tolerable in the 1960's, the works and performances exhibited by the likes of Stelarc, Kira O'Reilly and Marc Quinn, to name a few, have the same impact factor today as that of their predecessors. The difference between some of these practices lies *within* the body. Whereas early performance artists were using their bodies as both the object and the subject of their work, bio artists are putting their organs, their cells, their genes on display, in the name of art, and to elicit a response, negative or

¹⁸ This species-specific delimitation of body art is not always straightforward to justify. For example, how should we characterize Win Delevoy's *Art Farm* featuring tattooed pigs? Pig art? And what about Kira O'Reilly's performance, where she lies naked in bed with a dead pig? Dead pig art? Is it still body art when other bodies than human bodies are exposed? The same problems apply to Maya Masaoka's *Ritual With Giant Hissing Madagascar Cockroaches*, or even Joseph Beuys' *Coyote: I Like America and America Likes Me*.

¹⁹ "Provocative, disturbing, elemental, their often nude or partially nude performances in the artists' own lofts or alternative galleries were charged with meanings that functioned on both a visceral and intellectual level. On the one hand, viewers were transformed, willingly or not, into voyeurs, sucked into a vortex of constrained eroticism surrounding the performance. On the other hand, many viewers quickly understood the intended ironies of the various surprising and sometimes shocking gestures". Goldberg, R. 2004. *Performance: Live art since the 60s*. Thames and Hudson, New York.

²⁰ Someone recently challenged the position of Ron Athey on the body art axis of the typology. Rightly so, the performances of this HIV-positive artist involves not only the human body, but the virus living *inside* his body. Of course, every human being is an ecosystem of bacteria and virus - the so-called microbiome - but, in the case of Ron Athey, the HIV virus represents an intentional and crucial part of the performance, not to be ignored.

²¹ "The public is needed to complete the event; it must be involved in a collective experience that leads it to reconsider its quotidian existence and the rules of its ordinary behavior [...] The relationship between public and artist become a relationship of complicity [...] The gesture of the artist who makes a proposition acquires significance only if his actions are met by an act of *recognition* on the part of the spectator [...] It is indispensable that the public co-operate with him, since what he needs is to be *confirmed* in his identity". Vergine, L. 2007. *Body art and performance: The body as language*. Skira, Milan.

²² Roussel, D. 2001. Viennese actionism: Destruction brings creation. In *Art Action, 1958-1998*, R. Martel (ed.), Editions Intervention, Québec, pp. 158-167.

positive, from the public²³. For the first time in art history, invisible constituents of our bodies are being shown in museums and galleries. When chromosomes (*NucleArt*, Marta de Menezes), or genes (*Sir John Sulston: a Genomic Portrait*, Marc Quinn) are exhibited, the invisible becomes visible, and what biologists are used to seeing in their labs enters the public domain. A new door opens into the body, thanks to biotechnological art practices. Unlike body art, this type of *inner-body art* occupies not a single line, but a two-dimensional plane, depicted in gray in the proposed typology (see Figure 1). In body art, the body, often that of the artist is the principal medium and focus of the work. Inner-body art rather focuses on body parts, not on the body as a whole. This commoditization of the human body raises concerns among several bio artists, who are playing Frankenstein not as geneticists, but as artists²⁴. Ironically, in spite of a similar shock value²⁵, body art has somewhat evolved from an aesthetics of destruction (actionism) to an aesthetics of caring (bio art).

Extensions (and Exceptions)

For the sake of clarity, a three-dimensional typology was adopted to classify different bio art practices with respect to one another, based on semi-quantitative variables (Figure 1). However, with no loss of generality one may use a simplified system to characterize the same works using qualitative descriptors. To do so, the typological space can be subdivided in different regions, according to the following attributes: (1) human vs. non-human, (2) lower vs. higher levels of biological organization, (3) negative vs. positive discourse on biotechnology. With this categorical typology, distinct sub-types may then be identified, e.g. a positive, human, lower-level practice, as opposed to a negative non-human higher-level practice. Adding a technical dimension, as proposed by Bureau²⁶, could extend and further refine the typology: for example, by separating genetic art from transgenic art, although both are based on DNA. Similarly, one may distinguish among works including “living” vs. “dead” organisms, “effective” vs. “metaphorical” practices, and even consider “virtual” practices such as those based on genetic algorithms, neural networks, and artificial intelligence²⁷.

To conclude, I must recognize that the classification system I propose is doomed to be imperfect. For obvious reasons, several practices do not fit within the typology. These excep-

²³ I am proposing a very narrow definition of inner-body art, one that presents parts of the body which are not visible from the outside, unless this body is dissected. Strictly speaking, inner-body art may also include body art practices which put on display what's inside the holes and orifices of the body, such as Michel Journiac using his anus as a pinhole camera, Annie Sprinkle using a speculum to exhibit her cervix, or Phillip Warnell using a camera to project his gastro-intestinal tract on screen.

²⁴ “There is a complex, interactive, and poorly understood relationship between genetic predisposition and environmental conditions, between biology and culture, between nature and nurture. Yet, scientists refer to DNA as the master molecule [...] Some artists, preoccupied with the historical abuses of genetics, are using their work to express profound reservations about genetic engineering [...] These critiques are, indeed, a cynical response to the involvement of geneticists in the biotechnology industry and to their repeated promises that knowledge of genetics will enhance control over the human future”. Nelkin, D. 1996. The gene as a cultural icon: Visual images of DNA. *Art Journal*, 55: 56-61.

²⁵ It is noteworthy that Günter Brus was granted public enemy number one in Austria. A few years later, the bio artist Steve Kurtz was arrested by the FBI on charges of bioterrorism, after the death of his wife. Same old story.

²⁶ Bureau, A. 2002. The ethics and aesthetics of biological art. *Art Press* 276, Feb. 2002: 38-40.

²⁷ Romero, J. and Machado, P. (eds). 2007. *The art of artificial evolution: A handbook on evolutionary art and music*. Springer, Berlin.

tions are pushing the boundaries between old and new practices. Namely, my own work in choreogenetics²⁸ violates the parameter-space of the classification. By creating choreographies *in vivo*, *in vitro*, and *in silico*²⁹, different media and technical approaches are combined; the resulting work is body art (human dancers are performing the piece) as well as inner-body art (the dancer's DNA is used as a choreographic substrate), virtual (a genetic algorithm is employed to generate choreographic variants) as well as effective (DNA sequencing technology is used to compose the piece). Future "hybrid" typologies should account for such mixed media, for bio art practices involving multiple species, as well as for contradictory commentaries on biotechnology.

About the Author

François-Joseph Lapointe

François-Joseph is a trained evolutionary biologist from the Université de Montréal and a PhD candidate in arts at the Université du Québec à Montréal. As a scientist, he has published over 80 papers ranging from phylogenomics to population genetics and conservation biology. As a bioartist, he is transposing the stochastic processes of molecular evolution to the field of choreography. For his most recent project, he used DNA as a substrate for dance composition.

²⁸ Lapointe, F.-J. 2005. Choreogenetics: The generation of choreographic variants through genetic mutations and selection. in *Workshop Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference*, F. Rothlauf (ed.), ACM Press, New York, pp. 366-369.

²⁹ Lapointe, F.-J. and Époque, M. 2011. *In vivo/in silico/in vitro: The death of the choreographer?* In *Second Nature: Origins and Originality in Art, Science, and New Media*, R. Hughes and J. Sundén (eds), Axl Books, Stockholm, pp. 173-191.

