



HAL
open science

Quand la marionnette coupe ses fils. Recherches sur l'acteur virtuel

Cédric Plessiet

► **To cite this version:**

Cédric Plessiet. Quand la marionnette coupe ses fils. Recherches sur l'acteur virtuel. Art et histoire de l'art. Université Paris 8 Vincennes Saint-Denis, 2019. tel-03555676

HAL Id: tel-03555676

<https://hal.science/tel-03555676>

Submitted on 3 Feb 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Rapport de synthèse

Habilitation à Diriger des Recherches

Cédric PLESSIET

Maître de Conférences

Quand la marionnette coupe ses fils

Recherches sur l'acteur virtuel

Jury

Presidence :

Marie Hélène TRAMUS	Professeur émérite	Université Paris 8
---------------------	--------------------	--------------------

Membres du jury

Cecile Sorin	Professeur d'université	Université Paris 8
Réjane Hamus-Vallée	Professeur d'université(rap.)	Université d'Evry
Xavier Lambert	Professeur d'université(rap.)	Université Toulouse 2
Pierre Chevaillier	Professeur d'université	Enib
Dominique Boutet	Maitre de Conférences HDR	Université de Rouen

Habilitation soutenue le 09/10/2019 à l'université Paris VIII

Garant : Roberto Barbanti

Habilitation à diriger des recherches, préparée dans l'équipe Images Numériques et Réalité Virtuelle (INRéV), du laboratoire Arts des Images et Art Contemporain (AIAC EA4010)

Remerciement

Je tiens à remercier mon garant Roberto Barbenti de m'accompagner dans cette étape toujours délicate de la vie d'un chercheur et bien sûr Marie Hélène Tramus pour ses conseils avisés, son amitié et son soutien.

Je tiens à remercier tout particulièrement Rémy Sohier pour son travail de relecture, mes collègues, Jean-François Jego et Vincent Meyrueis. Merci à Imad Saleh pour son intérêt pour mes recherches et à Andy Lavender et Tim White, de l'université de Warwick et Anastasiia Ternova, du Master Théâtre, pour leurs regards d'utilisateurs. Je remercie tous mes étudiants d'ATI, actuels et anciens, qui m'ont redonné courage quand il m'en manquait.

A mon complice, Georges Gagneré pour son accompagnement, son soutien et son extraordinaire capacité à détecter les bugs, aussi bien logiciels qu'intellectuels, tout au long de mon parcours de recherche. Merci à ma sœur de recherche, Anne-Laure George-Molland, pour sa patience, ses encouragements et ses petites piques acerbes.

Merci à toutes les personnes qui m'ont aidé dans ma recherche sur mes Double Autres, en particulier Kelly Mézino, qui a accepté de prêter son apparence pour la mise en place de mes outils de création de personnages.

À toi François, qui a un rythme à peu près équivalent au mien, à Guillaume et Aziza, Sameh qui répondent toujours présent...

Pour leur soutien sans faille, pour leurs encouragements et leur patience, je remercie mes parents et ma sœur. Que de chemin parcouru...

Et bien sûr merci à ma femme, Audrey, sans qui je ne serais pas ce que je suis actuellement. Je n'aurais jamais eu ni la force ni le courage de mener ce parcours sans Toi...

Table des matières

REMERCIEMENT	1
INTRODUCTION	9
1. AVANT MON CURSUS D'ENSEIGNANT-CHERCHEUR	13
1.1. UNE RECHERCHE PRE-DOCTORALE.....	13
1.1.1. <i>Des outils pour la capture de mouvement et la captation 3D</i>	14
1.1.2. <i>Des créations à la fois artistiques et techniques</i>	15
1.2. MA RECHERCHE DOCTORALE	18
1.2.1. <i>Le triangle créatif</i>	18
1.2.2. <i>Des réalisations artistiques</i>	20
1.2.3. S'APPUYER SUR LE DEVELOPPEMENT INFORMATIQUE	24
2. UNE REFLEXION AUTOUR DU PERSONNAGE VIRTUELLE	27
2.1. UNE NOUVELLE CLASSIFICATION.....	27
2.2. PORTRAIT ET DOUBLE AUTRE	30
2.3. L'INTERACTION COMME ELEMENT DU PORTRAIT	32
2.3.1. <i>Interaction apprivoisée, Ça bug dans les rotations</i>	33
2.3.2. <i>Rêverie et Masque, Marionnettes Virtuelles et interactivités simples</i>	34
2.3.3. <i>Portrait multi-cadres</i>	36
2.3.4. <i>Les mises en scène</i>	38
2.3.5. <i>Le Meta-Golem comme verrou scénaristique</i>	41
2.3.6. <i>Chatbot et autoportrait</i>	42
2.3.7. <i>Portraits qui interrogent la frontière</i>	44
2.3.8. <i>Le regard du spectateur</i>	45
2.4. PIPELINE ET AUTOMATISATION : DE LA NUMERISATION AU DOUBLE AUTRE	46
3. REALITE VIRTUELLE, GOLEM VIRTUEL ET ACTEUR	51
3.1. LUCKY 2.0.....	51
3.2. LA GEOLE	53
4. LA TRAVERSE DES FRONTIERES REELS/VIRTUEL	55
4.1. FAIRE EMERGER L'ŒUVRE DANS LE MONDE REEL.....	55
4.2. DE LA PLAUSIBILITE	57
4.3. L'ARCHITECTURE MITMI.....	58
5. LA RECHERCHE POUR LA PREVISUALISATION ON SET	61
6. LE RAPPROCHEMENT AVEC LE THEATRE ET LE SPECTACLE VIVANT ...	65
6.1. PERFORMANCE ET PERSONNAGES VIRTUELS.....	65
6.1.1. <i>Between the lines</i>	66

6.1.2.	<i>Cou2Garnack</i>	67
6.1.3.	<i>Kelly Conférencière</i>	68
6.2.	PROJETS IDEFI-CREATIC	69
6.3.	FAIRE SE RENCONTRER ARTISTES ET TECHNICIENS AUTOUR DE L'ACTEUR VIRTUEL	70
6.4.	LA CREATION D'UN VOCABULAIRE COMMUN	72
6.5.	LA SCENE AUGMENTEE (PROJET LABEX ARTS-H2H).....	74
7.	AKENE : LA COLONNE VERTEBRALE TECHNOLOGIQUE DE MA CREATION ARTISTIQUE	79
7.1.	UN OUTIL PERSONNEL.....	80
7.1.1.	<i>Taupistool, premier prototype</i>	80
7.1.2.	<i>Unity et le passage au c#</i>	82
7.1.3.	<i>Le redémarrage c++/unreal</i>	84
7.1.4.	<i>Réfléchir en Node</i>	85
7.1.5.	<i>Une logique de greffon</i>	88
7.1.6.	<i>Une logique de transmission de données</i>	89
7.2.	QUI S'OUVRE AUX AUTRES.....	92
7.2.1.	<i>Gestionnaire de version et méthodologie d'équipe</i>	93
7.2.2.	<i>Test unitaire</i>	94
7.3.	MON SUPER-UTILISATEUR	95
7.3.1.	<i>Une rencontre marquante</i>	96
7.3.2.	<i>Créer notre propre méthodologie de développement</i>	97
8.	UN LIEN FORT AVEC LA FORMATION	99
8.1.	UNE FORMATION UNIQUE.....	99
8.2.	CREATION DU RECA ET UNE CONNEXION FORTE AVEC LE MILIEU PROFESSIONNEL	100
9.	DES AXES FUTURS	103
9.1.	INTERROGER LA RELATION ARTISTE NUMERIQUE / MODELE / CREATION.....	103
9.2.	ACTEUR REEL ET ACTEUR VIRTUEL : LA RENCONTRE... ..	104
9.3.	FUSIONNER TEMPS REEL ET PRECALCULE.....	105
	CONCLUSION	107
	ANNEXE	111
	ENTRETIEN AVEC LES UTILISATEURS D'AKENE.....	111
	<i>Entretien avec Georges Gagneré</i>	111
	<i>Entretien avec Anastasiia Ternova</i>	116
	ENTRETIEN AVEC LES MODELES DU DOUBLE AUTRE	121
	<i>Entretien avec Kelly Mezino</i>	121
	<i>Entretien avec George Gagneré</i>	127
	<i>Entretien avec Arena Mevorach</i>	132

BIBLIOGRAPHIE..... 137

Liste des figures

Figure 1 : Le système de capture de mouvement électromécanique Gypsy(Metamotion 2018)	14
Figure 2 : la marionnette virtuelle créée par Animazoo Europe pour le Laval Virtual 2001.....	15
Figure 3 : Krysalide de Cédric Plessiet, Sylvain Muset et Ali Hamdam (2002) et Erased Head de Cédric Plessiet et Bruno Kan (2003).....	16
Figure 4 : les deux individus à l'origine de la génération de foule.....	17
Figure 5 : En haut, les deux personnages de base, en bas à droite le codage des rangés d'immeubles et la ville générée par algorithme génétique	17
Figure 6 : Le triangle créatif Ordinateur Artiste Public	19
Figure 7 : images extraites des films (a) « Four wings and a prayer » et « On a marché sous la mer » (b).....	21
Figure 8 : Papillons-Pixels	21
Figure 9 : (a)l'installation DeepBlue et (b) et le point de vue immergé	22
Figure 10 : Atsuchi Takenouchi dansant avec mes poissons et papillons dans 8 seasons	23
Figure 11 : deux tableaux extrait du spectacle de chair et d'âme	24
Figure 12 : classification Marionnette / Golem / Acteur / Masque.....	28
Figure 13 : (a) Rêve de Gosse et (b) Nous.....	30
Figure 14 : L'installation de mes portraits au festival « Play ! » à Bar-le-Duc (à gauche) et « Recto-Verso » à Laval (à droite).....	31
Figure 15 : Ça Bug dans les rotations	34
Figure 16 : Rêverie	35
Figure 17 : Masque.....	36
Figure 18 : L'Ange	37
Figure 19 : Les miens	38
Figure 20 : Main Verte	39
Figure 21 : Le modèle et son Double Autre dans l'installation « L'InstiE ».....	40
Figure 22 : La Louve(2019)	41
Figure 23 : l'architecture du Meta-Golem de la <i>louve</i> (2019)	42
Figure 24 : Autoportrait à l'écran	44
Figure 25 : (à gauche) Smoke, (au centre) Arpege, (à droite) Bulle.	44
Figure 26 : Nouvelle Olympia	46
Figure 27 : TACTIC appliqué à mes Doubles Autres.....	48
Figure 28 : Création des dépendances entre les assets.....	49
Figure 29 : Création d'un pipeline d'asset.....	50
Figure 30 : Lucky près de l'arbre et un utilisateur en interaction avec Lucky.....	52
Figure 31 : schéma de fonctionnement de Lucky	52
Figure 32 : La Geôle.....	54
Figure 33 : Sur-Impression (2009).....	55
Figure 34 : Bulle.	56
Figure 35 : une interaction médiatisée.....	58
Figure 36 : une interaction MITMI.....	59
Figure 37 : L'architecture modulaire d'OutilNum.....	62
Figure 38 : Le module acteur immergé et le module cameraman.....	63
Figure 39 : Between the lines	66
Figure 40 : Interaction entre mon Double Autre et moi durant ma communication67	

Figure 41 : Kelly Conférencière	68
Figure 42 : Le deuxième atelier IDEFI Créatic.....	70
Figure 43 : schéma de Georges Gagneré pour la mise en place du CW1	74
Figure 44 : Le dispositif Kinect pour le CW1	75
Figure 45 : CW3	75
Figure 46 : différences entre la zone de captation de la kinect, par rapport à la zone de captation de l'optitrack	76
Figure 47 : (a) Agamemnon Redux, (b) La vie en Rose, (c) La psychanalyse augmentée, (d) Atelier CNAD	77
Figure 48 : architecture des Taupistool	81
Figure 49 : Le schéma d'un adaptateur	82
Figure 50 : (a) Un graph de Unreal ; (b) un graph de Motion-builder ; (c) un graph de Maya ; (d) un graph de Houdini.	87
Figure 51 : Intégration d'un AKN_Node dans le logiciel hôte.....	89
Figure 52 : AKeNe comme médium de communication entre logiciel hôte et librairie.	90
Figure 53 : AKeNe comme passerelle de communication entre deux logiciels hôte.	91
Figure 54 : Les différents modules interconnectés de la pièce Agamemnon redux.	92
Figure 55 : Réorganisation des modules d'Outilnum pour Avatar staging.	92
Figure 56 : Exemple de déroulement des versions. En jaune les Tags, en rouge la branche master, en vert les branches de développement de nouvelles fonctionnalités.....	93
Figure 57 : L'interface de programmation d'Isadora.	97
Figure 58 : La programmation nodale d'AKN_Regie.	98
Figure 59 : Un des numéros du Cirque ATI et le dispositif réel.....	100

Introduction

Comme nous le verrons tout au long de la synthèse de mes travaux, les questionnements que je me pose trouvent leur origine bien avant le début de ma carrière d'enseignant-chercheur au sein du département *Arts et Technologies de l'Image* (ATI) et de l'équipe de recherche *Image Numérique et Réalité Virtuelle* (INREV) rattachée au Laboratoire *Art des images et art contemporain AIAC EA410* de l'Université Paris VIII Vincennes Saint-Denis.

Même si je fais personnellement remonter à bien plus avant la genèse de mes centres d'intérêt et l'originalité de ma recherche et de ma pratique, je commencerai à détailler mon parcours entre art et science à partir de mon entrée en *Maîtrise en Arts et Technologies de l'Image* à l'université Paris VIII Vincennes Saint-Denis. Puis je reviendrai sur ma recherche doctorale où j'ai étudié les liens qui unissent l'artiste, l'ordinateur et le spectateur (Plessiet 2007b).

Par la suite, je dépeindrai mes recherches-crétions menées seul et qui déjà exploraient mes deux thèmes principaux en arts numériques : l'acteur virtuel et le passage des frontières virtuelles et réelles. Mes recherches sur l'acteur virtuel m'ont poussé à établir ma propre classification MGAM, pour « Marionnette —Golem —Acteur —Masque », et à explorer ses différentes formes dans mes créations.

C'est ainsi que j'ai réalisé une série de portraits interactifs, qui tout en rendant hommage aux peintres classiques que j'admire (Manet, Vermeer, Caravage, Georges de la Tour...), me permet d'interroger l'interaction comme un nouveau moyen de faire comprendre le lien qui m'unit à mon modèle, au même titre que le choix de la pose, de la couleur, de l'éclairage et de la composition.

Ceci m'a conduit à mettre au point mon propre pipeline¹ de création de ce que j'appelle « Double Autre », qui me permet de créer rapidement une Sculpture-Matrice² de mon modèle, à partir d'une numérisation 3d du visage.

Au-delà de ces portraits, j'ai interrogé la relation acteur réel/acteur virtuel, à la fois par la création d'œuvres d'art numérique en réalité virtuelle et de performances – certaines intégrées dans des conférences –, qui nous met en relation avec des entités virtuelles.

L'ensemble de ces œuvres me permet d'interroger la frontière entre le réel et le virtuel et m'a amené à développer deux concepts, celui de la bulle de plausibilité qui est une forme de réponse à la notion de l'*uncanny valley* et l'interaction dite de l'homme du milieu (*Man in the middle interaction* ou MITMI), qui consiste à prendre le contrepied de l'interaction médiatisée (Grebennikova Krasautsava 2008)

En parallèle, je détaillerai mon travail sur la prévisualisation, étape d'anticipation des mises en scène cinématographiques et en particulier la prévisualisation *on-set*, qui peut être vue comme l'une des applications « industrielles » de mes recherches artistiques. En effet, j'ai toujours conservé un lien affirmé avec l'écosystème des films d'animation et des effets spéciaux, tout d'abord par mon enseignement dans le département *Arts et Technologies de l'Image*, mais aussi par mon travail au sein du RECA, Réseau français des Écoles du Cinéma d'Animation.

De plus ma recherche, portant sur les acteurs virtuels, m'a aussi amené à réfléchir au rôle même de « l'acteur réel » : c'est donc dans ce sens que j'ai entrepris une collaboration forte avec le metteur en scène et enseignant-chercheur Georges Gagneré. Je me suis intéressé au théâtre par son intermédiaire, tout d'abord au travers d'ateliers, puis en travaillant sur une plateforme de direction d'avatars à destination du théâtre qui a été utilisée à la fois comme support pédagogique au sein du département

¹ Anne-Laure Georges Morland définit le pipeline comme « un dispositif sociotechnique associant de façon dynamique une variété d'outils, de procédés, d'acteurs, pour répondre à la variabilité des projets artistiques traversant un studio et à des besoins impératifs de résolution de problèmes, d'organisation et d'optimisation de la fabrication » (George-Molland 2019)

² Je définirai dans le chapitre 2.1 la notion de la Sculpture Matrice.

théâtre et comme support d'expérimentation dans le cadre du projet de recherche « La scène augmentée » du *Labex ARTS-H2H*.

Cette collaboration a eu une énorme influence sur mes recherches. Tout d'abord elle m'a amené à interroger l'acteur virtuel en regard de l'acteur réel, ce qui auparavant était une problématique presque secondaire. Mais surtout elle m'a amené à interroger mon rapport à l'outil informatique, en particulier par le développement de ma bibliothèque de programmation « AKeNe ». Car si ma pratique artistique personnelle est portée par mes développements informatiques, il a fallu que je réfléchisse à rendre mes outils accessibles à d'autres artistes qui ont eux-mêmes leur propre pratique.

L'ensemble de ces travaux m'ouvre de nombreuses perspectives de recherche, l'une d'entre elles est dans la continuité de mon travail sur le double-autre. Elle porte à étudier d'un point de vue esthétique, mais aussi humain, les rapports entre le modèle et l'artiste numérique.

Un autre axe interroge l'interaction entre Acteur Réel et Acteur Virtuel pour le spectacle vivant, en essayant de donner plus d'autonomie à l'Acteur Virtuel. Ceci pose la question : comment improviser avec une entité programmée et intégrer la possibilité du bug comme proposition artistique ?

Le dernier axe s'inscrit comme la suite de mon travail sur la prévisualisation *on-set* et se propose de mener une recherche-crédation sur la fusion entre les notions de temps réel et temps précalculé et ainsi réfléchir à de nouveaux modes de création transversale pour le spectacle vivant, le jeu vidéo et le film d'animation. Ce sera d'ailleurs l'objet d'un projet que je souhaiterais monter en collaboration avec d'autres laboratoires et entreprises du secteur, dans la lignée du projet OutilNum.

1. Avant mon cursus d'enseignant-chercheur

C'est de manière arbitraire que je décide de commencer l'analyse de mes recherches-créations par celles réalisées lors de mon année de maîtrise en ATI, car j'ai l'impression d'avoir en fait porté un intérêt pour les « acteurs virtuels » selon une approche ambivalente art/science dès mon plus jeune âge.

À l'âge de dix ans, j'avais réalisé un *Chatbot*³ ou agent conversationnel dont le fonctionnement était, dans mes souvenirs, très proche du fonctionnement du programme *Eliza*⁴ (Weizenbaum 1966) et j'avais déjà réalisé un certain nombre de dessins 2D programmés sur un micro-ordinateur *Amstrad CPC*.

Paradoxalement, ce sont mes études en informatique qui ont failli mettre un terme à cette approche interdisciplinaire art/science, car pour la première fois dans mon utilisation de l'ordinateur, je devais faire un choix entre art/création et théorie/implémentation...