ANNEXE E

Les différentes formulations mathématiques du hasard artistique

Qu'il soit fortuit, aléatoire, contingent ou accidentel, le hasard prend plusieurs formes en art. Pour certains, il est une source d'inspiration qui permet au créateur d'expérimenter objectivement d'autres chemins que ceux qu'il fréquente habituellement. Pour d'autres, il incarne une force créatrice universelle qu'il importe de libérer par l'entremise de l'art (le hasard déclencheur, voir plus bas); laisser le hasard s'exprimer sans contraintes. Toujours, c'est par la mathématique qu'il devient possible d'accéder au hasard, selon les différentes probabilités qu'un événement se réalise, indépendamment de la volonté de l'artiste. Janet Zweig (1997) distingue trois types de systèmes combinatoires reposant sur des caractérisations mathématiques très strictes du hasard: les permutations, les combinaisons et les variations. Il importe ici de bien différencier ces notions du hasard pour être à même de mieux comprendre leur utilisation en art.

Les permutations

À des fins de démonstration, prenons la suite de lettres ABC, un ensemble de trois éléments distincts (par exemple, trois mouvements différents dans une séquence chorégraphique). Une permutation consiste à changer l'ordre des éléments de la suite, de manière à obtenir une nouvelle suite de lettres différente de la suite originale. BAC est une permutation valide de ABC car elle contient le même nombre d'éléments sans qu'aucun ne soit répété. En d'autres termes, BAC est un anagramme de ABC. On dira également qu'une permutation est un échantillonnage sans remise des éléments d'un ensemble: si A, B et C sont trois lettres placées dans un chapeau, il est possible d'obtenir une permutation en pigeant une nouvelle lettre dans le chapeau, jusqu'à ce que toutes les lettres aient été pigées. Ainsi, les séquences CAB, CBA, BAC, BCA, ACB et ABC représentent autant de permutations de l'ensemble A, B et C (notez que la suite originale est une des réalisations possibles du tirage aléatoire des lettres dans le chapeau, sans en avoir changé l'ordre). Dans notre exemple, on distingue 6 permutations distinctes de trois lettres, mais il n'est pas nécessaire d'énumérer toutes

les possibilités pour établir le nombre de permutations. Étant donné un ensemble W constitué de n éléments (on dira que la cardinalité de W - $\text{card}(W)$ - est n), il existe $P(n)$ permutations possibles, où $P(n) = n! = n \times (n-1) \times (n-2) \times \dots \times 2 \times 1$ (c'est la factorielle de n). Pour $n = 3$, comme dans le cas présent, le nombre de permutations $P(3)$ est de $3! = 3 \times 2 \times 1 = 6$, mais pour $n = 5$, le nombre de permutations $P(5)$ est de $5! = 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 120$. L'ordre d'apparition des lettres dans la suite d'une permutation est crucial car il permet de distinguer l'ensemble des permutations de l'ensemble des combinaisons. On remarque également que les répétitions sont interdites dans une permutation, à moins que l'ensemble original comporte des éléments identiques.

Les combinaisons

Lorsqu'on s'intéresse non pas à l'ordre des éléments dans une suite, mais à la nature de ses éléments, on parle de combinaisons et non de permutations. On obtient une combinaison possible des lettres A, B et C en tirant au hasard d'un chapeau un nombre prédéterminé de lettres, sans égard à la séquence du tirage. Le nombre de combinaisons de cardinalité 1 (combinaison ne comportant qu'un seul élément) correspond tout simplement à la cardinalité de l'ensemble original (le nombre d'éléments dans le chapeau). Ainsi, il existe 3 combinaisons de taille 1: la combinaison A, la combinaison B et la combinaison C. Le nombre de combinaisons de deux éléments tirés d'un ensemble de 3 éléments est aussi égal à 3: la combinaison AB, la combinaison AC et la combinaison BC. Notons que contrairement aux permutations, les tirages AB et BA représentent la même combinaison car l'ordre du tirage n'a pas d'importance. On comprendra que toutes ces combinaisons représentent différents sous-ensembles de l'ensemble original. Il existe cependant une combinaison représentant tous les éléments de l'ensemble: dans le cas présent, la combinaison ABC. On notera par $C(k, n)$ (lire combinaison de k parmi n) le nombre de combinaisons possibles de k éléments à partir d'une ensemble de n éléments. Ce

nombre est obtenu par la formule suivante: $C(k, n) = n! / (k! (n - k)!)$. Pour $C(2, 3)$, il existe $3! / (2! (3 - 2)!) = 6 / 2 = 3$ combinaisons, alors que pour $C(2, 5)$, on distingue $5! / (2! (5 - 2)!) = 120 / 12 = 10$ combinaisons. On parle également du nombre d'arrangements comme un type de combinaisons qui tient compte de l'ordre des éléments (AB est différent de BA).

Les variations

Certains types de permutations autorisent la répétition des éléments de l'ensemble original pour former des suites distinctes: ce sont les variations (*sensu* Zweig, 1997b). Une variation de l'ensemble A, B, C peut ainsi contenir plus d'une fois la même lettre, par exemple, ABA ou CCC. Contrairement aux permutations qui sont des tirages aléatoires *sans remise*, on définit les variations combinatoires comme le résultat de tirages aléatoires *avec remise* des éléments dans le chapeau après chaque tirage. Le nombre de variations est supérieur au nombre de permutations pour un même ensemble W. On notera par $V(n)$ le nombre de variations possible d'un ensemble de n éléments.

Les permutations, les combinaisons et les variations peuvent s'additionner dans des suites de longueurs variables, de telle sorte que le nombre de séquences possibles à partir d'un ensemble d'éléments W est infini. Par exemple, le nombre de séquences d'ADN possibles à partir d'un ensemble (code génétique) de quatre lettres A, T, C et G est suffisant pour générer la formidable diversité du vivant, de l'amibe au cachalot en passant par la tulipe et la sauterelle.

ANNEXE F

Formulaire de consentement
(*Polymorphosum urbanum*)

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

- Titre du projet :** *Polymorphosum urbanum*
- Nature du projet :** Danse *in situ*
Événement Art Souterrain, Nuit Blanche
Festival Montréal en Lumière, le 28 février 2009
- Chercheur principal :** François-Joseph Lapointe
- Institution :** Université de Montréal, Dép. de sciences biologiques
Laboratoire d'écologie moléculaire et d'évolution
et
Université du Québec à Montréal
Programme de doctorat en études et pratiques des arts
- Directrice de recherche:** Martine Époque, Professeure émérite
Département de danse, UQAM
- Projet financé par :** Art Souterrain, Génome Québec, UQAM

1. Description du projet

1.1 Résumé du projet

Ce projet consiste à mettre en mouvements l'ADN (acide désoxyribonucléique) sous la forme d'une œuvre chorégraphique. L'ADN est une molécule, retrouvée chez l'humain dans le noyau de toutes les cellules, qui renferme l'ensemble des informations nécessaires au développement et au fonctionnement d'un individu. On retrouve également de l'ADN au sein des mitochondries, de petits organites responsables de la respiration cellulaire. L'ADN, qu'il soit nucléaire ou mitochondrial, est constitué de quatre nucléotides représentés par des lettres : l'adénine (A), la thymine (T), la cytosine (C) et la guanine (G). Dans le cadre de *Polymorphosum urbanum*, les danseurs interpréteront une suite de gestes qui représente une section de leur ADN mitochondrial. Chaque lettre est associée à un mouvement et la séquence de mouvements forme l'essence d'une chorégraphie composée en temps.