1.1. Une recherche pré-doctorale

Mon entrée à ATI a donc été une planche de salut, car j'ai ainsi pu, en toute légitimité, assumer à la fois mes compétences technologiques et ma sensibilité artistique. Dès la licence, j'ai été encouragé à m'intéresser à « créer avec du code », non seulement, bien sûr, par la formation qui m'était dispensée, mais aussi et surtout par les stages effectués et mes projets de maîtrise et de DEA.

³ Un *chatbot*, ou agent conversationnel est un programme qui simule une conversation avec un humain en langage naturel.

⁴ *Eliza* a été le premier *chatbot*, programmé par Joseph Weizenbaum en 1966.

1.1.1. Des outils pour la capture de mouvement et la captation 3D

Je dois mon intérêt pour les technologies de capture de mouvement⁵ au stage effectué au sein de l'équipe de recherche *Image Numérique et Réalité Virtuelle*.

Durant ce stage, je devais développer un *plug-in*⁶, appelé « Gypsy-King », pour pouvoir connecter le logiciel 3D *Maya* avec le système *Gypsy* (Metamotion 2018), un dispositif de capture de mouvement (Figure 1). Ce programme permettait d'opérer un processus de *motion-retargeting*⁷ simplifié. Il a servi à réaliser une première expérimentation d'interaction entre acteur humain et acteur virtuel avec le département Théâtre de l'Université Paris VIII.



Ceci m'a amené par la suite à travailler pour *Animazoo Europe*, société spécialisée en capture de mouvement optique et électromécanique, où j'ai pu

⁵ Nous désignons par capture de mouvement (*motion capture* ou mocap) l'ensemble des techniques optique, cinétique, magnétique, etc., permettant d'enregistrer les positions et rotations d'objets ou de membres d'êtres vivants, pour contrôler une entité virtuelle sur ordinateur (caméra, modèle 3d, ou avatar).

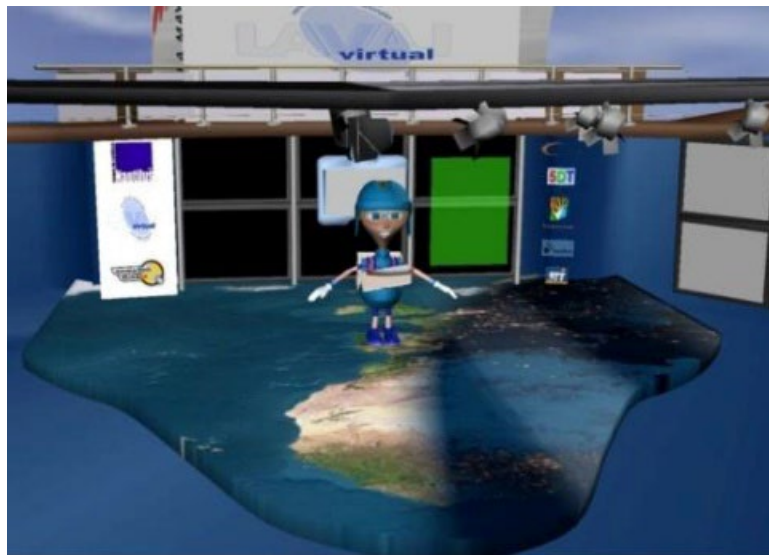
⁶ Un *plug-in* ou greffon est un petit module programmé qui se greffe à un programme hôte pour lui ajouter des fonctionnalités.

⁷ Les algorithmes de *motion-retargeting* visent à transférer un mouvement d'une entité virtuelle ou d'un acteur humain à un acteur virtuel.

participer à la création d'une Marionnette Virtuelle (Figure 2) pour le salon de la réalité virtuelle *Laval Virtual 2001* et le salon du *Bourget 2001*.

Dans ce projet, une actrice équipée du système *Gypsy* animait, à distance et en temps réel, la Marionnette Virtuelle. Le dispositif reposait sur le logiciel *Motion-Builder*⁸ pour lequel j'avais développé, en C++⁹, un ensemble de modules de contrôle.

Ces deux expériences, en laboratoire de recherche, puis en entreprise, ont été particulièrement formatrices, car j'ai pu ainsi améliorer mes compétences en programmation — en particulier sur les calculs de rotations — et mes connaissances en capture de mouvement aussi bien optique qu'électromécanique et ceci dans un but de création artistique ou d'innovation.



1.1.2. Des créations à la fois artistiques et techniques

⁸ *Motion Builder*, auparavant appelé *Filmbox*, est un logiciel d'animation de personnage 3D en temps réel. Son format, le format FBX est devenu un format standard dans l'image de synthèse 3 d.

⁹ Le c++ est un langage de programmation imaginé par Bjarne Stroustrup dans les années 80 orienté objet et proche de l'architecture de l'ordinateur. C'est l'un des langages principalement utilisés pour développer les moteurs de jeu vidéo et les logiciels d'images de synthèse.

Pendant ma maîtrise et mon DEA, j'ai participé à la réalisation de deux films en images de synthèse (Figure 3a et Figure 3b), *Krysalide* en collaboration avec Ali Hamdam et Sylvain Muset (Hamdam, Muset, et Plessiet 2002), puis *Erased Head* avec Bruno Kan (Kan et Plessiet 2003). Si je cite ces deux films, c'est qu'ils sont assez représentatifs à la fois de mes centres d'intérêt et de ma méthodologie de création. En effet, avec ces deux réalisations, je me suis focalisé sur les « acteurs virtuels », en gérant l'ensemble du pipeline, de la modélisation à l'animation¹⁰ et en développant les outils nécessaires à leur aboutissement artistique.



Figure 3 : *Krysalide* de Cédric Plessiet, Sylvain Muset et Ali Hamdam (2002) et *Erased Head* de Cédric Plessiet et Bruno Kan (2003)

11

¹² (Plessiet 2002).

Dans *Erased Head*, je me suis posé la question de la création d'une foule d'individus grimaçants dans une ville dépersonnalisée. C'est par l'utilisation

¹⁰ J'ai tendance à utiliser l'animation par capture de mouvement, car j'ai toujours été très rétif aux techniques d'animation traditionnelle, certainement à cause de mon manque de compétence dans ce domaine.

¹¹ L'algorithme de boïds développé par Craig Reynolds, permet de simuler les phénomènes de nuées ou de banc de poissons et repose sur trois règles simples : séparation, alignement et cohésion.

¹² Plessiet, Cédric. 2002. « Utilisation de "système boïd" pour la génération de nuées de papillons et réalisation de système de cheveux dynamiques ». Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis.

d'algorithmes génétiques¹³ que j'ai pu résoudre mon questionnement, tout d'abord en modélisant deux individus très stéréotypés (Figure 4), ainsi que leur « patrimoine génétique » (taille, poids, morphologie...), puis en les croisant. J'ai fait de même avec les bâtiments (Figure 5a et Figure 5b) en encodant les renforcements ou les extensions d'immeubles¹⁴ (Plessiet 2003).



Figure 4 : les deux individus à l'origine de la génération de foule



Figure 5 : (a) le codage des rangés d'immeubles et (b) la ville générée par algorithme génétique

¹³ Les algorithmes génétiques sont des algorithmes utilisant les principes de sélection naturelle appliqués à une population de solutions potentielles. Les solutions sont évaluées, sélectionnées puis croisées par des mécanismes de *cross-over* et des mutations dans leur code. Ils ont été imaginés par John Holland en 1960 à l'université du Michigan.

¹⁴ Plessiet, Cédric. 2003. « Élaboration de foules et d'immeubles en image de synthèse par algorithme génétique ». Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis.

mérite de m'amener à réfléchir au lien créatif qui unissait l'artiste, l'ordinateur et l'œuvre.

1.2. Ma recherche doctorale

C'est donc très naturellement que mon doctorat a porté sur l'étude de ce triangle que forment l'artiste, l'ordinateur et l'œuvre numérique ; là encore j'ai mené cette recherche en combinant approche théorique, création artistique et programmation informatique, c'est-à-dire une recherche-création alliée à une recherche-développement.

1.2.1. Le triangle créatif...

Lors de ma recherche, je suis parti de l'hypothèse que ma pratique artistique était au centre d'un triangle unissant le créateur artiste/programmeur, l'ordinateur exécuteur de son programme et le spectateur qui interagit avec ce dernier¹⁵ (Plessiet 2007a).

Ce qui me semble important à retenir de ce travail de thèse est ma conception de la création du programme/œuvre comme un dialogue entre l'artiste/programmeur et l'ordinateur/exécuteur. Ce dialogue doit être mené par deux entités à la logique, à la culture et à la compréhension diamétralement opposées, l'une humaine, floue et sensible, l'autre machinique, binaire et computationnelle.

Mais tout dialogue repose sur un travail de compréhension entre les deux locuteurs, travail encore plus grand si les locuteurs sont d'horizons contraires. Et en ce domaine, quoi de plus opposés qu'un homme et un ordinateur ? Partant du principe que la machine ne fera pas (intentionnellement) l'effort de nous comprendre, nous n'avons pas d'autre choix que d'essayer de la comprendre.

Cette posture conduit également l'artiste numérique à accepter d'être « mal compris » par la machine et à voir le résultat de cette incompréhension comme une

¹⁵ Plessiet, Cédric. 2007. « Art et technologie informatique, vers un nouveau triangle créatif ». In *Pratiques artistiques, pratiques de recherche*, éditée par Daniel Danétis. L'Harmattan.

source potentielle d'inspiration dans une création participative. Un autre paramètre à prendre en compte est lié aux phénomènes d'émergence que l'ordinateur peut simuler. Car au-delà de simples règles, comme celle du jeu de la vie¹⁶ de John Horton Conway (Delahaye 2009), ou de systèmes plus complexes comme les réseaux de neurones artificiels¹⁷, il y a bien une possibilité de co-création entre l'artiste et son ordinateur.

Le spectateur/acteur (ou spectacteur) se trouve, lui aussi, à un sommet du triangle et par son rapport interagissant au programme/œuvre, il amène un sens particulier à l'œuvre (Figure 6). Nous pourrions objecter que ceci est valable pour toute œuvre, ce qui a d'ailleurs déjà fait l'objet d'un nombre considérable d'études parfois contradictoires¹⁸ (Fried 2017; Jaus 1990). Mais la relation du spectateur avec l'œuvre s'en trouve modifiée puisque cette dernière interagit d'une manière spécifique du fait même de sa nature numérique et de ses caractéristiques informatiques comme la « programmabilité » ou l'interactivité numérique et ceci de façon encore plus manifeste avec l'émergence de comportements autonomes liés à l'intelligence et la vie artificielle (Couchot 2002).

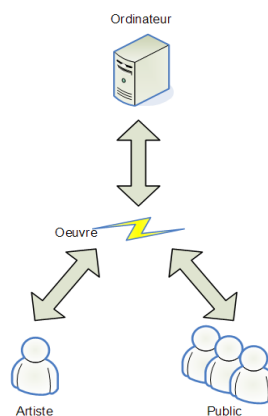


Figure 6 : Le triangle créatif Ordinateur Artiste Public

¹⁶ Le jeu de la vie est un jeu mathématique imaginé par John Horton Conway en 1970. Il est basé sur un automate cellulaire qui utilise trois règles.

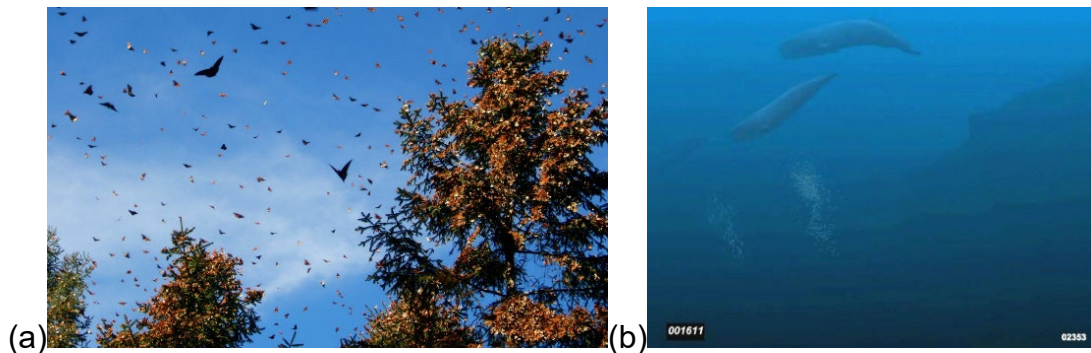
¹⁷ Un réseau de neurones artificiels est un système qui s'inspire du fonctionnement des neurones biologiques.

¹⁸ Ces deux auteurs s'opposent à la fois sur le médium (peinture/littérature) et sur la position du spectateur (passif/actif).

1.2.2. Des réalisations artistiques

Cette thèse en recherche-crédation s'est appuyée sur un certain nombre de travaux artistiques. Ces productions se présentent sous trois formes : des films, des installations et des dispositifs interactifs et scénographiques pour le spectacle vivant. Les créations cinématographiques étaient des commandes dans lesquelles j'ai eu des missions plutôt techniques. Mais je me suis réapproprié artistiquement ces travaux dans mes propres créations d'installations artistiques ou mes projections 3D interactives pour le spectacle vivant.

Mes collaborations aux deux « films de commande » *Four wings and a prayer*¹⁹ (de Pencier 2007) (Figure 7a) et *On a marché sous la mer*²⁰ (XLargo 2008) (Figure 7b) se sont faites en tant que chercheur sur un poste de recherche et développement au sein de la société Post-moderne²¹ pour laquelle j'ai réalisé des programmes d'animations comportementales qui simulent le mouvement de papillons²² (Plessiet 2005b) et de poissons²³ (Plessiet 2007c). Mais je me sentais frustré de ne pas pouvoir interagir avec eux et, sans dialogue possible, de me contenter de voir évoluer mes créatures dans un mouvement figé dans le temps enregistré. C'est donc naturellement que j'ai détourné ces techniques pour créer deux installations artistiques interactives.



¹⁹ Pencier, Nick de. 2007. *Four Wings and a prayer*. Canada ; France : Documentary Channel; France ; New KSM.

²⁰ Pour l'attraction éponyme du musée de la mer de Cherbourg.

²¹ Société qui maintenant a fusionné avec l'entreprise d'effets visuels Digital District.

²² Plessiet, Cédric. 2005. « Simulation de papillons virtuels ». Revue ATI, p. 13-16.

²³ Plessiet, Cédric. 2007. « Simulation de banc de poissons pour les effets visuels ». Revue ATI, p. 110-14.

Figure 7 : images extraites des films (a) « Four wings and a prayer » et « On a marché sous la mer » (b)

La première, *Papillons pixels*²⁴ (Plessiet 2005a), se présente sous la forme d'une fenêtre vers un monde virtuel représentant un paysage pastoral et dans lequel volent des papillons qui réagissent aux bruits et aux mouvements du spectateur. Cette installation m'est chère, car elle donna lieu lors d'une exposition, à une cocréation chorégraphique spontanée entre une petite fille et mes papillons virtuels (Figure 8). Il est d'ailleurs extrêmement dommage que je n'aie pu filmer cet échange entre le spectateur et mon œuvre, mais cette interaction improvisée m'a amené à réfléchir aux différents modes de manipulation avec un dispositif interactif.



Figure 8 : Papillons-Pixels

Je suis arrivé à la conclusion qu'il y avait trois grands types de manipulation :

- La manipulation volontaire où le manipulateur est conscient de son pouvoir manipulateur sur l'œuvre et sait pleinement comment la contrôler ;
- La manipulation apprivoisée : état intermédiaire entre la manipulation involontaire et la manipulation contrôlée, où le manipulateur

²⁴ Plessiet, Cédric. 2005. « Papillons pixel ». Les bains numériques (Enghien-Les-Bains/France) 2005.

commence à comprendre qu'il a une influence sur l'œuvre et apprend à la maîtriser.

La seconde (Figure 9a), *Deep-Blue*²⁵ (Plessiet 2006) immergeait le spectateur dans un océan virtuel au milieu d'un banc de poissons où il pouvait nager en effectuant des mouvements, grâce à un casque de réalité virtuelle et une webcam (Figure 9b). Grâce à la caméra, nous filmions le spectateur et nous détections la zone de l'image avec le plus de mouvement, ceci nous permettait de déduire dans quelle direction nous devons tourner le point de vue du spectateur, l'ampleur des mouvements détectés permettaient de contrôler la vitesse de déplacement du point de vue du spectateur. Le banc de poissons était contrôlé par un simple algorithme de boids.

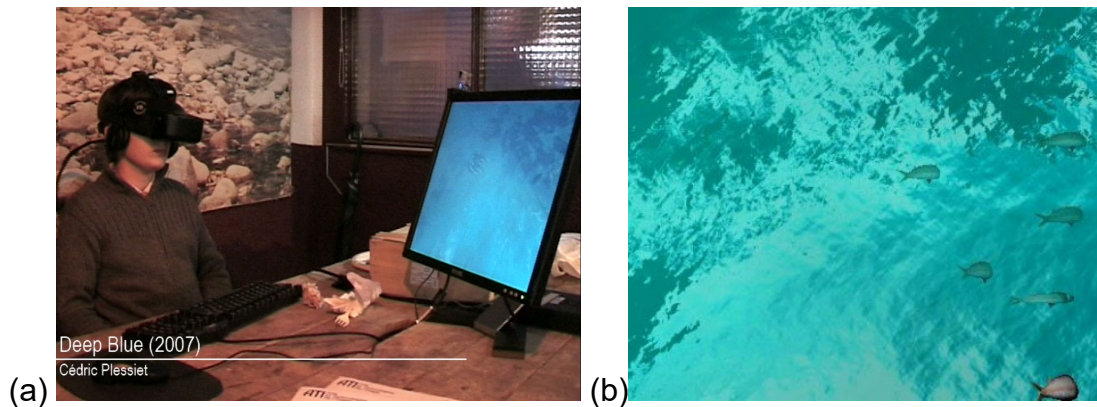


Figure 9 : (a) l'installation DeepBlue et (b) et le point de vue immergé

Ceci m'a ensuite poussé à collaborer avec la compagnie *Mobilis/Immobilis* et l'artiste Maflohé Passedouet. J'ai réalisé les dispositifs interactifs pour deux de ses spectacles de danse *8 seasons*²⁶ avec le danseur de Bûto Atsuchi Takenouchi (Takenouchi et al. 2007) et *De chair et d'âme*²⁷ (Passedouet et Plessiet 2009), où j'ai pu observer des danseurs interagir avec mes créatures virtuelles (Figure 10). Dans *8*

²⁵ Plessiet, Cédric. 2006. « Deep-Blue ». Les Bains numériques (Enghien-Les-Bains/France) 2006.

²⁶ Takenouchi, Atsuchi, Maflohé Passedouet, Cédric Plessiet, et Hiroko Komiya. 2007. « 8 Seasons ». Spectacle de danse. Le Cube (Issy-les-Moulineaux/France) 2007 ; Université de Poitiers (Poitiers/France) 2007 ; La Reine Blanche (Paris/France) 2008 ; Espace culture multimédia de Pessaca (Toulouse/France) 2009 ; Atrium (Chaville/France) 2011.

²⁷ Passedouet, Maflohé et Cédric Plessiet, 2009. « De chair et d'âme ». CCAS de Savines le Lac (Hautes-Alpes) 2008 ; Festival La Novela Semaine des Fées (Hautes-Alpes/France) 2009 ; Atrium (Chaville/France) 2011.

seasons, mes créatures interagissaient avec le mouvement du danseur, la musique, mais aussi par l'intermédiaire d'un dispositif interactif (une tablette et un contrôleur midi) mis à disposition de la chorégraphe Mafloré Passedouet.



Figure 10 : Atsuchi Takenouchi dansant avec mes poissons et papillons dans 8 seasons

De ces spectacles, j'ai retenu le besoin de penser l'outil informatique sous deux aspects :

- La nécessité d'intégrer un système de sécurité au dispositif afin de pouvoir reprendre le contrôle, soit pour resynchroniser le dispositif avec les artistes sur scène, soit pour récupérer une erreur de manipulation, soit pour parer à l'éventualité d'une erreur de programmation ;

Ainsi ces deux œuvres reposent sur une capitalisation, une réorganisation et une adaptation des modules (Figure 11). Cette volonté de capitaliser se trouvera en filigrane de toutes mes recherches futures



Figure 11 : deux tableaux extraits du spectacle De chair et d'âme

1.2.3. S'appuyer sur le développement informatique

Comme nous pouvons le voir, mon travail technique fusionne avec mon travail artistique, ceci même si je dois manier des concepts informatiques qui semblent diamétralement opposés à la conception traditionnelle que l'on se fait de l'art. Par exemple, pour la réalisation du papillon de *Four wings and a prayer*, j'étais dans l'incapacité d'animer manuellement les mouvements complexes des ailes du lépidoptère. Je me suis donc tourné vers les outils informatiques et j'ai mixé différents algorithmes afin de créer une entité cybernétique « capable de voler ». De la même manière, mon objectif dans *On a marché sous l'eau* était d'obtenir un mouvement de banc de poissons cohérent et si, comme pour *Krysalide* j'ai utilisé les techniques mises au point par Craig W. Reynolds, j'y ai ajouté un certain nombre de mécanismes originaux comme l'utilisation de la logique floue et des mécanismes de gestion de stress.

Nous pouvons voir dans mon travail une sorte de va-et-vient entre le précalculé²⁸ et le temps réel²⁹, entre la narration et l'interaction. Ceci, outre l'ouverture à une problématique esthétique et théorique intéressante, oblige à la création d'outils à « double fonction » capables de s'adapter à des environnements différents et de

²⁸ La 3D précalculée est une méthode de rendu que l'on retrouve dans le domaine du film d'animation. Les images sont calculées à l'avance, ce qui permet d'avoir une meilleure qualité d'image, en contrepartie, elle ne permet pas à l'utilisateur d'interagir avec

²⁹ La 3D temps réel, qui concerne l'imagerie de synthèse, est une méthode de représentation de données tridimensionnelles pour laquelle chaque image composant l'animation est rendue dans l'instant qui précède son affichage.

répondre à des contraintes différentes. Il est devenu ainsi rapidement évident que je devais me doter de ma propre bibliothèque de programmation, capable de répondre à des problèmes technico-esthétiques. Cette bibliothèque de développement doit pouvoir s'intégrer dans des pipelines de production et des méthodologies très différentes, s'appuyant sur de multiples logiciels. C'est pourquoi tout au long de cette thèse, j'ai développé un framework de développement *Taupistool*, embryon de ma bibliothèque de programmation actuelle *AKeNe* dont nous détaillerons le fonctionnement dans le chapitre 7.

2. Une réflexion autour du personnage virtuel

Avec de plus en plus d'intérêt, j'ai focalisé mon travail sur le personnage virtuel, qu'il soit anthropomorphe, ou zoomorphe, autonome ou contrôlé, interagissant ou indépendant (Plessiet 2012a)³⁰. Ensuite, j'ai progressivement développé mes propres concepts autour des acteurs virtuels « plausibles » (Plessiet 2014)³¹. Cette notion — que je peux rapidement introduire ici comme l'usage de « la vraisemblance, dans un contexte donné, acceptable pour le spectateur » — fera l'objet d'une analyse approfondie dans le chapitre 4.2. Je commencerai donc par présenter ma nouvelle classification, puis présenterai quelques travaux artistiques que j'ai développés autour de ce concept, puis décrirai mon pipeline de création de Double Autre, outil majeur de ma création artistique.

2.1. Une nouvelle classification

Progressivement, j'ai éprouvé le besoin, d'un point de vue à la fois esthétique et technologique, de pouvoir différencier mes différents types d'entités virtuelles. Pour cela, je m'inspire de la classification Thalmann (Thalmann 1996) qui décrit les quatre catégories suivantes :

- Participants dont les gestes sont reproduits « de la même manière » que ceux du manipulateur réel grâce à un dispositif de capture de mouvement ;
- Les acteurs guidés, dont les mouvements sont contrôlés par un manipulateur externe grâce à un dispositif de saisie (clavier, souris, etc.) ;

³⁰ Plessiet, Cédric. 2012. « Créatures virtuelles : de la modélisation informatique pour les effets spéciaux à la création numérique artistique ». In *Création numérique : Enjeux culturels et esthétiques*, édité par Med Mohsen Zerai, UR Culture. Gabés (Tunisie).

³¹ Plessiet, Cédric. 2014. « Acteur virtuel ». In *100 Notions pour L'Art numérique*, édité par Marc Veyrat et Ghislaine Azemard, 100 notions. Centre Moebius International.

- Des acteurs autonomes capables d'interagir avec leur environnement grâce à l'utilisation de « sens simulés » ;
- Des acteurs interactifs perceptifs capables d'interagir avec d'autres acteurs, réels ou virtuels.

Or, ma classification repose sur deux concepts : l'origine du mouvement et l'origine de la réflexion, ceci me permet d'obtenir une grille de quatre cases (Figure 12).

	Decision Interne	Decision Externe
Mouvement Interne	Acteur virtuel	Golem virtuel
Mouvement Externe	Masque virtuel	Marionnette virtuelle

Sculpture
matrice

Figure 12 : classification Marionnette / Golem / Acteur / Masque

Au centre de cette classification se trouve la notion de Sculpture Matrice, ce que je présente comme une analogie numérique à la sculpture réelle. Dans cette notion de Sculpture Matrice, la géométrie numérique, contrairement à son équivalent réel, est paradoxalement conçue pour ne pas avoir une seule pose, mais pour pouvoir exprimer une multitude de poses, ce que je nomme « possibilité de mouvement ».

La Marionnette Virtuelle est une entité virtuelle dont l'origine de la décision et l'origine du mouvement sont extérieures à elle. Elle a donc besoin d'un manipulateur qui sera à l'origine du processus décisionnel et du processus moteur. De fait, sans marionnettiste, la Marionnette Virtuelle est inerte, c'est donc bien un couple marionnette / marionnettiste que nous devons considérer. Cette forme sera au cœur de mon travail à la fois sur mes portraits (chapitre 2.2) et mes expérimentations théâtrales (chapitre 6).

Si l'entité virtuelle est à l'origine de son propre mouvement, mais pas de son processus décisionnel, alors nous sommes en présence de ce que j'appelle un Golem Virtuel. Dans ce cas, le Golem Virtuel est capable d'exécuter des ordres, c'est-à-dire

exécuter un algorithme. Mais en l'absence d'ordre, il n'aura aucune initiative propre. Il est important de noter que cette catégorie d'entité virtuelle, bien que disposant d'un nombre d'ordres bien définis, peut présenter des formes de comportements émergents. J'ai exploré ce type d'entité dans le module *figurant* du dispositif *OutilNum* (Chapitre 5), mais surtout dans mon installation artistique de réalité virtuelle *Lucky 2.0* (Chapitre 3.1).

Enfin, le troisième niveau d'entité, l'Acteur Virtuel, est à l'initiative à la fois de son mécanisme décisionnel et de son mécanisme moteur. Ainsi, il est dans l'obligation de trouver ses propres solutions, à partir de ses propres observations. Pour cela, il doit être en mesure d'expérimenter en interagissant avec son environnement et de tirer des conclusions de ces interactions. En conséquence, l'Acteur Virtuel doit disposer de mécanismes d'apprentissage, afin de pouvoir tirer ses propres conclusions de ses propres observations. Ceci nous oblige à intégrer la notion d'autonomie comme définie par Tisseau (Tisseau, Parenthöen, et Harrouet 2003) dans notre réflexion. En outre, ce modèle beaucoup plus ambitieux nous oblige à intégrer dans notre architecture des mécanismes apprenants comme les réseaux de neurones ou les algorithmes génétiques. Mon œuvre en cours, *La geôle*, repose sur un tel agent (cf. Chapitre 3.2).

La dernière forme, le Masque Virtuel, est une entité dont l'origine de la décision est interne et l'origine du mouvement est externe. Cela veut dire qu'elle ne dispose pas de capacité de mouvement. Aussi, ceci implique que le Masque Virtuel n'est pas forcément doté de « corps virtuel » capable de générer un mouvement et donc n'est pas nécessairement issu d'une Sculpture Matrice. J'utilisais des Masques Virtuels (bien qu'à l'époque je n'employais pas encore ce nom) dans le projet *OutilNum* derrière le concept de *Smart Object*. Les figurants virtuels utilisent ces outils, comme je le détaillerai dans le Chapitre 5.

Cette classification est à la base de l'ensemble de ma réflexion³² (Plessiet, Gagneré, et Sohier 2019), que ce soit dans ma pratique personnelle ou dans mes

³² Plessiet Cédric, Georges Gagneré et Rémy Sohier. 2019. « A Proposal for the Classification of Virtual Character ». In HUCAPP-VISIGRAPP, 168- 74. Prague (République tchèque) : SCITEPRESS.

diverses collaborations. Elle me permet à la fois de m'aider dans l'élaboration conceptuelle et technologique de mes œuvres et d'outils de communication, quand je collabore avec des personnes issues du spectacle vivant.

2.2. Portrait et Double Autre

J'ai réalisé une série de portraits en images de synthèse (Figure 13a et Figure 13b), d'abord statiques puis interactifs. Elle répondait à un triple objectif : artistique, technique et théorique. Ce projet est issu d'une fascination, depuis mes plus jeunes années, pour les portraits (au-delà de tout courant artistique particulier) et par la volonté de l'artiste, en dessinant, en peignant, en sculptant, ou en utilisant toutes autres techniques comme la photographie, de représenter, à la fois l'apparence externe, mais aussi interne du sujet.



Figure 13 : (a) Rêve de Gosse et (b) Nous

J'ai commencé à représenter, en image de synthèse, les personnes qui me sont proches, puis à les doter de comportements plus ou moins autonomes. Bien sûr, il s'agit d'une manière personnelle de représenter leur apparence, mais aussi de se concentrer sur certains traits de leur caractère et le lien qui m'unit à eux.

Cette démarche pragmatique me permet d'améliorer mon niveau technique et artistique en modélisation, en rendu, en mappage de textures, ainsi que de réaliser

des tests pour certains de mes développements (vision par ordinateur, *chatbot*, animation non linéaire³³...).

Ces tableaux me servent aussi d'outil d'analyse pour certaines questions théoriques qui me préoccupent. Par exemple, ils jouent un rôle important dans mes recherches sur la création de liens entre acteur virtuel et réel, ou encore la porosité des frontières entre mondes réel et virtuel. En outre, j'essaie de cacher l'aspect technologique de ces œuvres, car, de mon point de vue, cela nuirait à la cohérence que j'essaie de créer. C'est pourquoi j'ai choisi des écrans dont le format n'est pas classique³⁴, tout en les déguisant grâce à des cadres en impressions 3D — au style volontairement rococo — et en cachant les câbles derrière des tentures. Ainsi, pour le spectateur il ne s'agit pas d'un écran d'ordinateur, mais d'un tableau (Figure 14).



Figure 14 : L'installation de mes portraits au festival « Play ! » à Bar-le-Duc (à gauche) et « Recto-Verso » à Laval (à droite).

Ce sont avant tout des travaux très personnels, qui relatent une histoire et une connexion entre moi et la personne peinte. Pour moi, cela a aussi été le moyen de définir une nouvelle notion, celle du Double Autre. À noter que j'ai toujours eu tendance à emprunter, puis m'approprier, un élément issu du réel pour recréer la perception que j'en ai dans mon œuvre. À juste propos, on pourrait me demander de me positionner

³³ Technique d'animation qui permet à l'animateur d'éditer et combiner des blocs de mouvements globalement et donc de ne plus animer les entités avec des clés image par image.

³⁴ Les écrans choisis sont des écrans de surveillance que j'ai détournés de leur utilisation originale

sur les notions de simulation ou de simulacre (Baudrillard 1985) et si ces concepts m'ont, bien sûr, influencé, je considère une problématique légèrement différente, car la forme que je recrée est, certes inspirée du réel, mais surtout réinterprétée par un imaginaire, qui devient ensuite autre chose par son interaction avec le spectateur et son environnement.

C'est dans cette logique, que j'ai décidé avec certains de mes modèles, Kelly Mezino et Arena Mevorach, de les intégrer directement dans le processus de création en leur demandant de me faire un retour sur la perception que j'avais d'eux et, comment, eux-mêmes se percevaient. Ainsi, la Sculpture Matrice créée devient le compromis entre deux perceptions d'un être et d'un corps par l'artiste et son modèle³⁵.

J'ai le souhait de remettre le lien qui unit le modèle à l'artiste au centre de ma problématique artistique, à l'heure où par les technologies il est possible de créer une doublure numérique sur laquelle j'ai un total contrôle. Ce sera d'ailleurs un de mes axes de recherches futurs, comme je l'évoquerai dans le chapitre 9.1.

2.3. L'interaction comme élément du portrait

Ce qu'il faut bien comprendre, c'est que l'outil numérique m'offre des moyens d'expression nouveaux. En effet, en plus de la forme, de la pose ou de la lumière, je peux peindre ce que je perçois de mon modèle, en intégrant au centre de mon processus artistique l'interaction avec l'œuvre. L'ensemble des tableaux qui vont suivre repose donc sur un Double Autre, un dispositif interactif simple (par exemple un montage *Arduino*³⁶ autour d'un capteur, ou une webcam) et une interaction programmée modeste. En conséquence, ce n'est pas le défi technique qui anime ce travail, mais plutôt la réflexion sur l'outil informatique redéfinissant l'art du portrait. Dans la suite du chapitre, je détaillerai plus en détail certains de mes portraits interactifs.

³⁵ Je présente d'ailleurs en annexe les entretiens que j'ai réalisés avec certains de mes modèles.

³⁶ Microcontrôleur open source et à faible coût très facilement programmable en C++

2.3.1. Interaction apprivoisée, *Ça bug dans les rotations*

Par exemple, le portrait *Ça bug dans les rotations*³⁷ repose sur une anecdote qui me lie à Georges Gagneré. En effet, dans les premières versions d'*AKeNe*, j'avais programmé un système de *motion retargeting*³⁸ sommaire. Georges Gagneré m'avait signalé plusieurs fois qu'il y avait un problème et que les Marionnettes Virtuelles qu'il contrôlait présentaient des incohérences au niveau des rotations. Or, ne parvenant pas à identifier ce bug (et doutant même, à un moment, de son existence) j'ai réalisé ce portrait de lui avec un véritable problème sur la rotation du cou de la Marionnette Virtuelle. Pour cela, un potentiomètre se trouvant au bas de l'écran permet de modifier l'angle. Le « Georges virtuel » réagit alors en fonction de l'action effectuée sur le mécanisme, remercie le spectateur si ce dernier corrige l'angle, ou au contraire le gronde si la situation est aggravée. Ce portrait fera l'objet, dans le futur, d'une co-écriture par Georges Gagneré et moi-même, des interactions que son Double Autre déploierait.

Par cet exemple, nous voyons bien comment l'interaction met en lumière une histoire personnelle qui m'unit à mon modèle, mais aussi dépeint de manière humoristique notre complicité.

³⁷ Plessiet, Cédric. 2018. « Ça bug dans les rotations ». Festival Microfolie (Villiers-le-Bel) 2018 ; Exposition Play! (Bar-le-Duc) 2019; exposition Recto Verso (Laval) 2019 ; festival Multiprise (La Villette/Paris) 2019.

³⁸ Les algorithmes de *motion-retargeting* visent à transférer un mouvement d'une entité virtuelle ou d'un acteur humain à un acteur virtuel.



Figure 15 : Ça Bug dans les rotations

2.3.2. *Rêverie et Masque, Marionnettes* Virtuelles et interactivités simples

Une autre création illustrant mon approche est le portrait de Kelly Mézino³⁹ *Rêverie*⁴⁰ qui, s'il y a du bruit, intime l'ordre au spectateur de se taire d'un doigt sur la bouche et par un « Chut » sonore. Le mécanisme est extrêmement simple, puisqu'il repose sur un microphone standard qui déclenche une action si le volume sonore capté dépasse un certain seuil.

Cette interaction élémentaire est une manière pour moi de présenter une autre facette de la personnalité de mon modèle, que la majorité des gens voient comme une jeune femme débordante d'énergie et de joie, mais que j'ai perçue différemment lors des conversations que nous avons tenues au cours de la création de son Double Autre.

³⁹ Nous pourrions d'ailleurs trouver en annexe l'entretien que j'ai réalisé avec elle sur nos différentes collaborations.

⁴⁰ Plessiet, Cédric. 2018. « Rêverie ». Exposition Play! (Bar-le-Duc) 2019; exposition Recto Verso (Laval) 2019.

Ce Double Autre fut le premier finalisé et il servit de support à un certain nombre de cours de Georges Gagneré et d'expérimentations artistiques pour ma part (Figure 16).



Figure 16 : Rêverie

Dans *Masque*⁴¹ je représente une personne de mon entourage proche, journaliste et personnage public. Je suis fasciné par la distorsion qui existe entre ma perception d'elle en tant qu'amie et l'image d'entrepreneuse qu'elle dégage lorsqu'elle est dans son rôle de journaliste. C'est cette dualité que j'ai essayé de matérialiser dans ce portrait, offert pour son anniversaire. Il repose, là encore, sur un mécanisme simple, un capteur de distance relié à une Arduino. Plus nous nous approchons du portrait d'Aziza, plus les probabilités qu'elle se cache derrière son masque sont élevées. Ainsi, je retranscris, par une interaction simple, un sentiment personnel complexe (Figure 17).

⁴¹ Plessiet, Cédric. 2018. « Masque ». Exposition Play! (Bar-le-Duc) 2019; exposition Recto Verso (Laval) 2019; festival Multiprise (La Villette/Paris) 2019.



Figure 17 : Masque.

2.3.3. Portrait multi-cadres

J'ai voulu représenter dans l'œuvre *Ange* la gentillesse et le dévouement – ainsi qu'une certaine forme d'espièglerie – dont fait preuve notre secrétaire de département (et aussi amie). Cette dernière court d'un bureau à l'autre pour assurer ses missions et aider les étudiants qui se sont mis à la voir un peu comme leur « ange gardien » administratif. Cette installation se présente sous la forme de trois cadres ovales, dans lesquels on peut voir son Double Autre – dans un costume d'Ange inspiré de l'« art pompier » – courir de l'un à l'autre en fonction du mouvement des spectateurs.

⁴² alors vers l'écran devant lequel se trouve le spectateur le plus proche. Il s'en suit un jeu de cache-cache entre les spectateurs et le Golem Virtuel qui n'est pas sans rappeler certaines de nos interactions professionnelles.

⁴² Il est à noter que les mouvements qu'exécute le Double Autre de Nadia ont été réalisés par une étudiante du département Théâtre dans le cadre du cours de Georges Gagneré.