1.2 Sollicitation de participation

Nous vous demandons de participer à ce projet de recherche en art.

2. Déroulement du projet

2.1 Procédure

Afin d'obtenir un échantillon de votre ADN mitochondrial, vous devez frotter l'intérieur de vos deux joues pendant 30 s à l'aide d'une brosse buccale conçue à cet effet. Cet échantillon sera par la suite codé et transmis à Génome Québec afin d'amplifier (processus consistant à copier en plusieurs copies une région de l'ADN) et de séquencer (processus consistant à obtenir la suite des nucléotides de la section d'ADN ciblée) les régions hypervariables I et II de l'ADN mitochondrial. La séquence en question sera transformée en mouvements que vous interpréterez lors de la présentation de *Polymorphosum urbanum*.

2.2 Envergure du projet

La partie expérimentale du projet (réculte de l'ADN) se déroulera au Laboratoire d'écologie moléculaire et d'évolution (Département de sciences biologiques, Université de Montréal) et la partie artistique se déroulera dans le cadre de l'événement Art Souterrain de la Nuit Blanche du Festival Montréal en Lumière, le 28 février 2009. Une trentaine de danseurs, amateurs et professionnels, participeront au projet.

3. Conservation des échantillons d'ADN

3.1. Identification des échantillons

Nous protégerons la confidentialité des échantillons en leur assignant un code spécifique. Votre échantillon ne sera pas identifié, mais un code permettra de vous lier à cet échantillon. Les échantillons seront conservés sous-clé dans un congélateur et les données seront sauvegardées dans un ordinateur protégé par un mot de passe. Seul le chercheur principal ou une personne déléguée par ce dernier aura accès aux échantillons. Le décodage ne peut cependant être fait que par le chercheur principal.

3.2. Durée de conservation

Des échantillons de votre ADN seront conservés au Laboratoire d'écologie moléculaire et d'évolution (Département de sciences biologiques, Université de Montréal) pour une durée d'un an, suite à quoi tous les échantillons seront détruits. Toutes les données seront détruites après sept ans. Toutefois, votre ADN sera détruit et vos données seront effacées si vous décidez de vous retirer du projet en cours de route.

3.3. Autres recherches

Un nouveau consentement sera nécessaire pour que d'autres recherches d'ordre scientifique soient effectuées sur votre échantillon d'ADN codé, le cas échéant. Nous autorisez vous à vous recontacter dans le futur pour d'autres recherches?

OUI ou NON (encerclez)

4. Avantages et bénéfices

Vous ne recevrez aucun bénéfice personnel en participant au projet de recherche, autre que la possibilité d'interpréter votre ADN dans le cadre d'une performance. Sur simple demande, nous vous transmettrons les résultats généraux de cette recherche, une fois l'étude terminée.

5. Risques

5.1. Risques physiques

Il n'y a aucun risque physique liés au prélèvement d'un échantillon d'ADN à partir d'un frottis buccal. Il y a un risque de blessure lors de la présentation de *Polymorphosum urbanum*, le 28 février 2009.

5.1. Risques socio-économiques

Il n'y a aucun risque socio-économique lié à la divulgation des résultats ou de votre participation à des tiers.

6. Confidentialité

6.1. Sécurité des données

Tous les renseignements obtenus sur vous et les résultats de la recherche seront traités de façon confidentielle. Ces renseignements seront codés et le dossier sera sous la responsabilité du Professeur François-Joseph Lapointe.

Par ailleurs, les résultats de cette étude pourront être publiés ou communiqués par d'autres moyens, mais aucune information pouvant vous identifier ne sera alors révélée.

6.2. Accès de tiers aux résultats

À des fins de contrôle du projet de recherche, votre dossier pourra être consulté par une personne mandatée par le Comité d'éthique de la recherche de la Faculté de médecine (CERFM) de l'Université de Montréal.

7. Communication des résultats

Vous pouvez communiquer avec l'équipe de recherche afin d'obtenir de l'information sur l'avancement des travaux de recherche. Les résultats finaux vous seront communiqués au plus tard le 28 février 2009, lors de la Nuit Blanche du Festival Montréal en Lumière.

8. Liberté de participation et liberté de retrait

Votre participation à ce projet artistique est tout à fait volontaire. Vous êtes donc libre d'accepter ou de refuser d'y participer et vous pouvez vous retirer du projet en tout temps, sans avoir à donner de raisons.

9. Indemnité compensatoire

Vous recevrez une somme forfaitaire de 50\$ en compensation de votre participation à ce projet. Cette somme vous sera versée par le programme de Doctorat et études et pratiques des arts de l'UQAM, après le 28 février 2009.

Vous recevrez également en échange de votre participation à ce projet un tube contenant la région de l'ADN mitochondrial ciblée dans le cadre de l'étude. Ce tube vous sera remis au plus tard le 28 février 2009.

10. Personnes ressources

Si vous désirez des renseignements supplémentaires au sujet du déroulement de ce projet de recherche ou pour nous communiquer tout changement d'adresse, nous vous invitons à contacter François-Joseph Lapointe au numéro de téléphone (514) 343-6111, poste 1031, ou à l'adresse courriel francois-joseph.lapointe@umontreal.ca.

Toute plainte relative à votre participation à cette recherche peut être adressée à l'ombudsman de l'Université de Montréal, au numéro de téléphone (514) 343-2100 ou à l'adresse courriel ombudsman@umontreal.ca. (L'ombudsman accepte les appels à frais virés)

11. Adhésion au projet et signatures

J'ai lu et compris le contenu du présent formulaire. Je certifie qu'on me l'a expliqué verbalement. J'ai eu l'occasion de poser toutes les questions concernant ce projet de recherche et on y a répondu à ma satisfaction. Je certifie qu'on m'a laissé le temps voulu pour réfléchir et prendre ma décision. Je sais que je pourrai me retirer en tout temps.

Je soussigné(e) accepte de participer à cette étude.

Nom du participant

Signature du participant

Date

Adresse du participant

Téléphone

Courriel

Je certifie a) avoir expliqué au signataire les termes du présent formulaire de consentement; b) lui avoir clairement indiqué qu'il reste à tout moment libre de mettre un terme à sa participation au présent projet et que je lui remettrai une copie signée du présent formulaire.

Nom du chercheur

Signature du chercheur

Date

L'original du formulaire sera conservé au Laboratoire d'écologie moléculaire et d'évolution (Département de sciences biologiques, Université de Montréal) et une copie signée sera remise au participant.

Le projet de recherche et le présent formulaire ont été approuvés par le Comité d'éthique de la recherche de la Faculté de Médecine (CERFM) de l'Université de Montréal.

No de référence : CERFM #443

Date de la version du présent formulaire : 15 janvier 2009

ANNEXE G

Certificat d'approbation du comité d'éthique
(*Polymorphosum urbanum*)

**CERTIFICAT D'APPROBATION DU COMITÉ D'ÉTHIQUE DE LA
RECHERCHE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE (CERFM)**

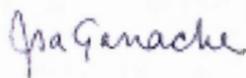
Le Comité d'éthique a étudié le projet intitulé :

Polymorphosum urbanum (volet artistique)

présenté par : M. François-Joseph Lapointe et Mme Martine Époque

Financé par : Génome Québec

et considère que la recherche proposée sur des humains est conforme à l'éthique.