Figure 18 : L'Ange

Si le diptyque *Les miens*⁴³ représente mon père et ma mère, les interrogations derrière sont multiples. Bien sûr, ce tableau illustre mes parents veillant sur moi, mais c'est aussi pour moi une réponse à une interrogation personnelle sur mon incapacité à réaliser un portrait interactif de trois-quarts. Dans cette œuvre, chacun d'eux se trouve dans son propre cadre, séparé l'un de l'autre d'à peu près un mètre. Ainsi, il est impossible pour un spectateur d'être en face des deux tableaux à la fois (Figure 19). Chaque cadre est équipé d'un capteur de distance. Cela permet aux deux Marionnettes Virtuelles de choisir le spectateur à suivre de la tête et du regard. Ainsi, il est tout à fait possible que le spectateur choisi soit devant ma mère et que mon père soit bien de trois-quarts de manière cohérente.

⁴³ Plessiet, Cédric. 2018. « Les miens ». Exposition Play! (Bar-le-Duc) 2019 ; exposition Recto Verso (Laval) 2019.

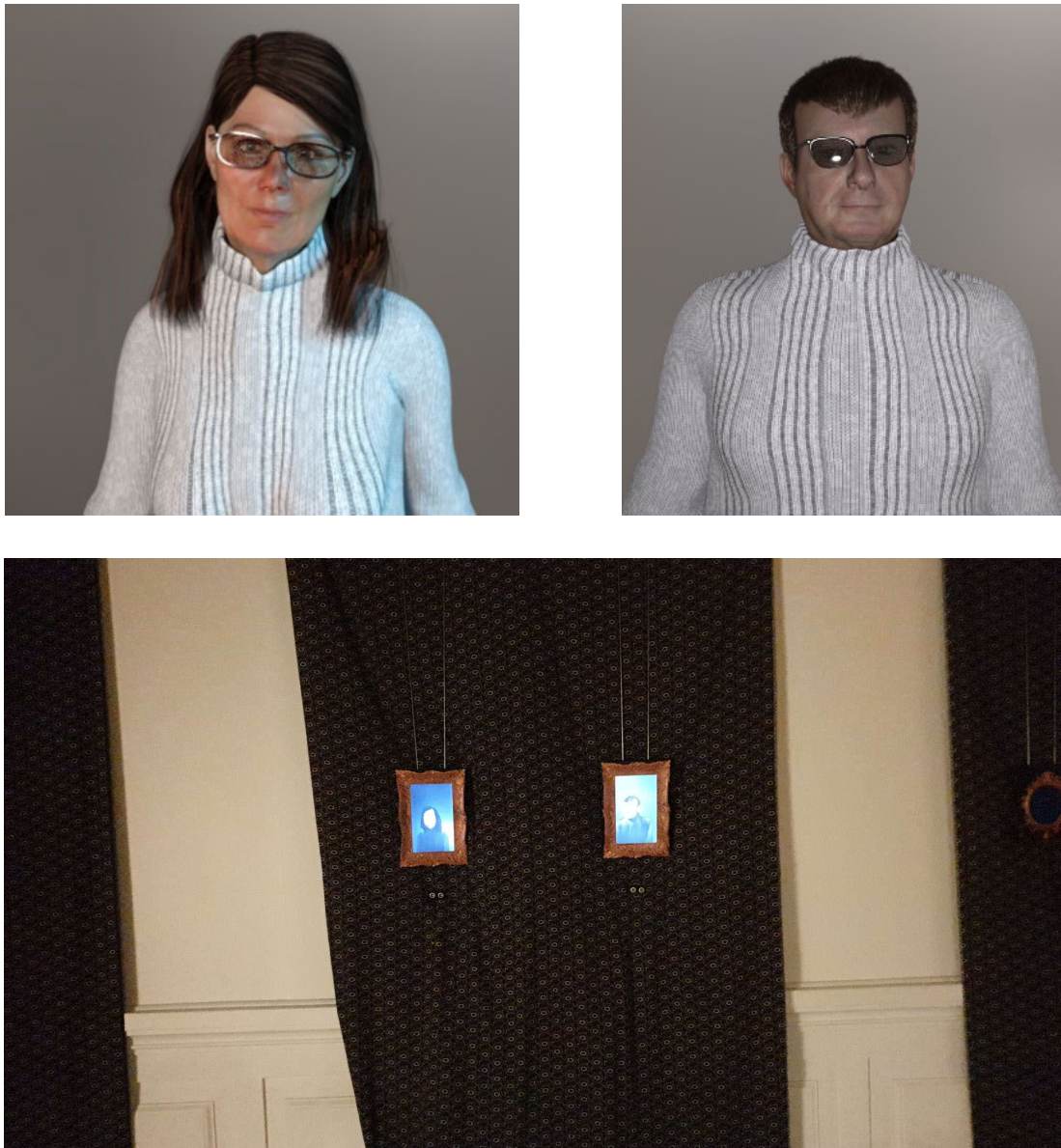


Figure 19 : Les miens

2.3.4. Les mises en scène

*Main Verte*⁴⁴ et *L'InstitE*⁴⁵ (le E majuscule est voulu) ont été pour moi l'occasion de dépasser le dispositif du tableau accroché au mur. Cela m'a permis de travailler sur le portrait interactif comme élément d'une scénographie plus complexe. Ainsi, ces deux œuvres s'intègrent dans un décor complet et sont donc plus que de

⁴⁴ Plessiet, Cédric. 2018. « Main Vert ». Exposition Recto Verso 2019 (Laval); festival Multiprise2019 (La Villette).

⁴⁵ Plessiet, Cédric. 2018. « L'InstitE ». Exposition Recto Verso 2019 (Laval); festival Multiprise2019 (La Villette).

simples éléments isolés. Le sujet de ces tableaux sont deux personnes qui me sont particulièrement proches.

La première installation se compose d'un portrait sur présentoir, d'une nappe, d'une plante et d'un arrosoir sur un petit plateau. Le portrait représente ma compagne et son lien particulier avec les plantes. Ainsi, si on arrose la plante avec l'arrosoir, il se met à pleuvoir dans le cadre. D'un point de vue technique, nous sommes en présence d'une simple Marionnette Virtuelle qui bascule d'un état à l'autre si l'arrosoir est retiré de son support. Mais comme nous pouvons le remarquer, l'interaction n'est là que pour dépeindre avec une certaine poésie un trait de caractère du modèle.



Figure 20 : Main Verte

Il en est de même pour *l'InstitE*, portrait d'une amie très proche qui lorsqu'elle corrigeait les partiels de ses étudiants commentait à haute voix. Le dispositif original repose sur une table avec une lampe de bureau, une petite caméra cachée dedans et une ardoise avec des craies tampon. La manie d'exécuter ses commentaires haut et fort a toujours été, pour moi, un sujet de taquinerie et c'est donc tout naturellement que je l'ai représenté en institutrice de l'entre-deux-guerres commentant les exercices d'écriture de ses élèves.

Dans la première version, j'analysais les tracés sur l'ardoise et elle réagissait en fonction de ce qui était dessiné. En réalité, elle ne reconnaissait que quelques symboles simples, ronds ou croix grâce à la bibliothèque de programmation OpenCV⁴⁶ dédiée à l'analyse d'image.



Figure 21 : Le modèle et son Double Autre dans l'installation L'InstiE.

Malheureusement, je n'ai pas pu présenter cette version en festival, ceci afin d'éviter que des morceaux de craies ne soient écrasés partout. J'ai dû donc me rabattre sur une solution de repli reposant sur une *leap-motion*⁴⁷ cachée à la place de la caméra. La qualité de captation est devenue bien sûr beaucoup moins efficace, mais, même si la version est moins aboutie que la version originale, les réactions des spectateurs ont été très fortes.

⁴⁶ J'utilisais pour cela les fonctions de Haartraining intégrées à la bibliothèque. Je suis conscient que ce n'est peut-être pas le meilleur algorithme pour une telle tâche.

⁴⁷ La *leap-motion* est un système capable de détecter les mouvements de mains et des doigts.

2.3.5. Le Meta-Golem comme verrou scénaristique



Figure 22: La Louve

La Louve (Figure 22) a été pour moi l'occasion d'expérimenter un verrou scénaristique que j'ai baptisé le Meta-Golem. Je désigne par verrou scénaristique un mécanisme qui repose à la fois sur un développement informatique et scénaristique pour cacher aux spectateurs les possibles erreurs de programmation ou émergences de comportement non voulu que pourrait présenter une entité. Ceci rejoint d'ailleurs fortement ce que Mateas appelle une intelligence narrative et qui met en avant le fait qu'il écrit ses intelligences artificielles pour le jeu *Facade* (Mateas et Stern 2003) sur un double plan technologique et scénaristique (Mateas et Sengers 1999). Le principe du Meta-Golem est de considérer plusieurs Golems Virtuels différents comme un seul Meta-Golem Virtuel à plusieurs corps que je nomme Sub-Golems Virtuels. Nous rencontrons d'ailleurs cette logique en Intelligence Artificielle pour les Jeux vidéo avec

la technique dite du comportement d'escadron *Squad behavior* (Gorniak et Davis 2007).

Ainsi dans le portrait *La Louve* le Meta-Golem est composé de trois Sub-Golems, la mère, le fils et la fille (Figure 23). Le fils et la fille essaient d'identifier le visage des spectateurs dans la scène par l'intermédiaire d'une caméra, grâce à un algorithme de détection de visage reposant sur le même principe que pour l'*InstitE*. S'ils identifient quelqu'un, les deux enfants le montrent du doigt et le fixent, s'ils ne sont pas sûrs d'eux, ils se mettent à regarder leur mère qui va tourner la tête vers l'enfant. Ainsi s'il y a bug, ou erreur, cette erreur sera cachée, pour le spectateur, derrière un comportement attendrissant mère/enfant. Je continuerai à expérimenter la figure du Meta-Golem dans d'autres œuvres sur lesquels j'ai déjà commencé à travailler la scénarisation.

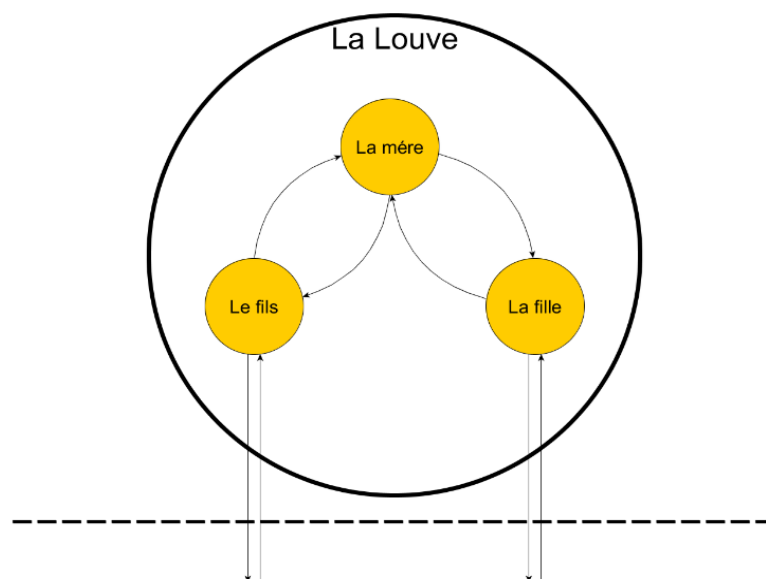


Figure 23: l'architecture du Meta-Golem de La Louve (2019)

2.3.6. Chatbot et autoportrait

L'installation *Autoportrait à l'écran* a une position particulière dans mon travail sur le Double Autre. Tout d'abord, elle consiste à réaliser un Double Autre de moi-même ce qui me ramène à me confronter à ma propre perception de mon corps. Cependant, je voulais vraiment que ce personnage virtuel en face de moi soit en

mesure de me dérouter, bien qu'ayant mon apparence et étant programmé par moi-même.

Je me suis souvenu d'un *chatbot* que j'avais créé dans les années 2000 qui enrichissait sa base de données des réponses qu'on lui donnait et qui avait totalement échappé à mon contrôle. J'ai donc décidé de réaliser un *chatbot* basé sur le langage AIML⁴⁸ (Wallace 2003) à mon effigie et utilisant une base conversationnelle récupérée sur internet (Alicebot 2011). Ainsi, mon Double Autre s'est trouvé doté d'une « personnalité » qui n'était pas la mienne. L'installation est exécutée sur un ordinateur classique et sur l'écran nous pouvons voir mon Double Autre devant un clavier (Figure 24).

Lorsque nous entrons une phrase, l'ordinateur la lit à haute voix, avec une voix synthétique par un système de *Text To Speech*⁴⁹. Mon Double Autre réfléchit ostensiblement, puis, tape une réponse sur son clavier, l'ordinateur prononce alors la phrase avec la même voix.

⁴⁸ L'Artificial Intelligence Markup Language (AIML) est un langage dérivé de XML utilisé pour gérer la connaissance des avatars et bots (robots virtuels). Ce langage utilise une vingtaine de balises de base. Il a formé la base pour ce qui était initialement une extension d'Eliza appelée « A.L.I.C.E. » (Artificial Linguistic Internet Computer Entity), qui a remporté le concours annuel du Prix Loebner d'Intelligence artificielle.

⁴⁹ Le *Text-to-Speech* est une technologie permettant à un ordinateur de lire des textes à voix haute.

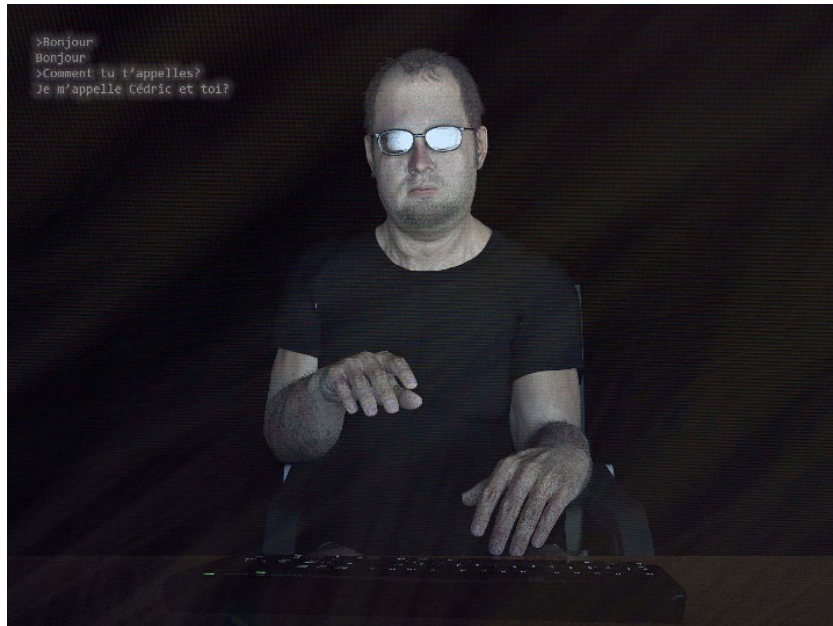


Figure 24 : Autoportrait à l'écran

2.3.7. Portraits qui interrogent la frontière

Je vais détailler les trois prochains tableaux *Smoke*, *Arpège* et *Bulles de savon* ensemble, pour plusieurs raisons. Tout d'abord, ce sont des travaux en cours et ils ne sont donc pas finalisés. Aussi, *Smoke* et *Arpège*, bien que déjà opérationnels, ne seront très certainement finalisés que courant juillet 2019. Je pense que pour *Bulles de savon* la partie mécanique ne sera opérationnelle que courant 2020 (Figure 25).



Figure 25 : (à gauche) *Smoke*, (au centre) *Arpège*, (à droite) *Bulles de savon*.

Ces trois « portraits interactifs » interrogent la frontière entre le monde réel et le monde virtuel. Ainsi dans *Smoke*, quand la jeune femme fume, de la fumée s'échappe du tableau, grâce à un mécanisme mis au point par mon collègue Vincent Meyrueis et que je peux piloter par OSC⁵⁰ ; pour *Arpège*, la main de la pianiste sort de l'écran (grâce à un picoprojecteur) et appuie sur les touches du piano sur lequel est posé le cadre ; et pour *Bulles de savon* à l'instar de *Smoke*, les bulles sortiront de l'écran et la jeune femme les suivra du regard. Si le suivi des bulles est déjà fonctionnel - car j'avais déjà élaboré un tel algorithme pour l'installation *Bulle* que j'évoquerai dans le chapitre 4.1 - le mécanisme « bulleur » est beaucoup plus complexe.

2.3.8. Le regard du spectateur

Le dernier portrait que j'évoque n'est actuellement pas terminé, mais il sera un élément moteur de mes interrogations sur les évolutions des relations entre l'artiste numérique et le modèle. Ce tableau *Nouvelle Olympia* (Figure 26) est un hommage appuyé au tableau *Olympia* de Manet dont l'expression du modèle m'avait profondément marqué. En effet, ce qui m'avait fasciné au-delà de la virtuosité de l'artiste, était que la modèle, consciente qu'on la regarde, porte un jugement sur le spectateur.

⁵⁰ Pour L'Open Sound Control, format de transmission de données entre ordinateurs, successeur du protocole midi et qui est devenue un standard



Figure 26 : Nouvelle Olympia

Ce regard m'a toujours mis mal à l'aise et j'ai voulu partager cette sensation avec le spectateur. Ainsi mon idée est d'amener le spectateur à éprouver un sentiment de culpabilité, devant cette femme qui assume fièrement sa féminité. Pour cela, un système de suivi du regard, le Tobii, me permet de capter la zone où le spectateur pose son attention. Ainsi, en fonction de la partie du corps que regarde le spectateur, la Nouvelle Olympia réagira, en cachant son corps et affrontant d'un air désapprobateur le spectateur importun. En conséquence, je mets l'interacteur face à la responsabilité de son propre regard, l'incluant de force dans l'œuvre. Cependant, au-delà de l'œuvre en elle-même, ce tableau interactif m'a amené à réfléchir à ce qu'implique le fait de travailler avec un modèle à l'ère du numérique, qui sera un de mes axes de recherches dans les années à venir (cf. chapitre 9.1)

2.4. Pipeline et Automatisation : de la numérisation au Double Autre

La réalisation d'un Double Autre repose sur un pipeline précis, c'est-à-dire une succession d'étapes qui sont normalement confiées à des spécialistes différents au nom parfois jargonnant. Ainsi, le modéleur élabore la géométrie ; le riggeur la transforme en sculpture matrice ; l'animateur le met en forme ; l'artiste texture génère les textures de la peau virtuelle ; et le lighter (éclairagiste virtuel) place les lumières...

Que ce soit pour mes portraits, mes collaborations ou mes autres œuvres artistiques, il m'a souvent été demandé de créer un personnage, si possible réaliste, dans un temps très court. Or, dans un tel contexte, comment puis-je fabriquer un humain virtuel dans un si petit délai, alors que mes moyens se limitent à moi-même ?

Pour illustrer cette interrogation, il existe un certain nombre d'étapes qui sont communes à la création de personnages en 3D. Par exemple, nous pouvons utiliser comme géométrie de départ le même maillage de base, que ce soit pour générer un homme ou une femme. Un autre exemple a lieu dans le cadre des Rencontres Animation Développement Innovation (RADI) de 2016, où René Broca⁵¹ m'avait demandé d'expertiser le logiciel Open Source *TACTIC*. Il s'agit d'un outil de gestion d'assets⁵² (DAM) qui permet, entre autres, d'automatiser leur création. Ainsi, ce logiciel me semble répondre parfaitement à ma problématique de fabrication d'humains avec des moyens réduits. En effet, *TACTIC* permet de mettre en place un pipeline, d'automatiser la nomenclature des fichiers, gérer l'historique de l'utilisation des fichiers, ou encore de déclencher des scripts en fonction de telle ou telle action. À partir de cette analyse, j'ai commencé à modifier ce programme, dans un premier temps, pour pouvoir conserver des versions de mes différents travaux (Figure 27).