Isabelle B-Ganache, présidente

Date de soumission ou d'étude : **7 janvier 2009**

Date d'approbation : **Volet artistique, modifié et approuvé le 22 janvier 2009**

Numéro de référence : CERFM (09) #443

N.B. Veuillez utiliser le numéro de référence dans toute correspondance avec le Comité d'éthique relativement à ce projet.

OBLIGATIONS DU CHERCHEUR :

SE CONFORMER À L'ARTICLE 19 DE LA LOI SUR LES SERVICES DE SANTÉ ET SERVICES SOCIAUX, CONCERNANT LA CONFIDENTIALITÉ DES DOSSIERS DE RECHERCHE ET LA TRANSMISSION DE DONNÉES CONFIDENTIELLES EN LIEN AVEC LA RECHERCHE.

SOLLICITER LE CERFM POUR TOUTES MODIFICATIONS ULTÉRIEURES AU PROTOCOLE OU AU FORMULAIRE DE CONSENTEMENT.

TRANSMETTRE IMMÉDIATEMENT AU CERFM TOUT ÉVÉNEMENT INATTENDU OU EFFET INDÉSIRABLE RENCONTRÉS EN COURS DE PROJET.

COMPLÉTER ANNUELLEMENT UN FORMULAIRE DE SUIVI.

ANNEXE H

Historique des différentes versions de l'algorithme choréogénétique

v. 1.1. (30/05/05). Cette première version de l'algorithme ne permet que de générer des séquences de mouvements aléatoires (une séquence initiale de longueur L_1 et une séquence finale de longueur L_2) en échantillonnant les mouvements avec remise à partir d'un vocabulaire fixe contenant n mouvements. Afin de mesurer la distance entre la séquence initiale et la séquence finale, un alignement des séquences est obtenu à l'aide d'une fenêtre mobile. Les nombres pseudo-aléatoires sont générés par la fonction *ggubfs*. Tous les calculs sont effectués sur des variables numériques (chaînes de nombres).

v. 1.2. (31/05/05). Les opérations sur les chaînes de nombres sont remplacées par les fonctions prédéfinies pour chaînes de caractères (*string*) permettant ainsi de générer directement des mutations sur les séquences de mouvements. Cette version expérimentale permet de tester l'insertion et la délétion de mouvements ponctuels dans une séquence lu en fichier d'entrée. L'inversion complète de la séquence est également possible.

v. 1.3. (01/06/05). À partir de cette version de l'algorithme, tous les types de mutations utilisent des opérateurs prédéfinis sur les chaînes de caractères. Par l'entremise d'un *menu*, l'utilisateur a maintenant le choix d'un format d'entrée des séquences (fichier, clavier, ou aléatoire), autant pour la séquence initiale que la séquence finale. De même, le vocabulaire de mouvements peut être lu directement à partir d'un fichier. Les mêmes mutations ponctuelles que pour la version 1.2 sont autorisées.

v. 1.4. (03/06/05). Un nouveau *menu* permet de choisir le type de mutations, mais cette version n'autorise encore que la délétion et l'inversion. Contrairement aux versions précédentes, les mutations sont aléatoires : le nombre de mouvements à éliminer, ajouter ou inverser est déterminé au hasard, ainsi que la position des mutations. Des contraintes sont imposées, par exemple pour éviter que tous les mouvements d'une séquence soient éliminés. Le programme peut rouler en mode *demo* pour tester les différentes mutations.

v. 1.5. (03/06/05). Pour la première fois, les différents types de mutations sont représentés par des fonctions de l'algorithme qui sont appelées par le programme principal. Cette version permet uniquement de tester la fonction *deletion* qui imprime à l'écran la séquence originale, la séquence

mutante, ainsi que le fragment qui a été éliminé. Toutes les autres fonctions utiliseront ce modèle de présentation des résultats dans les versions ultérieures de l'algorithme.

v. 1.6. (03/06/05). La distance de Levenstein est introduite ici pour comparer les séquences mutantes aux séquences parentales. Cette fonction permettant de calculer les distances d'édicions est traduite d'un code en C++ qui compte le nombre minimum de substitutions, d'insertions et de délétions nécessaires pour transformer une séquence *A* en une séquence *B*. La distance relative de Levenstein est également calculée pour comparer des séquences de longueurs différentes. La fonction *Levenstein* sera utilisée par le critère de coévolution des séquences, lors de la phase de sélection.

v. 1.7. (05/06/05). La fonction *inversion* est ajoutée aux options du programme.

v. 1.8. (06/06/05). Le générateur de nombres pseudo-aléatoires *ggubfs* est remplacé par la fonction *randum* qui est plus stable.

v. 1.9. (06/06/05). Version expérimentale de la fonction *Levenstein2* qui vise à corriger les problèmes de la fonction *Levenstein*. Cette nouvelle fonction est abandonnée dans les versions subséquentes.

v. 1.10. (06/06/05). Dans cette version, le bogue de la fonction *Levenstein* est définitivement corrigé.

v. 1.11. (06/06/05). La procédure *generate_random_sequence* datant de la version 1.1 est remplacée par la fonction *random_string* qui permet de générer des séquences de mouvements aléatoires. Cette version de l'algorithme peut maintenant lire un fichier d'entrée qui associe des noms aux mouvements du vocabulaire de base. Les fonctions *insertion*, *substitution*, *translocation* et *repetition* sont ajoutées à la liste des mutations possibles. Des limites sont imposées sur certaines opérations pour contraindre la taille maximale des séquences mutantes à ne pas dépasser le double de la taille des séquences parentales. Pour chaque mutation, le programme indique la distance absolue et la distance relative entre la séquence parentale et la séquence mutante.

v. 1.12. (08/06/05). Cette version expérimentale teste pour la première fois la boucle de coévolution en utilisant des séquences de mêmes longueurs et en autorisant uniquement les substitutions. Le mode *simulation* détermine le nombre minimum d'itérations requises pour transformer une séquence originale et une séquence-cible.

v. 1.13. (08/06/05). La boucle de coévolution est maintenant complètement fonctionnelle. Cette version permet de traiter des séquences de tailles différentes en autorisant plusieurs types de mutations. À chaque itération, un nombre prédéterminé de mutants (m) est généré en appliquant à chacun une mutation aléatoire parmi les six types de mutations simples autorisées par l'algorithme : substitution, insertion, délétion, inversion, translocation, et répétition. Le mutant le plus près de la séquence-cible (celui dont la distance relative de Levenstein est la plus petite) est sélectionné et il vient remplacer la séquence parentale, si et seulement si le critère de sélection est amélioré; dans le cas contraire, la séquence parentale est conservée pour l'itération suivante. La suite de séquences mutantes qui améliorent le critère de sélection à chaque itération est inscrite dans un fichier de sortie.

v. 1.14. (09/06/05). Cette version de l'algorithme a été utilisée pour générer les séquences chorégraphiques interprétées par les danseurs en studio. Le choix du format d'entrée des séquences originales et finales (fichier, clavier, aléatoire) est offert à l'utilisateur. De plus, la fonction *create_choreography* traduit le fichier de sortie de séquences en une chorégraphie en associant les lettres représentant les mouvements du vocabulaire à leurs noms. Un paramètre de liaison (zz) est ajouté pour introduire un phrasé entre certains mouvements consécutifs. Dans cette version de l'algorithme, ce paramètre est une constante fixée à 0.3.