⁵¹ René Broca est un journaliste et organisateur de conférences spécialiste du secteur de l'animation et des effets spéciaux, il est le coorganisateur des conférences du festival d'Annecy et créateur des manifestations RAF et RADI, il a été aussi à l'origine de la création du RECA et a été son délégué général pendant 6 ans.

⁵² Un *asset* est un élément de base, en image de synthèse cela désigne aussi bien un maillage qu'une texture.

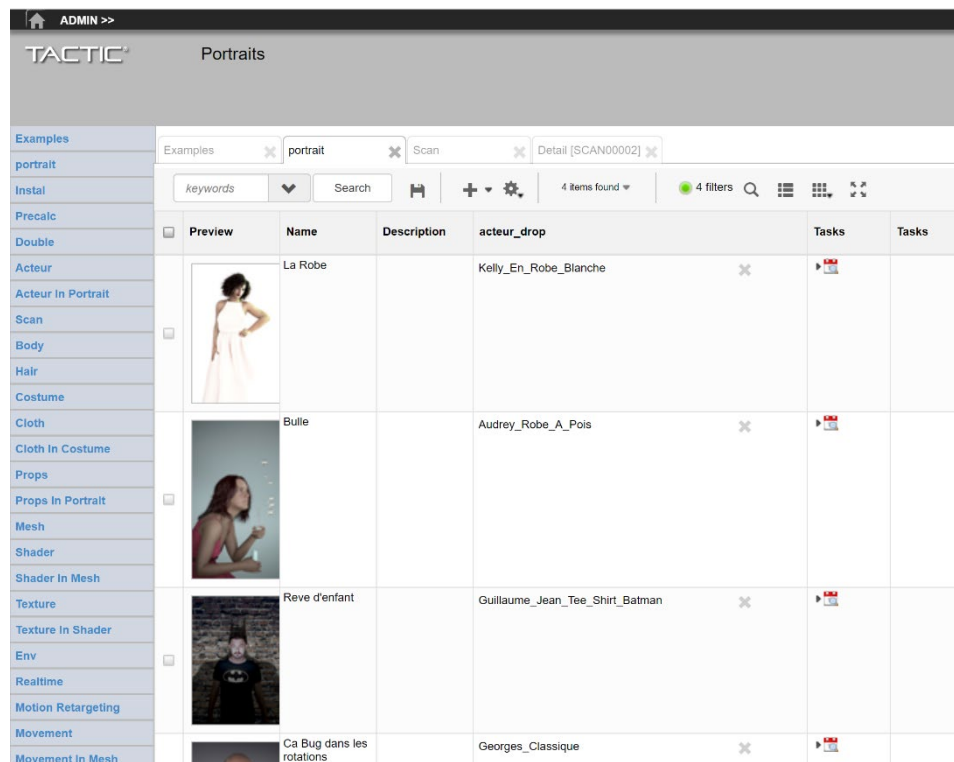


Figure 27 : TACTIC appliqué à mes Doubles Autres.

Au-delà de l'archivage de travaux, *TACTIC* m'a permis de réfléchir à mes œuvres comme un assemblage d'éléments capitalisables et réutilisables en fonction de mes besoins. Ainsi, une scène est composée d'un décor fixe, d'éléments de décors manipulables (les props), des personnages, etc. Ceci crée un réseau de dépendances entre les assets (Figure 28).

Les personnages sont eux-mêmes construits à partir d'une numérisation 3D, d'un corps de base, doté d'un squelette d'animation, que je déforme, de textures pour simuler la peau et les yeux, de vêtements et de cheveux. Ils peuvent prendre des poses, ou avoir des animations. Tous ces éléments peuvent être enregistrés et réutilisés pour accélérer la création de nouveaux personnages. Ainsi, nous remarquons que la jeune femme de *Bulles de savon* est la même que dans le projet *l'InstitE*.

Pour aller plus loin, nous pouvons noter que la chemise que porte le Double Autre de *Ca Bug dans les rotations* est la même que la chemise de *L'InstitE* et a servi de point de départ à la chemisette portée dans *Smoke*, cette même chemisette a servi de base au tailleur de la mère de *La louve*. Il en est de même pour les textures de peau, c'est pourquoi les simulations de peau réalisée pour *Ange*, *Masque* et *La Louve*

ont les mêmes bases, mais de manière plus subtile ; la peau du personnage de *Ca Bug dans les rotations* et de l'homme de *Les miens* ont des racines communes. Il en est de même pour certains blocs de programmation. Ces différents exemples illustrent la réutilisation d'assets et le besoin d'organisation au moyen d'un pipeline bien structuré.

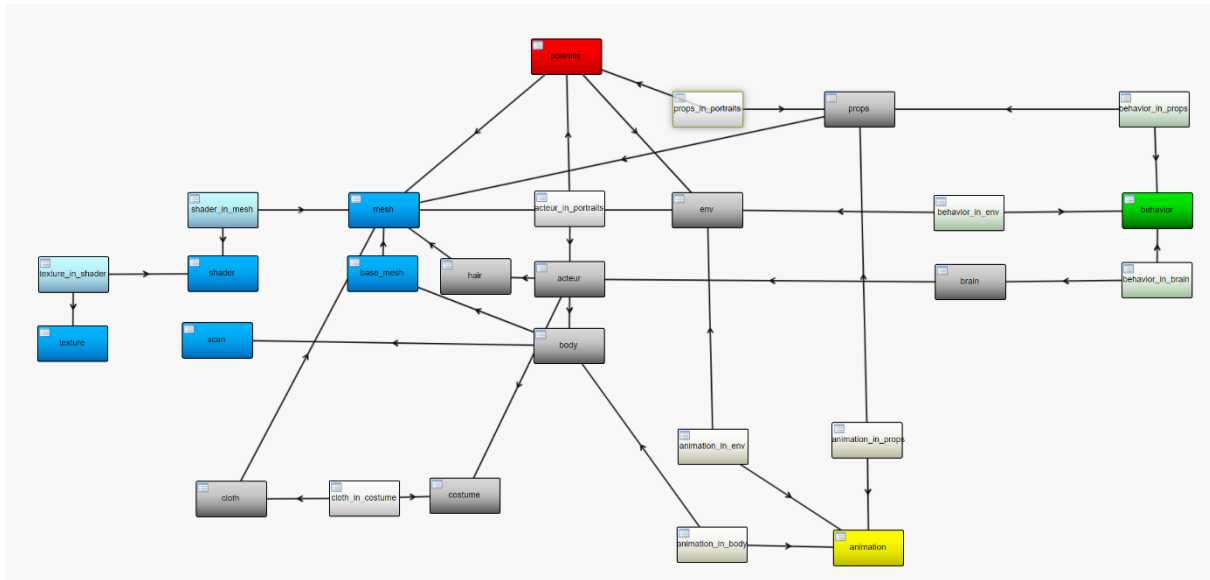


Figure 28 : Création des dépendances entre les assets.

Au-delà de ces interconnexions entre *assets* qui me permettent d'accélérer mon travail créatif, *TACTIC* dispose de la capacité d'automatiser des tâches pour la création d'assets (Figure 29). Par exemple, lorsque je fais une opération sur une texture, j'ai écrit un programme appelé par *TACTIC* permettant : de lancer sur un de mes ordinateurs une série de calcul générant de manière automatique d'autres textures ; et sur un autre ordinateur ce que nous appelons un *turntable*, c'est-à-dire une petite animation qui me montre comment ma nouvelle texture se comporte.

J'ai ainsi programmé des scripts complexes qui permettent, par exemple, de générer automatiquement différentes expressions faciales basées sur le Facial Action Coding System de Ekman (Ekman et Friesen 1978). Grâce à ces scripts, je suis capable de générer un personnage prêt à animer en quatre heures, dont environ une heure seulement liée à mon activité⁵³. Il existe encore des points à améliorer sur mon pipeline de création d'assets, en particulier dans une étape qui s'appelle la

⁵³ Les entreprises d'effets spéciaux prévoient au minimum un mois de travail (150 heures) pour créer un personnage photoréaliste animable de même qualité.

retopologie⁵⁴, mais je risque d'être confronté à un certain nombre de problèmes mathématiques hors de mes compétences.

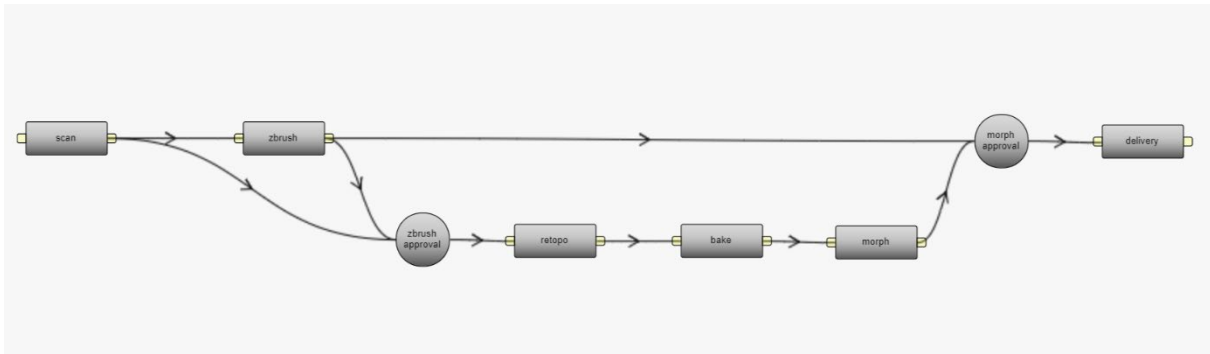


Figure 29 : Création d'un pipeline d'assets.

⁵⁴ La retopologie est une étape de la modélisation qui va se servir d'un modèle 3D existant pour refaire sa topologie.

3. Réalité virtuelle, Golem Virtuel et Acteur Virtuel

Si mes portraits s'inscrivent dans une logique d'installation d'art numérique interactive, j'ai aussi créé deux installations reposant sur des dispositifs de réalité virtuelle me permettant d'interroger les liens avec un personnage virtuel dans un autre rapport au-delà de la notion de frontière réel/virtuel. En effet, je sens intuitivement que cette traversée de la frontière me permettrait d'étudier sous un angle différent la possibilité d'une empathie entité réelle/entité virtuelle.

3.1. Lucky 2.0

J'ai donc réalisé une installation qui a évolué dans le temps, *Lucky*⁵⁵ (Plessiet 2012b) en hommage à la pièce de théâtre de l'absurde de Samuel Becket *En attendant Godot* (Beckett 1952). Cette installation de réalité virtuelle plaçait l'utilisateur dans la vue subjective du maître Pozzo contrôlant son esclave Lucky par la voix et par une corde qui lui enserme la gorge. La relation entre le personnage de Lucky et le personnage de Pozzo a eu une influence profonde dans ma création et mon rapport à l'informatique, j'y vois comme une métaphore de mon rapport personnel avec l'outil informatique.

Lucky est typiquement un Golem Virtuel, il n'est pas capable de prendre des initiatives, mais dispose de la capacité motrice qui lui permet d'obéir aux ordres, à savoir aller à un endroit ou un autre, prendre tel ou tel objet, se relever s'il est tombé... Il est en mesure de comprendre une vingtaine d'expressions comme « viens », « pars », « va à l'arbre », « prends la valise », en anglais et en français. Il est en grande partie construit autour des briques du projet *OutilNum* (Plessiet, Chaabane, et Khemiri 2015) que nous détaillerons dans le chapitre 5.

⁵⁵ Plessiet, Cédric. 2012. « Lucky 2.0 ». Semaine des Arts (Université Paris VIII), Ars Electronica (Linz/Autriche) 2015 ; ; Savante Banlieue (Villetaneuse/France) 2012 ; Zoom, Espace de culture numérique (Bourg en Bresse/France), Bibliothèque de Châtenay-Malabry 2013.



Figure 30 : Lucky près de l'arbre et un utilisateur en interaction avec Lucky

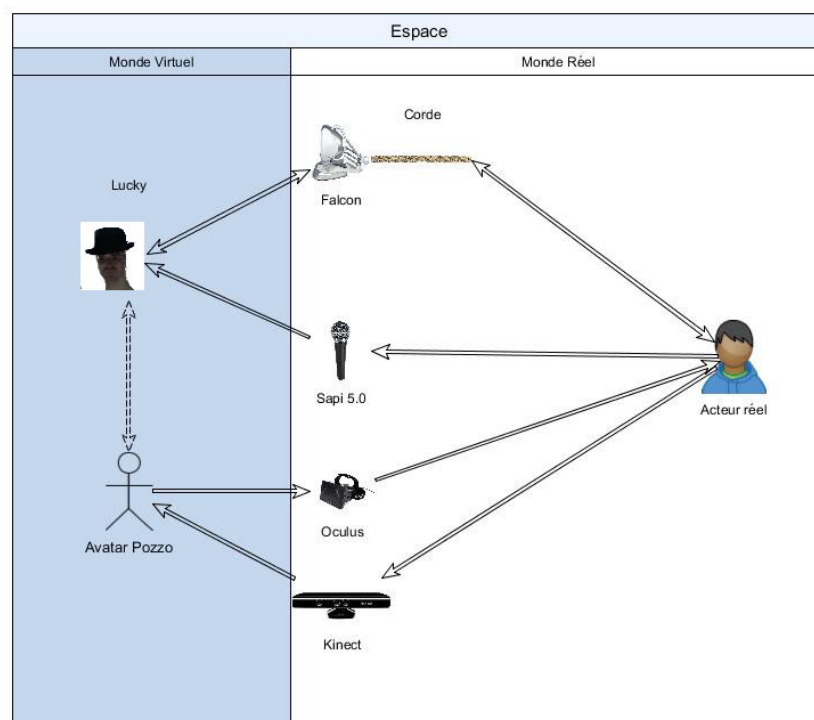


Figure 31 : schéma de fonctionnement de Lucky 2.0

Le dispositif repose sur un système haptique⁵⁶ appelé *falcon* auquel est attachée une corde, un microphone qui enregistre la voix du spectateur, un casque de réalité virtuelle et dans les premières versions une Kinect⁵⁷, remplacée par la suite par

⁵⁶ Dispositif qui permet de simuler le sens du toucher.

⁵⁷ La Kinect est un périphérique développé par Microsoft pour sa console de jeux X Box. Elle permet la captation du corps de l'utilisateur et aussi de la profondeur de l'environnement. Il existe actuellement deux versions de Kinect, de plus en plus évoluée (une troisième version serait en cours d'élaboration). Ce périphérique a permis de créer toute une nouvelle gamme de dispositifs interactifs à faible coût.

une *leapmotion*. Cette installation a existé en deux versions : une première sous le moteur de jeu⁵⁸ *Unity* et une seconde sous *Unreal* (rebaptisé *Lucky 2.0*). Ces différentes versions m'ont permis de confirmer certaines de mes intuitions sur l'engagement sympathique.

3.2. La Geôle

La Geôle est un projet en cours de réalisation qui explore la notion d'Acteur Virtuel, c'est-à-dire la création d'une entité à l'origine à la fois de son processus décisionnel et de son processus moteur. Il doit donc disposer de fonctions d'apprentissage. Si j'avais déjà travaillé par le passé avec des systèmes apprenants, j'avais noté le risque de rencontrer l'apparition de comportements non souhaitables. Ceci pourrait sembler paradoxal, en effet, je cherche à doter mes entités d'une certaine autonomie, mais je redoute aussi que cette autonomie brise ce que j'appelle la Bulle de Plausibilité (que je détaillerai en 4.2.). *La Geôle* est un autoportrait en réalité virtuelle, en plein travail de rédaction, dans une pièce carrée, avec attachés au sol, au mur, sur le côté et au plafond des éléments de décors, comme une table, une chaise ou une porte. À l'intérieur, mon Double-Autre peut faire pivoter la pièce en s'appuyant sur les murs latéraux et rendre ainsi accessible tel ou tel élément du décor (Figure 32).

Mon Double Autre est donc prisonnier dans ce décor et livré à plusieurs pulsions contradictoires, la culpabilité de ne pas travailler assez, le besoin de repos, le besoin de nourriture, etc. et se met à se créer une sorte de routine.

Pour garder cet équilibre entre autonomie et contrôle, j'utilise conjointement deux algorithmes, le premier est une interprétation personnelle des STRIPS⁵⁹ (Fikes et Nilsson 1971) qui me permet de construire une base de connaissance et planifier des enchainements d'actions. Le second est un type de réseau de neurones artificiels appelé perceptron multicouche auquel je fais apprendre les résultats obtenus par

⁵⁸ Un moteur de jeu est un ensemble de brique logiciel nécessaire pour réaliser un jeu vidéo, il contient ainsi les fonctions pour afficher un objet, gérer les collisions et les interactions avec le joueur.

⁵⁹ Je dois avouer que j'ai pris un certain nombre de libertés avec le modèle tel que défini par Fikes et Nilsson, mon but étant avant tout un « travail esthétique » plutôt qu'une recherche en intelligence artificielle.

l'algorithme de STRIPS. Cette architecture me permet de garantir un équilibre entre autonomie et préservation de la Bulle de Plausibilité. Si la partie « intelligence artificielle » et une grande partie des éléments graphiques sont finalisés, je dois encore réaliser l'ensemble des mécanismes à la fois logiciel et matériel qui permettront au spectateur d'interagir. J'espère pouvoir présenter le dispositif pour le salon de la réalité virtuelle Laval Virtual 2020.



Figure 32 : La Geôle

4. La traversé des frontières réels/virtuel

Même si j'en ai pris conscience plus tardivement, cette frontière entre réel et virtuel a toujours été sous-jacente dans mes recherches et c'est peut-être d'ailleurs pour cette raison que je me suis tourné vers des créations plutôt « réalistes »⁶⁰. En fait, ce n'est pas la frontière en elle-même qui m'intéresse, mais plutôt l'idée de la troubler, sans la nier : nombre de mes expérimentations l'interrogent, comme *Sur-Impression* (George-Molland et al. 2009), *Papillons Pixels* et les conférences performances que j'évoquerai en 6.1.

4.1. Faire émerger l'œuvre dans le monde réel

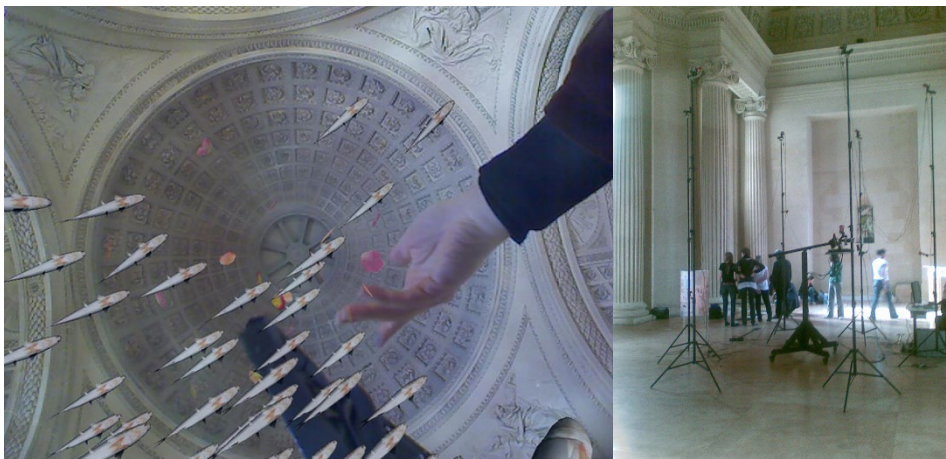


Figure 33 : *Sur-Impression* (2009)

Le projet *Sur-Impression* (Figure 33) a été le fruit de la collaboration de cinq chercheurs de notre équipe de recherche INRéV : Chu-Yin Chen, Anne-Laure George-Molland, Marie-Hélène Tramus, Pascal Ruiz et moi-même, dans le cadre de l'évènement Futur en Seine 2009 du pôle de compétitivité Cap Digital Île-de-France. Ce projet de réalité augmentée permettait de voir en « surimpression » l'évolution d'entités virtuelles dans la Chapelle des Carmélites du Musée d'Art et d'Histoire de

⁶⁰ Nous verrons plus loin que je ne suis pas tout à fait en accord avec l'utilisation de ce mot pour décrire mon travail.