ANNEXE I

Code source (en Pascal) de l'algorithme choréogénétique

```

{DATE de version 1.14: 9 juin 2005 }

PROGRAM choreo14;

LABEL 1, 2, 3, 4, 5, 11, 22, 33, 666;

CONST
  max_length = 50; {nb maximum de mouvements dans une sequence}
  max_move = 50; {nb maximum de mouvements dans le vocabulaire}

TYPE
  sequence = array [1..max_length] of char;
  astring = string[255];
  longer = ARRAY[0..5] OF INTEGER;
  name = array [1..max_move] of string[30];

VAR
  i, j, k, germe: integer; {compteurs}
  vocabulary: longint; {nombre de mouvements du vocabulaire}
  length1: integer; {taille de la sequence 1 : sequence mere}
  length2: integer; {taille de la sequence 2: sequence mutante}
  TYPE_seq: char; {identification de sequence initiale ou finale}
  seq1, seq2: sequence; {sequences mutantes}
  seq_ini: sequence; {sequence initiale}
  seq_fini: sequence; {sequence finale}
  seq_rand: array [1..max_length] of integer; {sequence hasard}
  choix1, choix2, choix3, choix4: char; {choix de utilisateur}
  alpha : astring; {vocabulaire de mouvements de base}
  str1, str2, str3, str4: astring; {chaine pour mutations}
  str_in : astring; {sequence initiale de mouvements}
  str_out : astring; {sequence finale de mouvements}
  infile, endfile, movefile, namefile: text; {fichier d'entree}
  infilename, endfilename : string[50]; {nom des fichiers}
  movefilename, namefilename : string[50]; {nom des fichiers}
  choreofile, outfile : text; {fichier de sortie}
  choreofilename, outfilename : string[50]; {nom de sortie}
  item, demo, reponse: char;
  XY, zz, LD2, min_LD2, seuil_LD2: real;
  index, chaine, longueur, mot: longint;
  LD, min_LD, seuil_LD : longint;
  mother, daughter, new_mother : astring;
  seed1 : longer;
  noms : name;
  oui_nom, simul : boolean;
  mutation : integer;
  nb_mutants : integer; {nombre de mutants a chaque generation}
  lignes : longint; {nombres de sequences dans outfile}

FUNCTION randum (VAR seed : longer) : REAL;
  VAR i, j, k, sum : INTEGER;
      mult, newseed : longer;
      x : REAL;
  BEGIN (* randum *)

```

```

mult[0] := 13;
mult[1] := 24;
mult[2] := 22;
mult[3] := 6;
FOR i := 0 TO 5 DO
  newseed[i] := 0;
FOR i := 0 TO 5 DO BEGIN
  sum := newseed[i];
  k := i;
  IF i > 3 THEN k := 3;
  FOR j := 0 TO k DO
    sum := sum + mult[j] * seed[i-j];
  newseed[i] := sum;
  FOR j := i TO 4 DO BEGIN
    newseed[j+1] := newseed[j+1] + newseed[j] DIV 64;
    newseed[j] := newseed[j] MOD 64;
  END;
END;
seed := newseed;
seed[5] := seed[5] MOD 4;
x := 0.0;
FOR i := 0 TO 5 DO
  x := x / 64.0 + seed[i];
x := x / 4.0;
random := x;
END; (* random *)

```

```
PROCEDURE create_choregraphy (VAR lignes: longint);
```

```
VAR
```

```

string_ligne : astring;
i, j, length_ligne, mot : longint;
zz : real;

```

```
BEGIN
```

```

writeln;
write('nom du fichier choregraphique : ');
readln(choreofilename);
rewrite(choreofile, choreofilename);
reset(outfile);
FOR i:=1 TO lignes-1 DO
  BEGIN
  readln(outfile, string_ligne);
  length_ligne := length(string_ligne);
  FOR j := 1 TO length_ligne DO
    BEGIN
    mot := pos(string_ligne[j], alpha);
    write(choreofile, noms[mot]);
    zz := random(seed1);
    IF (zz < 0.3) THEN write(choreofile, ' + ') ELSE
      writeln(choreofile);
    END;
  END;
END;

```

```

    IF (zz < 0.3) THEN writeln(choreofile);
    readln(outfile, string_ligne);
    longueur_ligne := length(string_ligne);
    FOR j := 1 TO longueur_ligne DO
        BEGIN
            mot := pos(string_ligne[j], alpha);
            writeln(choreofile, noms[mot]);
        END;
END;

FUNCTION substitution(VAR string_1 : astring) : astring;

VAR
    string_2, string_3 : astring;
    longueur2, longueur3, index, chaine : longint;
    zz : real;
    i, j : longint;

BEGIN

    string_2 := string_1;
    string_3 := string_1;

    longueur2 := length(string_2);
    zz := randum(seed1);
    zz := zz*(longueur2);
    index := trunc(zz)+1;
    zz := randum(seed1);
    zz := zz*(longueur2-index+1);
    chaine := trunc(zz)+1;

    FOR i := 1 TO chaine DO
        BEGIN
            zz := randum(seed1);
            zz := (zz*vocabulary);
            FOR j := 1 TO vocabulary DO
                BEGIN
                    IF (j < zz + 1) THEN
                        BEGIN
                            string_3[i] := alpha[j];
                        END;
                    END;
                END;
            END;

            longueur3 := length(string_3);
            delete(string_3, chaine+1, longueur3-chaine);
            delete(string_2, index, chaine);
            insert(string_3, string_2, index);

        IF NOT(simul) THEN
            BEGIN
                writeln;
                writeln('1-sequence originale: ', string_1);
            END;
        END;
    END;

```

```

writeln('2-sequence mutante : ',string_2);
writeln('3-sequence remplacee: ',string_3);
writeln;
END;

substitution := string_2;
END; {end function substitution}

FUNCTION deletion(VAR string_1 : astring) : astring;

VAR
string_2, string_3 : astring;
longueur, index, chaine : longint;
zz : real;
BEGIN
string_2 := string_1;
string_3 := string_1;
longueur := length(string_2);
IF (longueur > 1) THEN
BEGIN
zz := random(seed1);
zz := zz * longueur;
index := trunc(zz+1);
zz := random(seed1);
zz := zz*longueur-1;
chaine := trunc(zz)+1;
delete(string_2, index, chaine);
string_3:=copy(string_1, index, chaine);
END;
IF (longueur = 1) THEN string_3 := '';

IF NOT(simul) THEN
BEGIN
writeln;
writeln('1-sequence originale: ',string_1);
writeln('2-sequence mutante : ',string_2);
writeln('3-sequence remplacee: ',string_3);
writeln;
END;

deletion := string_2;

END; {end function deletion}

FUNCTION insertion(VAR string_1 : astring) : astring;

VAR
string_2, string_3 : astring;
longueur2, longueur3, longueur_totale, index, chaine : longint;
zz : real;
i, j : longint;