Saint-Denis. Le travail s'inscrivait dans la continuité de mes réflexions sur la frontière entre le monde réel et le monde virtuel.

Bien que la réflexion sur la frontière se retrouve à travers la plupart de mes travaux, comme les portraits interactifs, l'installation *Bulles*⁶¹ réalisée en 2011 avec Anne-Laure George-Molland (sur son idée) et Remy Quittard, en est assez représentative.



Figure 34 : Bulles.

Cette installation interroge de manière forte, à mon sens, la frontière réel/virtuel. À destination d'un jeune public, elle fait écho à des œuvres comme *Mesa Di Voce* de Golan Levin et Zachary Kuerverlab (2003) ou *Shadow Monsters* de Philip Worthington (2004). Les spectateurs sont amenés à faire des bulles de savon, dont les ombres projetées sur un écran, attirent de petites libellules virtuelles qui se posent sur les bulles (Figure 34).

D'un point de vue informatique, les développements ont été assez simples : pour détecter les bulles, j'ai développé grâce à la librairie OpenCV⁶² un programme qui me permet grâce à une webcam de détecter les ombres des bulles de savon. Concernant l'animation des libellules, j'ai réutilisé les développements que j'avais menés pour *Papillons Pixels*. Au-delà de ces développements techniques, j'y vois,

⁶¹ George-Molland, Anne-Laure, Cédric Plessiet et Rémy Quittard. 2011. « Bulles ». Savante Banlieue (Villetaneuse/France) 2011.

⁶² Je me suis reposé sur son implémentation d'une opération mathématique appelée « Transformée de Hough »

matérialisé par cet écran, une frontière marquée entre deux mondes qui essaient de communiquer sans le pouvoir réellement.

4.2. De la Plausibilité

Cette frontière entre réel et virtuel m'interroge et si un temps j'ai vu le concept de vallée de l'étrangeté (Mori 1970) comme une voie à étudier, je me suis rapidement aperçu des limites d'une telle démarche. Comment pourrais-je, alors que je conçois l'outil informatique comme un moyen de partager mon imagination, accepter de devoir limiter mon imaginaire en singeant la réalité ? En outre, je suis profondément marqué par la notion de Suspension consentie de l'incrédulité (Coleridge 1817, page 379), qui veut que nous acceptions le temps de la lecture d'un livre, ou le visionnage d'un film la proposition de l'artiste.

Dans ma démarche, il devient, dès lors, important d'aider cette suspension consentie de l'incrédulité en entourant le spectateur d'une bulle conceptuelle permettant de l'isoler de tout mécanisme qui pourrait rompre la trêve. C'est ce que j'ai appelé Bulle de Plausibilité. Ainsi pour mes portraits, je camoufle l'origine technologique des différents dispositifs, en utilisant par exemple des tentures qui ont pour vocation de cacher les câbles informatiques et des impressions de cadres que je pose par-dessus les moniteurs d'ordinateurs.

Si la mise en scène de l'œuvre est un élément important de l'élaboration de la Bulle de Plausibilité, il est important de créer des verrous scénaristiques afin de contrer l'apparition de bugs informatiques. Si j'ai évoqué la technique du Méta Golem (cf. Chapitre 2.3.5), j'utilise une autre technique que j'ai baptisée « effet Perceval⁶³ » et qui s'inspire de l'effet Eliza⁶⁴ (Hofstadter 1995, page 157). Il consiste à cacher une erreur ou un risque d'erreur par une interaction neutre que le spectateur peut interpréter de manière ouverte. Ainsi, il est préférable qu'un personnage virtuel dise, « excuse-moi,

⁶³ Un clin d'œil au personnage de Perceval dans la série Kaamelott d'Alexandre Astier qui, quand il ne comprend pas quelque chose, déclare « C'est pas faux ».

⁶⁴ Pour Douglas R. Hofstadter, l'effet Eliza désigne « la prédisposition à attribuer à des suites de symboles générées par ordinateur (en particulier à des mots) plus de sens qu'ils en ont réellement ».

je pensais à autre chose », plutôt que de rester immobile à attendre une réponse compréhensible.

4.3. L'architecture MITMI

Si nous sommes restés jusqu'à présent dans une interaction utilisateur / monde virtuel, où je crée le dispositif, qui, finalisé, est présenté au public, je me suis interrogé sur la possibilité de conserver l'artiste au centre du dispositif. J'avais par le passé remarqué trois types de manipulations homme / machine :

- La manipulation volontaire où le manipulateur est conscient de son action sur la machine : il sait exactement ce que son geste va entraîner comme réaction de la part de la Marionnette Virtuelle ;
- La manipulation involontaire où le manipulateur n'est pas conscient de son action d'animateur sur l'entité virtuelle, il peut dans ce cas, avoir l'impression que le système en face de lui est autonome ;
- La manipulation apprivoisée qui est un état intermédiaire entre la manipulation involontaire et la manipulation volontaire, où le manipulateur commence à comprendre qu'il a une influence sur l'œuvre et apprend à la maîtriser.

Ainsi, le fait de placer l'artiste comme intermédiaire de l'interaction permet de s'assurer de la présence d'un manipulateur volontaire, qui sait comment agir avec le dispositif, de la même manière qu'un musicien sait comment jouer de son instrument. On pourrait voir cette démarche comme une réponse à la notion d'une *interaction médiatisée* (Grebennikova Krasautsava 2008) où l'outil informatique sert de canal de communication entre des humains (Figure 35).



Figure 35: une interaction médiatisée.

Replacer l'humain dans la boucle d'interaction change grandement le rapport entre l'utilisateur et la machine, l'interacteur qui se place au milieu du dispositif prenant

ici le rôle de passeur entre le monde réel et le monde numérique (Figure 36). J'ai appelé ce modèle MITMI⁶⁵, pour *Man in the Middle Interaction*, en m'inspirant d'une technique de piratage informatique, *man in the middle attack*, ou le pirate informatique s'introduit entre l'utilisateur et le dispositif attaqué (Plessiet et Jégo 2019).

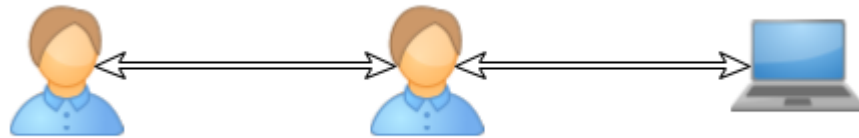


Figure 36: une interaction MITMI.

⁶⁵ Plessiet, Cédric et Jégo, Jean-François. 2019. « MITMI Man-In-The-Middle Interaction ». In *Virtual Reality International Conference VRIC Proceeding*, 33- 38. ACM Press.

5. La recherche pour la prévisualisation On Set

Nous pouvons noter dans mon travail que je m'intéresse autant au monde des effets visuels qu'aux technologies temps réel. C'est donc tout naturellement que je me suis intéressé à la prévisualisation sur plateau. Elle consiste à utiliser des technologies issues du monde du jeu vidéo et de la réalité virtuelle pour offrir au réalisateur pendant le tournage une prévisualisation de l'image finale.

En 2011, Rémy Quittard et moi-même avons monté un projet de réalisation d'outil de prévisualisation sur plateau⁶⁶ (aussi appelé « previz on set »), basé sur un travail antérieur mené par des étudiants de master 2 d'ATI Rémy Quittard, Nicolas Serikoff et Xavier Gouchet (Gouchet, Quittard, et Serikoff 2007). Ce projet a été soutenu par le Conseil Général de Seine-Saint Denis à hauteur de 270 000 €, finançant ainsi un doctorat, de l'équipement (scanner 3D, système de capture de mouvement optique...) et nous avons créé un prototype fonctionnel qui a été présenté durant le festival Futur en Seine 2013⁶⁷, ainsi que durant le Paris FX de 2015.

Notre dispositif est composé de différents modules répartis sur plusieurs ordinateurs et tablettes et s'appuie sur différents logiciels : *Unity 3D* puis *Unreal Engine*, pour le moteur temps réel ; *MotionBuilder* pour la capture de mouvement et la plateforme *Android* pour les tablettes (Plessiet, Chaabane, et Khemiri 2015)⁶⁸.

⁶⁶ La prévisualisation sur le plateau (ou « Previz on Set »), consiste à prévisualiser directement pendant le tournage sur le plateau et pendant le compositing réel (tournage) et virtuel (incrustation d'effets spéciaux...). Il est ainsi possible pour le réalisateur de se faire une idée assez précise du résultat final du plan. Un tel dispositif nécessite d'utiliser des technologies issues du temps réel et de la réalité virtuelle.

⁶⁷ Plessiet, Cédric, Remi Quittard, Ghaya Khemiri et Salma Chaabane. 2013. « OutilNum ». Futur enSeine (Saint-Denis) 2013.

⁶⁸ Plessiet, Cédric, Salma Chaabane et Ghaya Khemiri. 2015. « Autonomous and interactive virtual actors, cooperative virtual environment for immersive Previsualisation tool oriented to movies ». In Virtual Reality International Conference - VRIC '15, 1- 4. Laval: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2806173.2806177>.

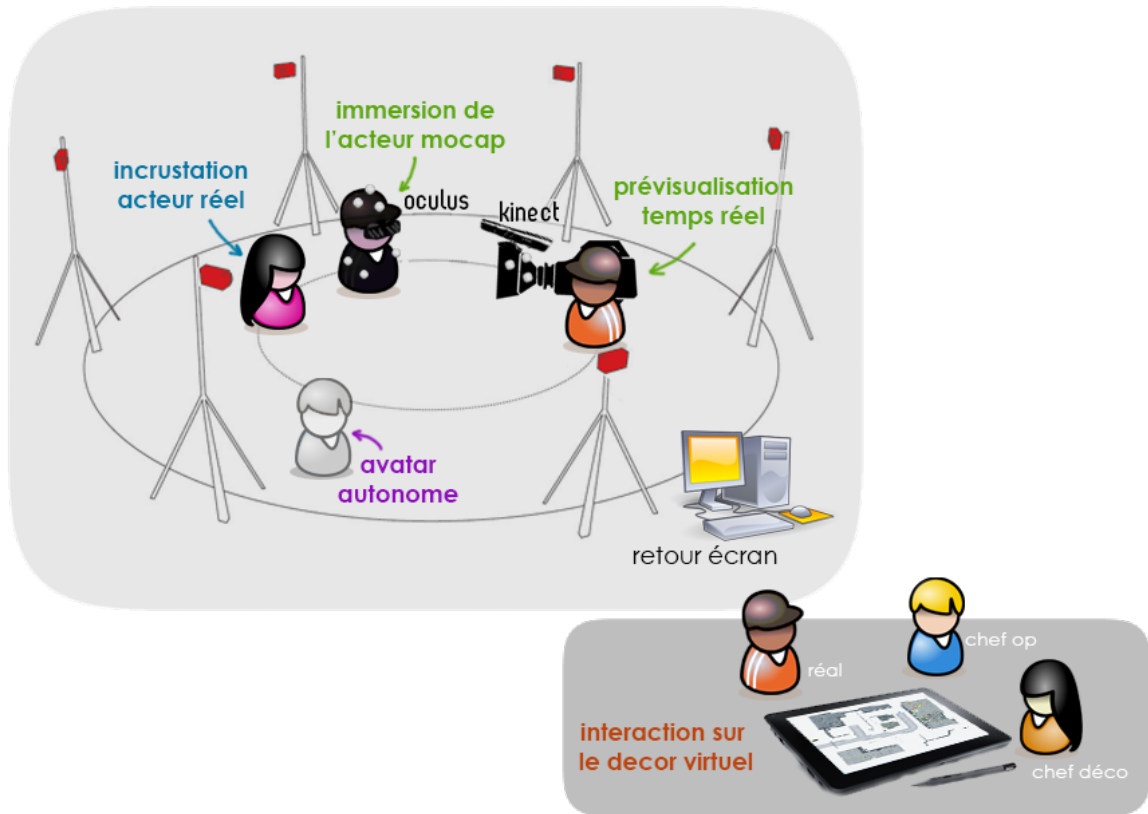


Figure 37 : L'architecture modulaire d'OutilNum

Pour faire le lien entre les différents modules et plateformes, j'avais développé un protocole réseau basé sur un système *peer to peer*⁶⁹ et *UDP*⁷⁰. Cette approche était déjà présente dans la bibliothèque que j'avais développée pendant ma thèse :

- Le module *Cameraman* composé d'un rig caméra⁷¹, d'un dispositif de suivi des mouvements et d'une Kinect (Figure 38) ;
- Le module *metteur en scène* composé d'une tablette tactile et reposant sur la réalité augmentée pour manipuler le décor, les personnages, les objets et l'éclairage ;

⁶⁹ C'est-à-dire que chaque ordinateur est à la fois client et serveur.

⁷⁰ Le protocole réseau User Datagram Protocol qui privilégie la vitesse de transmission à la qualité du message transmis.

⁷¹ Un rig caméra est un dispositif qui équipe une caméra afin d'apporter des fonctionnalités supplémentaires.

- Le module *acteur immergé* : un acteur réel immergé dans le monde virtuel à l'aide d'un casque de réalité virtuelle et d'une tenue de capture de mouvement ;
- Le module *avacteur* pour intégrer une « image en relief » d'un acteur réel dans le monde virtuel ;
- Le module *acteur virtuel* : le metteur en scène peut donner des ordres à des golems virtuels qui simulent des figurants virtuels.

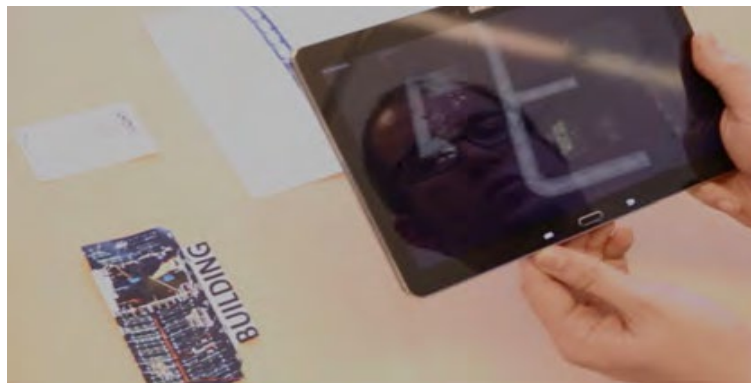


Figure 38 : Le module acteur immergé et le module cameraman.

Mais au-delà de cette architecture, cette bibliothèque m'a obligé à réfléchir à une méthodologie efficace pour permettre de collaborer à plusieurs personnes possédant des niveaux différents d'expertise (de débutant à expert).

J'ai donc mis en place un certain nombre d'outils pour faire ce que nous appelons de l'intégration continue⁷² comme les serveurs *Git* pour la gestion des

⁷² L'intégration continue est une méthodologie de génie logiciel, où les programmeurs sont amenés à soumettre régulièrement leur code à un logiciel qui va analyser la stabilité de leur développement et, par conséquent, examiner la stabilité de l'ensemble du programme.

différentes versions du code, *Jenkins* pour l'exécution automatique de tests unitaires⁷³ afin de s'assurer de la bonne qualité du code et encore *Tactic* (cf. Chapitre 2.4). Tout ce travail a servi de base pour tous mes développements ultérieurs. Nous détaillerons plus précisément ces parties dans le chapitre 7.

Le projet *OutilNum* m'a permis de combiner acteurs virtuels, temps réel, capture de mouvement et le prototypage rapide. J'ai par la suite étendu mes connaissances de la *previz on set* à d'autres sortes de *previz*. Notamment, j'ai décrit ces différentes étapes dans un article⁷⁴ (Plessiet 2017), en soulignant la fusion de plus en plus marquée entre temps réel et précalculé⁷⁵ (George-Molland et Plessiet 2019), puis en identifiant les travaux menés par des sociétés qui mettaient l'acteur au cœur de la réalisation comme *Ninja Theory* avec leur jeu vidéo *HellBlade*.

J'ai encore beaucoup d'idées que j'aimerais mettre en application dans le domaine de la *previz on set*, mais appliquées à d'autres domaines, en particulier celui du jeu vidéo, où je souhaiterais combiner mes collaborations avec le théâtre afin de prototyper les interactions personnage joueur / personnage contrôlé par une intelligence artificielle. Ces projets seront détaillés plus précisément au chapitre 9.3.

⁷³ Un test unitaire est une procédure permettant de vérifier le bon fonctionnement d'une partie précise d'un logiciel ou d'une portion d'un programme.

⁷⁴ Plessiet, Cédric. 2017. « Préparer l'effet spécial ». In Effets spéciaux, Crevez l'écran, édité par Réjane Hamus-Vallee, 14-30. La Martinière.

⁷⁵ George-Molland, Anne-Laure et Cédric Plessiet. 2019. « Évolution du pipeline de fabrication des effets visuels par l'apport des technologies temps réel ».

6. Le rapprochement avec le théâtre et le spectacle vivant

J'avais eu le sentiment à la suite du projet *OutilNum*, qu'il me fallait remettre l'acteur dans mes recherches. Comment est-ce que je pouvais mieux étudier le jeu d'acteur ? J'ai tout d'abord commencé à faire des expérimentations en appliquant mes recherches à la performance, puis je me suis fait la réflexion que l'art de la mise en scène et de la direction d'acteur était une piste intéressante. C'est pour cette raison que j'ai commencé à me rapprocher du théâtre et surtout de Georges Gagneré, metteur en scène et chercheur au laboratoire de théâtre, *Scènes du monde, création, savoirs critiques (EA1753)* de l'Université Paris VIII. Très rapidement, nous avons échangé sur les différences entre acteur réel et acteur virtuel⁷⁶ (Gagneré et Plessiet 2015). Notre collaboration a commencé dans les *Ateliers-Laboratoires IDEFI-CréaTIC de pédagogie innovante*, intitulés *Du geste capté au geste d'interactivité numérique*, puis dans une série d'ateliers menés dans le cadre des *Ateliers Campus Condorcet*, qui se sont poursuivis par ma participation au projet Labex Art-H2H *La Scène augmentée*.

6.1. Performance et personnages virtuels

Si l'interaction entre utilisateur et personnage virtuel est au cœur de ma problématique, j'ai aussi travaillé sur les interactions entre acteur et personnage virtuel (ce qui me mènera naturellement à une collaboration avec des chercheurs en études théâtrales) pour autant, ma première réalisation sur ces problématiques est antérieure à ma rencontre avec Georges Gagneré.