```

```

BEGIN

string_2 := string_1;
string_3 := string_1;
longueur2 := length(string_2);
zz := random(seed1);
zz := zz * longueur2;
index := trunc(zz+1);

zz := random(seed1);
zz := zz*longueur2;
chaine := trunc(zz)+1;

FOR i := 1 TO chaine DO
  BEGIN
    zz := random(seed1);
    zz := (zz*vocabulary);
    FOR j := 1 TO vocabulary DO
      BEGIN
        IF (j < zz + 1) THEN
          BEGIN
            string_3[i] := alpha[j];
          END;
        END;
      END;
    END;

    longueur3 := length(string_3);
    delete(string_3, chaine+1, longueur3-chaine);
    longueur3 := length(string_3);

    longueur_totale := longueur2 + longueur3;

    IF ((longueur_totale) < max_length) THEN
      insert(string_3,string_2,index) ELSE
      string_3 := '';

IF NOT(simul) THEN
  BEGIN
    writeln;
    writeln('1-sequence originale: ',string_1);
    writeln('2-sequence mutante : ',string_2);
    writeln('3-sequence remplacee: ',string_3);
    writeln;
    END;

    insertion := string_2;

END; {end function insertion}

FUNCTION repetition(VAR string_1 : astring) : astring;

VAR
  string_2, string_3 : astring;

```

```

longueur2, longueur3, longueur_totale, index, chaine : longint;
zz : real;
i, j : longint;

BEGIN

  string_2 := string_1;
  string_3 := string_1;

  longueur2 := length(string_2);
  zz := randum(seed1);
  zz := zz*(longueur2);
  index := trunc(zz)+1;
  zz := randum(seed1);
  zz := zz*(longueur2-index+1);
  chaine := trunc(zz)+1;

  string_3 := copy(string_2, index, chaine);
  longueur3 := length(string_3);

  longueur_totale := longueur2 + longueur3;
  IF ((longueur_totale) < max_length) THEN
    insert(string_3,string_2,index) ELSE
    string_3 := '';

IF NOT(simul) THEN
  BEGIN
  writeln;
  writeln('1-sequence originale: ',string_1);
  writeln('2-sequence mutante : ',string_2);
  writeln('3-sequence remplacee: ',string_3);
  writeln;
  END;
  repetition := string_2;

END; {end function repetition}

FUNCTION translocation(VAR string_1 : astring) : astring;

VAR
  string_2, string_3 : astring;
  longueur, longueur2, index, chaine : longint;
  zz : real;

BEGIN
  string_2 := string_1;
  string_3 := string_1;
  longueur := length(string_2);
  IF (longueur > 1) THEN
    BEGIN
      zz := randum(seed1);
      zz := zz * longueur;

```

```

        index := trunc(zz+1);
        zz := randum(seed1);
        zz := zz*longueur-1;
        chaine := trunc(zz)+1;
        delete(string_2, index, chaine);
        string_3 := copy(string_1, index, chaine);

        longueur2 := length(string_2);
        zz := randum(seed1);
        zz := zz * longueur2;
        index := trunc(zz+1);
        insert(string_3, string_2, index);
    END;
    IF (longueur = 1) THEN string_3 := '';
IF NOT(simul) THEN
    BEGIN
        writeln;
        writeln('1-sequence originale: ',string_1);
        writeln('2-sequence mutante : ',string_2);
        writeln('3-sequence remplacee: ',string_3);
        writeln;
    END;

    translocation := string_2;
END; {end function translocation}

FUNCTION inversion(VAR string_1 : astring) : astring;
VAR
    string_2, string_3, string_4 : astring;
    longueur, index, chaine : longint;
    zz : real;
    i : integer;
BEGIN
    string_2 := string_1;
    string_3 := string_1;
    string_4 := string_1;
    longueur := length(string_2);
    zz := randum(seed1);
    zz := zz*(longueur-2);
    index := trunc(zz)+1;
    zz := randum(seed1);
    zz := zz*(longueur-index);
    chaine := trunc(zz)+2;
    longueur := length(string_3);
    delete(string_3, chaine+index, longueur-(chaine+index)+1);
    longueur := length(string_3);
    delete(string_3, 1, index-1);

```

```

longueur := length(string_3);

string_4 := string_3;
longueur := length(string_4);
FOR i:= longueur downto 1 DO
  BEGIN
    string_3[longueur-i+1] := string_4[i];
  END;
delete(string_2, index, chaine);
insert(string_3, string_2, index);

IF NOT(simul) THEN
  BEGIN
    writeln;
    writeln('1-sequence originale: ',string_1);
    writeln('2-sequence mutante : ',string_2);
    writeln('3-sequence remplacee: ',string_3);
    writeln;
  END;

  inversion := string_2;

END; {end function inversion}

FUNCTION Levenstein(VAR string_1, string_2 : astring) : longint;
  FUNCTION min(VAR a, b, c : longint) : longint;
    VAR
      mi : longint;

    BEGIN
      mi := a;
      IF (b < mi) THEN mi := b;
      IF (c < mi) THEN mi := c;
      min := mi;
    END;
  LABEL 1;

  TYPE
    mat_int = array[0..max_length, 0..max_length] of longint;

  VAR
    d : mat_int;
    i, j : integer;
    m, n, cost : longint;
    s_i, t_j : char;
    a, b, c: longint;
    string_a, string_b : astring;

  BEGIN
    n := length(string_1);
    m := length(string_2);
    IF (n = 0) THEN

```

```

BEGIN
    Levenstein := m;
    GOTO 1;
END;

IF (m = 0) THEN
BEGIN
    Levenstein := n;
    GOTO 1;
END;

FOR i:= 1 TO n DO string_a[i-1] := string_1[i];
FOR j:= 1 TO m DO string_b[j-1] := string_2[j];

FOR i := 0 TO n DO d[i, 0] := i;
FOR j := 0 TO m DO d[0, j] := j;

FOR i := 1 TO n DO
BEGIN
    s_i := string_a[i - 1];
    FOR j := 1 TO m DO
        BEGIN
            t_j := string_b[j - 1];
            IF (s_i = t_j) THEN cost := 0 ELSE cost := 1;
            a := d[i - 1, j] + 1;
            b := d[i, j - 1] + 1;
            c := d[i - 1, j - 1] + cost;
            d[i, j] := min(a, b, c);
        END;
    END;

Levenstein := d[n, m];
1:
END; {end function Levenstein}

FUNCTION Levenstein2(VAR string_1, string_2 : astring; VAR LD :
longint) : real;

VAR
    length1, length2 : longint;

BEGIN
    length1 := length(string_1);
    length2 := length(string_2);
    Levenstein2 := 1 - ((length1 + length2 - LD) / (length1 +
length2));
END; {end function Levenstein2}

FUNCTION random_string (VAR voc: longint): astring;

VAR
    i, j: integer; {compteurs}

```

```

XY: real; {pour initialiser ggubfs}
zz: real; {pour faire tourner a vide ggubfs}
toto: longint;
str_rand : astring;
length2 : longint;

BEGIN
  writeln;
  write('longueur de la sequence a generer: ');
  readln(length2);
  str_rand := '          ';

  FOR i := 1 TO length2 DO
    BEGIN
      zz := random(seed1);
      zz := (zz*voc);

      FOR j := 1 TO voc DO
        BEGIN
          IF (j < zz + 1) THEN
            BEGIN
              str_rand[i] := alpha[j];
            END;
          END;
        END;

      delete(str_rand, length2+1, 50-length2);
      random_string := str_rand;

    END; {end function random_string}

  PROCEDURE Print_TO_file (VAR string_1: astring);

  BEGIN
    writeln(outfile,string_1);
  END;

  BEGIN {begin prog principal}
    simul := false;
    writeln;
    writeln('*****');
    writeln('PROGRAMME DE CHOREOGENETIQUE v.14.0');
    writeln('Copyright : FJ Lapointe, 2005 ');
    writeln('*****');
    writeln;

    write('germe pour le generateur de nombres aleatoires: ');
    readln(germe);
    seed1[1] := germe;
    FOR j := 1 TO 100 DO
      BEGIN
        zz := random(seed1);
      END;
    END;
  END;

```

```

1:
writeln;
writeln('Vocabulaire de mouvements de base ');
writeln('-----');
writeln('1: vocabulaire dans un fichier ');
writeln('2: vocabulaire entre au clavier ');
writeln('3: vocabulaire fixe ');
writeln('-----');
write ('Votre choix : ');
readln(choix1);
IF NOT (choix1 in ['1', '2', '3']) THEN
  BEGIN
    writeln;
    writeln('MAUVAISE REPONSE -- recommencez');
    GOTO 1;
  END;

IF (choix1='1') THEN
  BEGIN
    writeln;
    write('Nombre de mouvements du vocabulaire de base: ');
    readln(vocabulary);
    writeln;
    write('nom du fichier contenant les mouvements: ');
    readln(movefilename);
    reset(movefile,movefilename);
    read(movefile,alpha);
    close(movefile);
    writeln;
    writeln('Vocabulaire : ',alpha);
11:
    writeln;
    oui_nom := false;
    write('Est-ce les mouvements ont des noms (o/n): ');
    readln(reponse);
    IF NOT (reponse in ['o', 'O', 'n', 'N']) THEN
      BEGIN
        writeln;
        writeln('MAUVAISE REPONSE -- recommencez');
        GOTO 11;
      END;
    IF reponse in ['o', 'O'] THEN
      BEGIN
        oui_nom := true;
        writeln;
        write('nom du fichier contenant les noms: ');
        readln(namefilename);
        reset(namefile,namefilename);
        FOR k := 1 TO vocabulary DO
          BEGIN
            readln(namefile,noms[k]);
            writeln(alpha[k],'- ',noms[k]);
          END;
      END;
    END;
  END;

```

```

        END;
    END;
END;

IF (choix1='2') THEN
    BEGIN
        writeln;
        write('Nombre de mouvements du vocabulaire de base: ');
        readln(vocabulary);
        writeln;
        write('entrez les mouvements (sans espace): ');
        readln(alpha);
        writeln;
        writeln('Vocabulaire : ',alpha);
    END;

IF (choix1='3') THEN
    BEGIN
        vocabulary := 26;
        alpha := 'ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ';
        writeln;
        writeln('Vocabulaire : ',alpha);
    END;

2:
writeln;
writeln('Sequence initiale de mouvements ');
writeln('-----');
writeln('1: sequence dans un fichier ');
writeln('2: sequence entree au clavier ');
writeln('3: sequence aleatoire ');
writeln('-----');
write ('Votre choix : ');
readln(choix2);

IF NOT (choix2 in ['1', '2', '3']) THEN
    BEGIN
        writeln;
        writeln('MAUVAISE REPONSE -- recommencez');
        GOTO 2;
    END;

IF (choix2='1') THEN
    BEGIN
        writeln;
        write('nom du fichier contenant la sequence de mouvements: ');
        readln(infilename);
        reset(infile,infilename);
        read(infile,str_in);
        close(infile);
        mother := str_in;
    END;

```

```

IF (choix2='2') THEN
  BEGIN
    writeln;
    write('entrez la sequence de mouvements (sans espace): ');
    readln(str_in);
    mother := str_in;
  END;

IF (choix2='3') THEN
  BEGIN
    str_in := random_string(vocabulary);
    mother := str_in;
  END;

writeln;
writeln('sequence originale: ',str_in);
longueur:=length(str_in);
writeln('longueur: ',longueur);
writeln;

3:
writeln;
writeln('Sequence finale de mouvements      ');
writeln('-----');
writeln('1: sequence dans un fichier                ');
writeln('2: sequence entree au clavier              ');
writeln('3: sequence aleatoire                       ');
writeln('4: aucune                                   ');
writeln('-----');
write ('Votre choix : ');
readln(choix3);

IF NOT (choix3 in ['1', '2', '3', '4']) THEN
  BEGIN
    writeln;
    writeln('MAUVAISE REPONSE -- recommencez');
    GOTO 3;
  END;

IF (choix3='1') THEN
  BEGIN
    writeln;
    write('nom du fichier contenant la sequence de mouvements: ');
    readln(endfilename);
    reset(endfile,endfilename);
    read(endfile,str_out);
    close(endfile);
  END;

IF (choix3='2') THEN
  BEGIN
    writeln;

```

```

write('entrez la sequence de mouvements (sans espace): ');
readln(str_out);
END;

IF (choix3='3') THEN
BEGIN
str_out := random_string(vocabulary);
END;

IF (choix3='4') THEN
BEGIN
GOTO 4;
END;

writeln;
writeln('sequence finale : ',str_out);
longueur:=length(str_out);
writeln('longueur: ',longueur);
writeln;

4:
writeln('Types de mutation ');
writeln('-----');
writeln('1: substitution ');
writeln('2: deletion ');
writeln('3: insertion ');
writeln('4: repetition ');
writeln('5: translocation ');
writeln('6: inversion ');
writeln('7: sequence aleatoire ');
writeln('8: simulation ');
writeln('9: fin ');
writeln('-----');
write ('Votre choix : ');
readln(choix4);
IF NOT (choix4 in ['1', '2', '3', '4', '5', '6', '7', '8', '9'])
THEN
BEGIN
writeln;
writeln('MAUVAISE REPONSE -- recommencez');
GOTO 4;
END;

IF (choix4='1') THEN
BEGIN
daughter := substitution(mother);

LD := Levenstein(daughter, mother);
writeln('dist(1, 2) absolue : ',LD:0);
LD2 := Levenstein2(daughter, mother, LD);
writeln('dist(1, 2) relative : ',LD2:8:6);

length1 := length(daughter);

```

```

IF oui_nom THEN
  BEGIN
  FOR i := 1 TO length1 DO
    BEGIN
      mot := pos(daughter[i],alpha);
      writeln(daughter[i],'- ',noms[mot]);
    END;
  END;

  mother := daughter;

  GOTO 4;
END; {end choix = substitution}

IF (choix4='2') THEN
  BEGIN
  daughter := deletion(mother);
  LD := Levenstein(daughter, mother);
  writeln('dist(1, 2) absolue : ',LD:0);
  LD2 := Levenstein2(daughter, mother, LD);
  writeln('dist(1, 2) relative : ',LD2:8:6);

  length1 := length(daughter);
  IF oui_nom THEN
    BEGIN
    FOR i := 1 TO length1 DO
      BEGIN
        mot := pos(daughter[i],alpha);
        writeln(daughter[i],'- ',noms[mot]);
      END;
    END;

    mother := daughter;

    GOTO 4;
  END; {end choix = deletion}

IF (choix4='3') THEN
  BEGIN
  daughter := insertion(mother);
  LD := Levenstein(daughter, mother);
  writeln('dist(1, 2) absolue : ',LD:0);
  LD2 := Levenstein2(daughter, mother, LD);
  writeln('dist(1, 2) relative : ',LD2:8:6);

  length1 := length(daughter);
  IF oui_nom THEN
    BEGIN
    FOR i := 1 TO length1 DO
      BEGIN
        mot := pos(daughter[i],alpha);
        writeln(daughter[i],'- ',noms[mot]);
      END;
    END;
  END;