⁷⁶ Gagneré, Georges et Cédric Plessiet. 2015. « Échanges entre metteur en scène et artiste numérique à propos de la direction d'acteur ». In *La Direction D'Acteurs Peut-Elle S'apprendre*, édité par les solitaires intempestifs.

6.1.1. *Between the lines*

Dans l'installation-performance *Between the lines* (Plessiet et Passedouet 2012)⁷⁷ en collaboration avec l'artiste Maflohé Passedouet, l'idée était de s'interroger sur, comme le nom de l'exposition l'indique, les Tziganes à l'ère du numérique. J'ai pour cela réalisé une doublure numérique de Maflohé Passedouet — elle-même d'origine tzigane — en voyante. Nous avons projeté ce personnage sur un tulle dans un espace intime, scénographié de manière à simuler le stand d'une liseuse de bonne aventure.

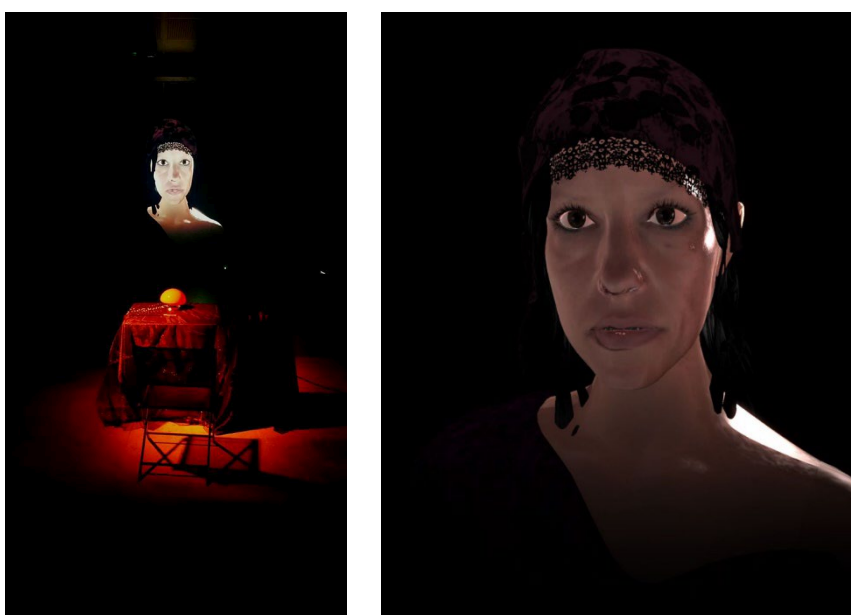


Figure 39 : *Between the lines*

Maflohé Passedouet, habillée de la même manière que son double numérique se promenait silencieusement dans la galerie et entraînait le spectateur vers la roulotte, effectuait quelques passes magiques sur la boule de cristal. Sa doublure numérique s'animait et prononçait une prédiction. Cette installation a pour moi une double importance, tout d'abord, elle fut le cadre de la création de mon premier Double Autre et de ma première expérimentation du modèle MITMI.

⁷⁷ Plessiet, Cédric et Maflohé Passedouet. 2012. « *Between the lines* ». Galerie Crypt St Pancras (Londres/Royaume-Uni) 2012 ; City of Women Festival (Ljubljana/Slovénie) 2012 ; Galerie 51 (Paris/France) 2013 ; Zoom, Espace de culture numérique (Bourg-en-Bresse/France) 2015 ; Château de Saint-Priest (Saint-Quentin en Yvelines) 2017.

6.1.2. Cou2Garnack

C'est avec la conférence-performance *Cou2garnack*⁷⁸ réalisée pendant les ateliers du projet *Labex Arts-H2H La Scène augmentée* que j'ai réellement pu jouer avec cette notion de Double Autre. Prétextant une conférence sur l'autonomie des acteurs virtuels, je montre mon double virtuel et explique que pour appuyer mon propos, je vais progressivement le doter de plus en plus de liberté grâce à mes algorithmes.

Je commence par des principes simples de suivi de regard, puis d'expression du visage et en plein milieu de mon exposé, mon double virtuel m'interrompt — à la grande surprise de l'auditoire — et, malgré mes demandes, marque son désaccord avec ma présentation pour finalement « sortir de scène ». C'était une manière pour moi d'expérimenter de façon ludique certaines de mes problématiques (Figure 40), en particulier l'utilisation de l'Effet Perceval que nous avons évoqué en 4.2.



Figure 40 : Interaction entre mon Double Autre et moi durant ma communication

⁷⁸ Plessiet, Cédric. 2016. « Cou2Jarnac ». Cluster Workshop numéro 2— Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis.

6.1.3. Kelly Conférencière

J'ai mis au point la conférence performance *Kelly Conférencière* dans le cadre d'une communication⁷⁹ donnée à Belgrade pour le congrès de la Fédération Internationale de Recherche Théâtrale *IFTR* 2018. Ce Golem Virtuel a été construit autour du Double Autre de Kelly Mezino. Il pouvait percevoir un certain nombre d'ordres par la voix (en réutilisant les développements que j'avais mis en place pour le projet *Lucky* (cf. chapitre 3.1). J'ai ajouté un mécanisme qui permettait à Kelly Conférencière de détecter et interpréter les mouvements de ma main à partir d'une *leap motion*. Ainsi, je pouvais donner des ordres à la fois à l'oral, mais aussi par des gestes.



Figure 41 : Kelly Conférencière

Cette performance-conférence était pour moi l'occasion de montrer qu'il était possible d'imaginer des interactions multimodales plus complexes et ainsi mettre à la

⁷⁹ Gagneré, Georges, Tim White, Andy Lavender et Cédric Plessiet. 2018 « Puppet, golem, autonomous avatar: a journey towards mixed reality stage ». In World Congress Theater and Migration—Theater, Nation and Identity: Between Migration and Stasis, International Federation of Theater Research. Belgrade (Serbie).

disposition de l'artiste différents outils empruntant aussi bien aux techniques issues de la marionnette que des nouvelles technologies.

6.2. Projets IDEFI-CréaTIC

En 2014, j'ai commencé une série d'ateliers laboratoires *IDEFI — CréaTIC* baptisée *Du geste capté au geste d'interactivité numérique*⁸⁰ (Plessiet 2016), qui permettait d'explorer la captation de mouvement, son exploitation et l'acte d'habiter un avatar. L'idée était de croiser sur les pratiques de captures de mouvements et réalité virtuelle des regards différents, en mélangeant une dizaine d'étudiants d'origines disciplinaires diverses (Arts et Technologies de l'Image, Théâtre, Cinéma). Ces ateliers intensifs, réalisés en un temps limité de 1 à 2 semaines, se sont appuyés sur les développements de ma bibliothèque de programmation *AKeNe*⁸¹ (Gagneré et Plessiet 2015).

Georges Gagneré, qui manifestait un vif intérêt pour les nouvelles technologies et leur utilisation au théâtre, m'a rejoint officiellement au deuxième atelier en 2015. Cet atelier a abouti à une forme théâtrale innovante où deux acteurs du département théâtre, complètement immergés dans un monde virtuel, dialoguaient l'un avec l'autre par le biais de deux avatars non humanoïdes (Figure 42). Leur communication se faisait par l'intermédiaire de gestes et de sons déclenchés en temps réel par les mouvements des deux acteurs captés par une *Kinect*. Le résultat de cet atelier laboratoire a été présenté à la conférence internationale *MOCO* (Movement and Computing) 2016.

Pour l'atelier *IDEFI-CréaTIC* de 2016, nous avons décidé d'utiliser un autre moteur de rendu temps réel, Unreal, et nous avons commencé à ajouter de l'autonomie aux avatars. Ce dernier atelier a abouti à la création de 3 petites pièces qui ont été jouées par les étudiants participants.

⁸⁰ Plessiet, Cédric. 2016. « Du Geste capté au geste d'interactivité numérique ». In *Creatic Bilan pédagogique 2014/2015*, 14-16.

⁸¹ Plessiet, Cédric et Georges Gagneré. 2015. « Traversées des frontières ». In *Frontières numériques & artéfacts*, édité par Hakim Hachour, Naserddine Bouhaï et Imad Saleh, 9-35. L'Harmattan.

Ces 3 ateliers ont été l'occasion pour Georges Gagneré et moi-même, de publier un certain nombre d'articles sur la création et la mise en pratique de la plateforme, ainsi que le résultat de nos expérimentations⁸² (Gagneré et Plessiet 2016).



Figure 42: Le deuxième atelier IDEFI Créatic

6.3. Faire se rencontrer artistes et techniciens autour de l'acteur virtuel

En parallèle, avec George Gagneré et Véronique Muscianisi, nous avons mené 6 ateliers entre 2015 et 2016 dans le cadre des *Ateliers Campus Condorcet* sur la thématique des acteurs virtuels.

Ces *Ateliers Campus Condorcet* partaient d'un constat : les acteurs virtuels couvrent des champs multiples tels les arts visuels, les arts vivants, l'informatique, les sciences cognitives, la philosophie... Les spécialistes de ces domaines conduisent souvent des recherches pointues dans leur discipline, mais n'ont que peu, ou pas, de contact avec les domaines connexes.

⁸² Gagneré, Georges et Cédric Plessiet. 2016. « Perceptions (Théâtrales) de l'augmentation numérique ». In *Frontières Numériques — Perceptions*.

J'ai toujours eu la ferme volonté d'essayer de créer un dialogue entre tous ces chercheurs, car je suis persuadé que chacun détient une part des réponses aux questions que les autres se posent. Dans cette optique, nous invitons dans la même séance autour d'une thématique donnée des chercheurs en informatique, des artistes, des praticiens et échangeons après un rapide exposé des différents participants.

Les 6 ateliers avaient chacun une thématique précise :

Ainsi le premier atelier laboratoire « Acteurs virtuels, corporéité et spectacle vivant » a fait dialoguer Jean-François Jégo, à l'époque docteur de l'*École des Mines de Paris* et ATER à l'*Université Paris 8 (ATI-INREV)*, membre du projet *CIGALE* du *Labex Arts H2H*, Maflohé Passedouet, avec qui j'avais collaboré par le passé et Michel Bret, Professeur émérite, créateur de notre département et dont les travaux ont eu une énorme influence sur moi.

Durant le second atelier laboratoire « Émotions et effets de présence pour le réalisme des avatars » nous nous sommes intéressés à la simulation des émotions, nous avons ainsi convié Rémi Ronfard, Chargé de recherche à l'*INRIA* de Grenoble en informatique graphique et cofondateur de l'équipe *IMAGINE (Intuitive Modeling and Animation for Interactive Graphics and Narrative Environments)*, Adela Barbulescu, Doctorante à l'*Université de Grenoble/INRIA*, Ghaya Khemiri, Doctorante à l'*Université Paris 8 (ATI-INREV)*, qui collaborait avec moi sur le projet *OutilNum* et Emmanuel Grimaud, Anthropologue, chargé de recherche au *CNRS (LESC, UMR 7186)* et un des principaux collaborateurs du projet *Ganesh Yourself* (Grimaud 2016)

Par la suite durant le troisième atelier laboratoire « Corps humain, avatar numérique et art vivant », Clarisse Bardiou, maître de conférences à l'*Université de Valenciennes* et chercheur associé au *CNRS* et Jean-François Ballay, docteur ingénieur, docteur en Théâtre et Arts du spectacle de l'*Université Paris 3 Sorbonne-Nouvelle*, ont exposé leur réflexion sur l'utilisation des avatars au théâtre.

La quatrième réunion « Interaction humain/avatar, intelligence artificielle et autonomie » a été l'occasion tout d'abord de recevoir Céline Jost et Matthieu Courgeon, Ingénieurs de Recherche au *Centre Européen de Réalité Virtuelle (CERV)* de Brest, qui nous ont présenté leurs recherches sur l'interaction entre Homme et Humanoïde autonome. Par la suite Bernard Andrieu, Professeur en écologie corporelle

et philosophie du corps à *l'Université de Rouen*, ainsi que Anaïs Bernard, Doctorante en arts plastiques à *l'Université de Lorraine*, ont évoqué les dispositifs utilisés dans le contexte des Arts immersifs.

Le cinquième atelier laboratoire « La direction d'acteurs et d'avatars : orientations pédagogiques » revêt une importance particulière pour moi. Il a été divisé en deux parties. Dans la première, Yvan Tina, Doctorant à *l'Université d'Aix-Marseille* et à *l'Université du Texas à Dallas* et Judith Guez, Doctorante, ATER à *l'Université Paris 8 (ATI-INREV)*, du projet *CIGALE* — Capture et Interaction avec des Gestes Artistiques, Langagiers et Expressifs — du *Labex Arts H2H* ont exposé une réflexion pertinente sur l'autonomie des acteurs virtuels. La deuxième partie a été l'occasion pour Georges Gagneré et moi, de présenter à des étudiants de Licence du Département Théâtre une version modifiée de *OutilNum* pour le spectacle vivant. Cette version embryonnaire préfigurait bien nos développements futurs.

Le dernier atelier « Avatars et comportements émotionnels » résume bien l'esprit transdisciplinaire dans lesquels ces ateliers ont été réalisés puisque nous avons invité Jing Huang, post-doctorant à *Télécom Paris Tech-CNRS* à présenter l'agent conversationnel *GRETA* et sa manière de gérer les émotions, puis Bastien Cheval, Docteur en études cinématographiques de *l'Université de Montpellier* nous a présenté le corps virtuel dans le cinéma d'animation pour terminer avec Anne Dubos, Docteur en anthropologie de *l'EHESS* et Pierre Gufflet, artiste multimédia, qui ont présenté leur recherche-crédation commune à partir de la captation des gestes des acteurs-danseurs de Kathakali.

L'ensemble de ces ateliers a été pour moi l'occasion de conforter mon idée qu'il fallait que je regarde avec plus d'attention les « acteurs humains » pour mieux comprendre comment créer mes acteurs virtuels ; c'est donc tout naturellement que j'ai répondu favorablement à la demande de Georges Gagneré de venir contribuer au projet *La Scène augmentée* du *Labex Art-H2H*.

6.4. La création d'un vocabulaire commun

Très rapidement avec George Gagneré nous avons convenu que nous avions un problème de vocabulaire pour communiquer entre nous. Si je n'en avais pas

éprouvé le besoin auparavant, c'est certainement parce qu'avant cette collaboration, je ne dialoguais qu'avec des personnes de mon domaine. Dans un entretien que relate Izabella Pluta (Pluta 2017, page 8), nous évoquons d'ailleurs notre besoin de nommer les choses et de faire correspondre un certain nombre de termes à des problématiques théâtrales. Ainsi nous avons défini plusieurs termes au cours de nos différents échanges et articles⁸³ (Gagneré, Plessiet et Sohier 2018b, 2017, 2018 a), dont voici les principaux :

- Transfert de mouvement mimétique : ceci pourrait correspondre à ce que Jean-François Jégo désigne comme un couplage de mouvement colocalisé et direct (Jégo 2013, page 60). C'est-à-dire que le mouvement du manipulateur sera le même — ou se voudra le même — que le mouvement de la Marionnette Virtuelle ;
- Transfert de mouvement idiosyncratique : un transfert qui à un mouvement donné fait correspondre un geste propre à la Marionnette Virtuelle ;
- Mocapteur : par le terme Mocapteur, nous désignons l'acteur équipé du dispositif de capture de mouvements et qui contrôle le corps d'un avatar dans un transfert de mouvement mimétique ;
- Manipulacteur : un opérateur humain qui agit sur une marionnette ou une entité virtuelle ;
- Dataacteur ; intermédiaire informatique entre les manipulateurs humains et la Marionnette Virtuelle neutre. Il récupère les données d'un dispositif pour le rendre compatible avec le moteur de jeu. Il est important de noter qu'il y a un dataacteur par dispositif.

⁸³ Gagneré, Georges, Cédric Plessiet, et Rémy Sohier. 2018. « Avatar Staging: an evolution of a real-time framework for theater based on an on-set previz technology. » Vric.

Gagneré, Georges, Cédric Plessiet et Rémy Sohier. 2018. « Interconnected Virtual Space and Theater: A Research—Creation Project on Theatrical Performance Space in the Network Era ». In ISTE—Challenges of the Internet of Things, édité par I Ahmad Saleh.

Gagneré, Georges, Cédric Plessiet et Rémy Sohier. 2017. « Espace virtuel interconnecté et Théâtre — Une recherche-crédation sur l'espace de jeu théâtral à l'ère du réseau ». ISTE, 1-25.

6.5. La scène augmentée (projet Labex Arts-H2H)

Le projet Labex *La Scène augmentée* porté par deux chercheuses en théâtre Erica Magris et Guilia Filacanapa avait déjà commencé depuis deux ans lorsque Georges Gagneré m'a demandé de créer le dispositif pour ce qu'ils appelaient le *CW1* (*Cluster Workshop 1*) (Figure 43).

Il s'agissait de modifier et mettre à disposition certains des modules *AKeNe* que j'avais développés pendant les ateliers *IDEFI CreaTIC* et les ateliers *Campus Condorcet*, afin de prototyper un dispositif à bas coût, reposant sur une *Kinect* pour faire interagir un acteur masqué et un acteur contrôlant un avatar.

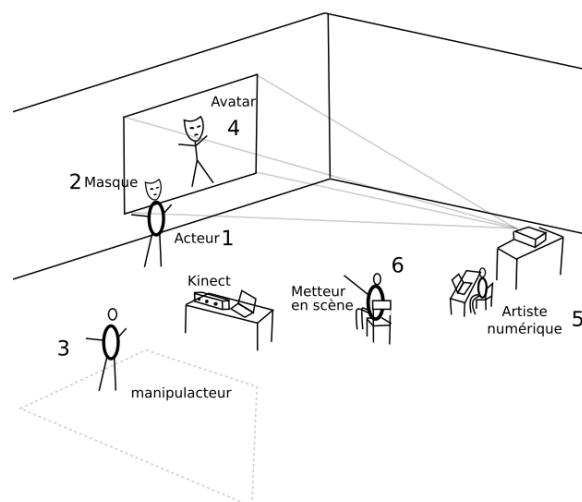


Figure 43 : schéma de Georges Gagneré pour la mise en place du *CW1*

Ce dispositif partait de l'hypothèse émise par Erica Magris et Guilia Filacanapa que le jeu masqué typique de la *Commedia dell'arte* pouvait être un point d'entrée pour la prise de contrôle de l'avatar, ce qui fit d'ailleurs l'objet d'une communication au *IFTR de 2016* à Stockholm en Suède. Il nous semblait, Georges Gagneré et moi, qu'une approche similaire serait plus comparable au théâtre de marionnettes, surtout avec un dispositif de captation aussi limité (Figure 44).

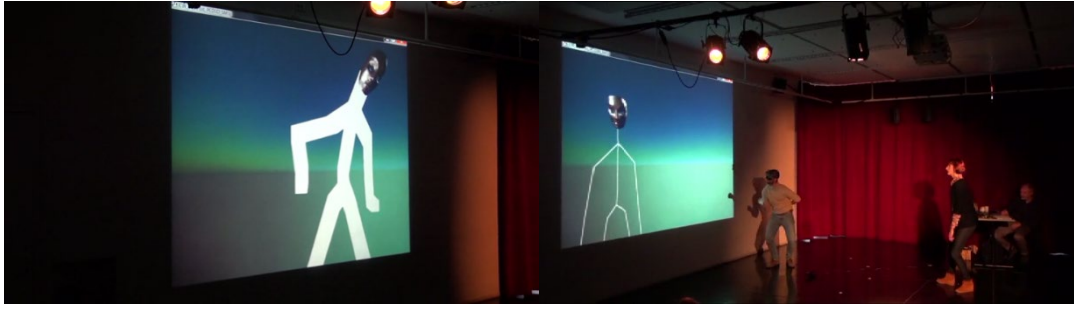


Figure 44 : Le dispositif Kinect pour le CW1

Quoi qu'il en soit, nous avons eu des interactions riches entre acteur masqué et avatar et sommes tombés d'accord sur le fait que nous devons améliorer l'avatar pour le prochain CW. J'ai donc amélioré le programme en y ajoutant des avatars plus travaillés (Gagneré, Plessiet, et Sohier 2017) (Figure 45).