```

```

    END;

    mother := daughter;

    GOTO 4;
    END; {end choix = insertion}

IF (choix4='4') THEN
    BEGIN
    daughter := repetition(mother);
    LD := Levenstein(daughter, mother);
    writeln('dist(1, 2) absolue : ',LD:0);
    LD2 := Levenstein2(daughter, mother, LD);
    writeln('dist(1, 2) relative : ',LD2:8:6);

    length1 := length(daughter);
    IF oui_nom THEN
        BEGIN
        FOR i := 1 TO length1 DO
            BEGIN
            mot := pos(daughter[i],alpha);
            writeln(daughter[i],'-',noms[mot]);
            END;
        END;

        mother := daughter;

    GOTO 4;
    END; {end choix = repetition}

IF (choix4='5') THEN
    BEGIN
    daughter := translocation(mother);
    LD := Levenstein(daughter, mother);
    writeln('dist(1, 2) absolue : ',LD:0);
    LD2 := Levenstein2(daughter, mother, LD);
    writeln('dist(1, 2) relative : ',LD2:8:6);

    length1 := length(daughter);
    IF oui_nom THEN
        BEGIN
        FOR i := 1 TO length1 DO
            BEGIN
            mot := pos(daughter[i],alpha);
            writeln(daughter[i],'-',noms[mot]);
            END;
        END;

        mother := daughter;

    GOTO 4;
    END; {end choix = translocation}

IF (choix4='6') THEN

```

```

BEGIN
daughter := inversion(mother);
LD := Levenstein(daughter, mother);
writeln('dist(1, 2) absolue : ',LD:0);
LD2 := Levenstein2(daughter, mother, LD);
writeln('dist(1, 2) relative : ',LD2:8:6);

length1 := length(daughter);
IF oui_nom THEN
BEGIN
FOR i := 1 TO length1 DO
BEGIN
mot := pos(daughter[i],alpha);
writeln(daughter[i],'-',noms[mot]);
END;
END;

mother := daughter;

GOTO 4;
END; {end choix = inversion}

IF (choix4='7') THEN
BEGIN
str1 := random_string(vocabulary);
writeln(str1);
length1 := length(str1);
writeln('longueur: ',length1:0);
IF oui_nom THEN
BEGIN
FOR i := 1 TO length1 DO
BEGIN
mot := pos(str1[i],alpha);
writeln(str1[i],'-',noms[mot]);
END;
END;
mother := str1;
GOTO 4;
END; {end choix = sequence aleatoire}

IF (choix4='8') THEN
BEGIN
writeln;
write('nom du fichier de sortie : ');
readln(outfilename);
rewrite(outfile,outfilename);
writeln;
simul := true;
j := 1;
lignes := 1;
22:
writeln;
writeln('Sequence initiale de mouvements ');

```

```

writeln('-----');
writeln('1: sequence dans un fichier ');
writeln('2: sequence entree au clavier ');
writeln('3: sequence aleatoire ');
writeln('-----');
write ('Votre choix : ');
readln(choix2);

IF NOT (choix2 in ['1', '2', '3']) THEN
BEGIN
  writeln;
  writeln('MAUVAISE REPONSE -- recommencez');
  GOTO 22;
END;

IF (choix2='1') THEN
BEGIN
  writeln;
  write('nom du fichier contenant la sequence de mouvements: ');
  readln(infilename);
  reset(infile,infilename);
  readln(infile,str_in);
  close(infile);
END;

IF (choix2='2') THEN
BEGIN
  writeln;
  write('entrez la sequence de mouvements (sans espace): ');
  readln(str_in);
END;

IF (choix2='3') THEN
BEGIN
  str_in := random_string(vocabulary);
END;
33:
writeln;
writeln('Sequence finale de mouvements ');
writeln('-----');
writeln('1: sequence dans un fichier ');
writeln('2: sequence entree au clavier ');
writeln('3: sequence aleatoire ');
writeln('-----');
write ('Votre choix : ');
readln(choix3);

IF NOT (choix3 in ['1', '2', '3']) THEN
BEGIN
  writeln;
  writeln('MAUVAISE REPONSE -- recommencez');
  GOTO 33;
END;

```

```

IF (choix3='1') THEN
  BEGIN
    writeln;
    write('nom du fichier contenant la sequence de mouvements: ');
    readln(endfilename);
    reset(endfile,endfilename);
    readln(endfile,str_out);
    close(endfile);
  END;

IF (choix3='2') THEN
  BEGIN
    writeln;
    write('entrez la sequence de mouvements (sans espace): ');
    readln(str_out);
  END;

IF (choix3='3') THEN
  BEGIN
    str_out := random_string(vocabulary);
  END;

  writeln;
  writeln('sequence initiale: ',str_in);
  writeln('sequence finale : ',str_out);
  mother := str_in;
  Print_TO_file(mother);
  writeln;
  write('nombre de mutants par generation: ');
  readln(nb_mutants);
  writeln;

5:
  min_LD := 1000;
  seuil_LD := Levenstein(mother, str_out);
  min_LD2 := 1000;
  seuil_LD2 := Levenstein2(mother, str_out, seuil_LD);
  FOR i :=1 TO nb_mutants DO
    BEGIN
      zz := randum(seed1);
      zz := zz*6;
      mutation := trunc(zz)+1;

      case mutation of
        1: daughter := substitution(mother);
        2: daughter := deletion(mother);
        3: daughter := insertion(mother);
        4: daughter := repetition(mother);
        5: daughter := translocation(mother);
        6: daughter := inversion(mother);
      END;

      LD := Levenstein(daughter, str_out);
    END;
  END;

```

```

LD2 := Levenstein2(daughter, str_out, LD);
IF (LD2 < min_LD2) THEN
  BEGIN
    min_LD2 := LD2;
    new_mother := daughter;
  END;
END;
IF (min_LD2 < seuil_LD2) THEN
  BEGIN
    mother := new_mother;
    Print_TO_file(mother);
    lignes := lignes +1;
  END;
seuil_LD := Levenstein(mother, str_out);
seuil_LD2 := Levenstein2(mother, str_out, seuil_LD);
writeln('generation: ', j:0, ' distance: ', seuil_LD2:8:6);
j:= j+1;
IF (min_LD2 > 0) THEN GOTO 5 ELSE writeln;
writeln('YOUPI');
writeln;
writeln('sequence mutante : ',mother);
writeln('sequence finale : ',str_out);
IF oui_nom THEN create_choregraphy(lignes);
GOTO 4;
END; {END choix = simulation}

IF (choix4='9') THEN
  BEGIN
    GOTO 666;
  END; {end choix = fin}

666:
  writeln;
  writeln('Fin du programme de choreogenetique');
  writeln;
END. {end prog principal}

```

*« Une thèse n'est jamais terminée,
elle est abandonnée »*

John A. W. Kirsch