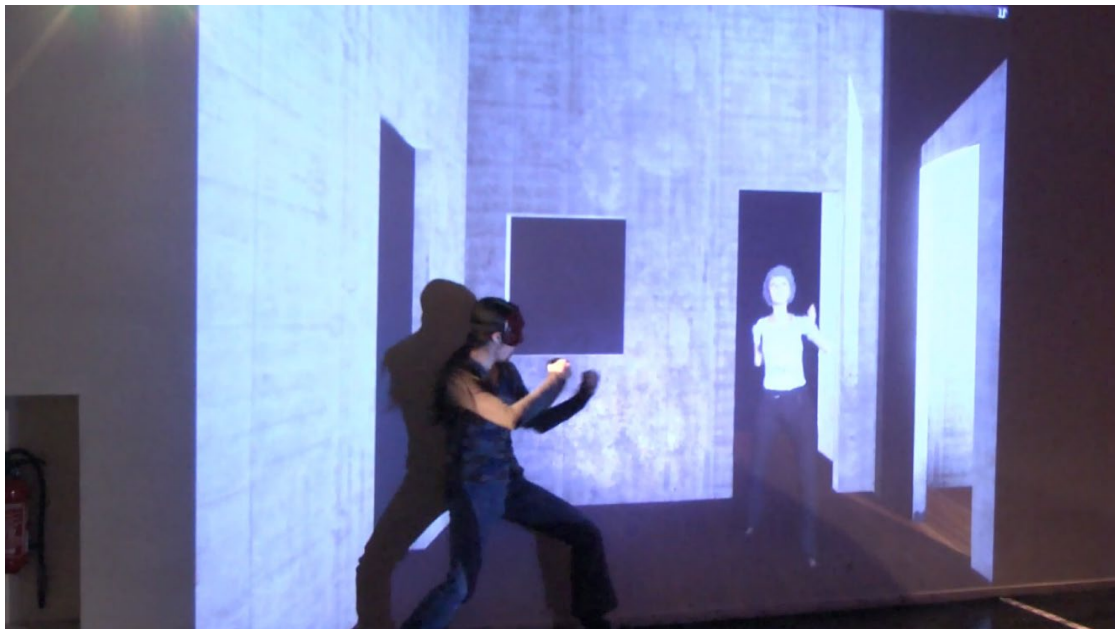


Figure 45 : CW3

Il m'a semblé que les interactions entre acteurs masqués et avatars ont gagné en intensité, car plus l'avatar était plausible plus le jeu du mocapteur était facilité. Il n'en demeurait pas moins que le dispositif de captation (une simple *Kinect*) était beaucoup trop imprécis pour obtenir un mouvement de qualité.

Ceci a changé fondamentalement l'approche du projet, introduisant une toute nouvelle liberté, à la fois de déplacement, mais aussi d'expressivité gestuelle, nous permettant d'imaginer un grand nombre de scénographies possibles (Figure 46).

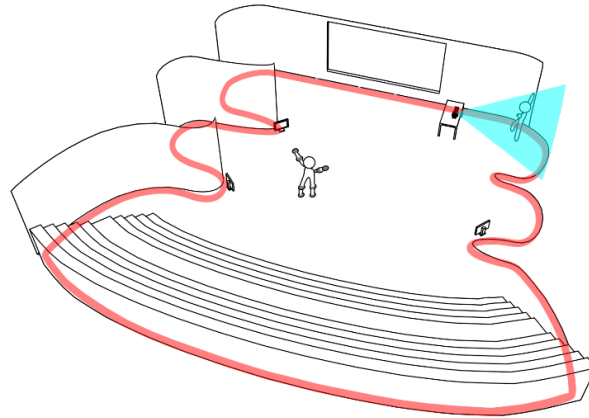


Figure 46 : différences entre la zone de captation de la Kinect, par rapport à la zone de captation du dispositif inertiel

C'est pourquoi nous sommes partis sur l'idée de créer, au-dessus d'AKeNe et du moteur *Unreal*, une plateforme de développement baptisée *AvatarStaging* ; et lors de la reconduction du projet *La Scène augmentée*, nous avons décidé de mettre cette plateforme à l'épreuve en créant plusieurs pièces de théâtre autour de l'interaction masque/avatar (Gagneré, Plessiet et Sohier 2018a ; Gagneré et Plessiet 2018a).

Ces trois pièces de théâtre sont *Agamemnon Redux* (Lavender et al. 2017)⁸⁴, *La Psychanalyse augmentée* (Milesi, Gagneré, et Plessiet 2017)⁸⁵ et *La Vie en rose* (Filacanapa et al. 2017) ; elles furent jouées au *Cube* en 2017, puis pour *Agamemnon Redux* (Figure 21) et *La Vie en rose*⁸⁶ (Filacanapa et al. 2017) à l'*Université de Warwick* en Angleterre et pour *La Psychanalyse augmentée* (Figure 47) durant la *Semaine des Arts 2018 de l'Université Paris VIII*. Nous avons aussi mené une série

⁸⁴ Lavender, Andy, Tim White, Georges Gagneré et Cédric Plessiet. 2017. « *Agamemnon Redux* ». *Cube Issy-les-Moulineaux 2017* ; université de Warwick 2018.

⁸⁵ Milesi, Mathieu, Georges Gagneré et Cédric Plessiet. 2017. « *La psychanalyse augmentée* ». *Cube Issy-les-Moulineaux* ; semaine des arts université Paris VIII.

⁸⁶ Filacanapa, Guilla, Boris Dimli, Georges Gagneré, Anastasiia ternova et Cédric Plessiet. 2017. « *La Vie en Rose* ». *Cube Issy-les-Moulineaux 2017* ; université de Warwick 2018.

d'exercices avec le Conservatoire National Supérieur d'Art Dramatique en octobre 2017 .

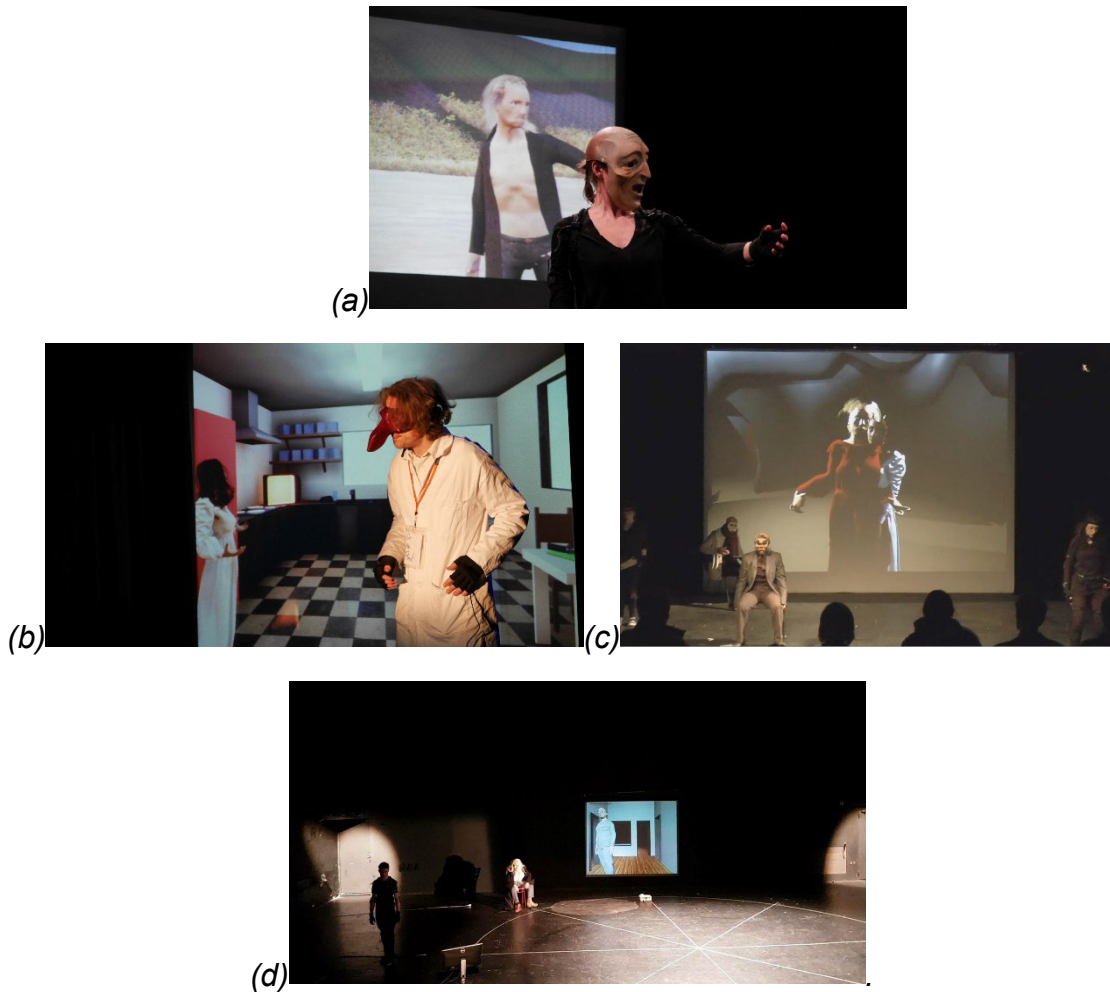


Figure 47 : (a) *Agamemnon Redux*, (b) *La Vie en rose*, (c) *La Psychanalyse augmentée*, (d) *Atelier CNSAD*.

Pour Georges et moi, cela a été aussi l'occasion de réfléchir à notre collaboration sur la plateforme *AKeNe* et sur le croisement de nos recherches en général, en réfléchissant par exemple au redéploiement de modules déjà développés dans *OutilNum*, par exemple (Gagneré, Plessiet et Sohier 2018a), mais également sur un terrain d'expérimentation et de mise à l'épreuve de notre développement et de notre étude des interactions avatar/acteur (Gagneré et Plessiet 2018b)⁸⁷.

⁸⁷ Gagneré, Georges et Cédric Plessiet. 2018. « Experiencing avatar direction in low cost theatrical mixed reality setup ». *Moco*, 2-7.

Ainsi nous avons réfléchi, en collaboration avec Andy Lavender et Tim White à la possibilité de créer des exercices de contrôle d'avatar, déployables à très faible coût, c'est ainsi que nous avons pu présenter à la conférence Moco de 2018 un workshop et présenter une réflexion sur la modularité du dispositif⁸⁸ (Gagneré et al. 2018).

⁸⁸ Gagneré, Georges, Cédric Plessiet, Andy Lavender et Tim White. 2018. « The challenges of movement quality using motion capture in real-time theatrical performance ». In Moco, 9 p. Genoa (Italia): ACM.

7. AKeNe : la colonne vertébrale technologique de ma création artistique

Je tiens à prévenir tout d'abord mes lecteurs que ce chapitre est avant tout technique. Il vise à illustrer la complexité de l'architecture logicielle que j'ai eu besoin de mettre en place pour répondre à mes besoins artistiques ; et, surtout, je dois le concéder, c'est l'occasion pour moi de détailler un lourd développement informatique que je n'ai jamais eu la possibilité de décrire ailleurs.

Tout au long de ce parcours, j'ai décrit l'importance que j'accorde à la nécessité de pouvoir dialoguer avec l'ordinateur. Ceci implique l'obligation de comprendre la logique computationnelle qui régit la machine et ainsi de faire l'effort de traduire notre approche sensible d'être humain en une pensée algorithmique de création. Ainsi ce sont mes problèmes esthétiques qui dirigent mes développements informatiques, c'est pour quoi l'on retrouve beaucoup d'objets qui traitent de l'utilisation de périphériques pour « traverser les frontières » et d'algorithmes d'intelligence artificielle pour que mes entités s'émancipent.

J'ai décidé de rendre ma programmation évolutive dès mon doctorat, ceci afin de pouvoir plus rapidement me concentrer sur l'aspect créatif de mon travail, ceci est d'autant plus nécessaire que je suis généralement le seul à programmer sur la majorité des projets. Et si, en soi, écrire du code n'est pas quelque chose qui me déplaît, ce qui m'importe avant tout, c'est mon œuvre finale. C'est pour cela qu'AKeNe a été créé, cette bibliothèque de programmation que je fais évoluer au cours de mes créations et que je veux rendre accessible aux autres, afin de pouvoir à la fois intégrer leurs problématiques dans mon travail, mais aussi rendre mes développements accessibles aux autres.

C'est pourquoi je détaillerai mon rapprochement avec Georges Gagneré, qui a construit ses outils de création sur AKeNe.

7.1. Un outil personnel...

D'après mes observations, le problème majeur que l'artiste numérique rencontre dans son travail est de devoir transformer sa pensée sensible en mécanismes programmés. S'il est fréquent de dissocier l'artiste numérique de l'informaticien (Fourmentraux 2003, 2011), je revendique, pour ma part, être à la fois l'artiste et l'informaticien. Il est donc logique, en tant qu'informaticien, de disposer d'une « boîte à outils » de programmation et, en tant qu'artiste, de l'utiliser et de la faire évoluer au cours de l'évolution de ma réflexion plastique. Je m'inscris ainsi dans la même logique que les artistes Benjamin Fry et Casey Reas qui développèrent le langage *Processing* pour leur création, ou *Open Frameworks* créée par les artistes programmeurs Zach Lieberman, Théo Watson et Arthur Castro.

7.1.1. Taupistool, premier prototype

J'ai développé la première version de cette bibliothèque, baptisée à l'époque *Taupistool* pendant mon doctorat. Elle répondait à une problématique très spécifique, à savoir mon obligation de développer plusieurs fois la même application, mais pour des logiciels différents. En effet, comme je l'ai évoqué en 1.2.3, durant ma thèse, j'ai développé un module pour le logiciel Maya dans le cadre de la création d'un effet visuel, puis j'ai dû adapter ce même module à un autre moteur ou logiciel (Figure 48).

Mon idée était alors de passer par des passerelles logicielles qui feraient la correspondance entre le logiciel hôte et ma bibliothèque. Ainsi, pour chaque logiciel hôte, il y avait une version de « traduction » nommée `TT_2_nom_du_logiciel_hote` dans laquelle j'implémentais une structure informatique appelée Adaptateur (Gamma et al. 1994, pages 139-150), ce qui me permettait de faire correspondre la manière d'utiliser un objet informatique à un autre objet informatique. De ce fait, imaginons un objet de `ClasseA` qui dispose d'une fonction `je_mange()` et un objet de `ClasseB` qui dispose d'une fonction `je_me_nourris()` : alors l'adaptateur `ClasseB_2_ClasseA`, adapte l'interface de `ClasseB` afin de me permettre d'utiliser `ClasseB` de la même

manière que ClasseA. En effet ClasseB_2_ClasseA aura une fonction `je_mange()` qui appellera la fonction `je_me_nourris()` de la ClasseB (Figure 49).

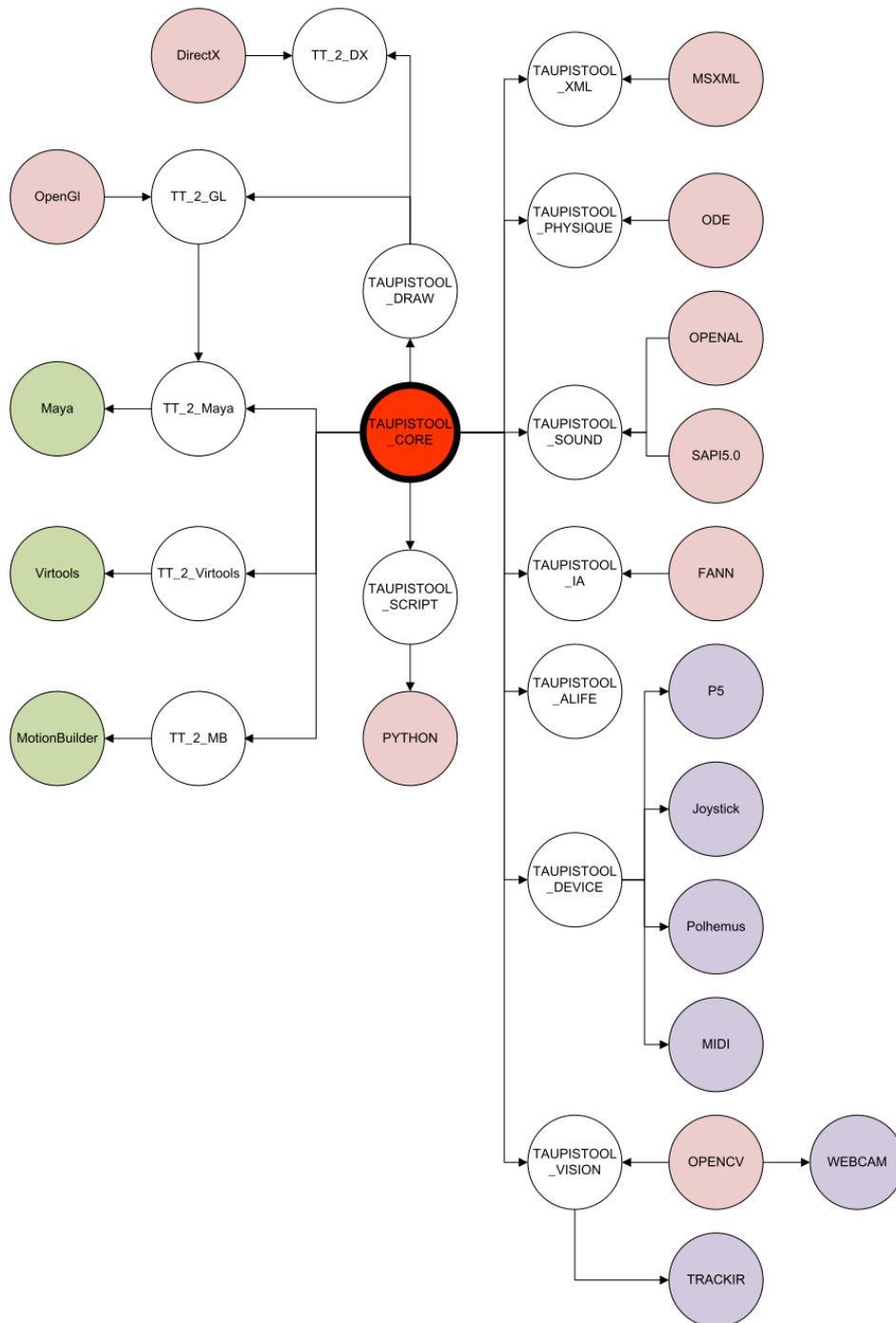


Figure 48 : architecture de Taupistool

En outre, j'avais créé une structure de fichier appelé TTML. Ce fichier était basé sur le langage de balisage XML et me permettait de sauvegarder les valeurs de mes différentes entités informatiques. Ainsi, je pouvais par exemple sauvegarder le

comportement d'un banc de poissons ou d'un papillon que j'avais jugé intéressant précédemment.

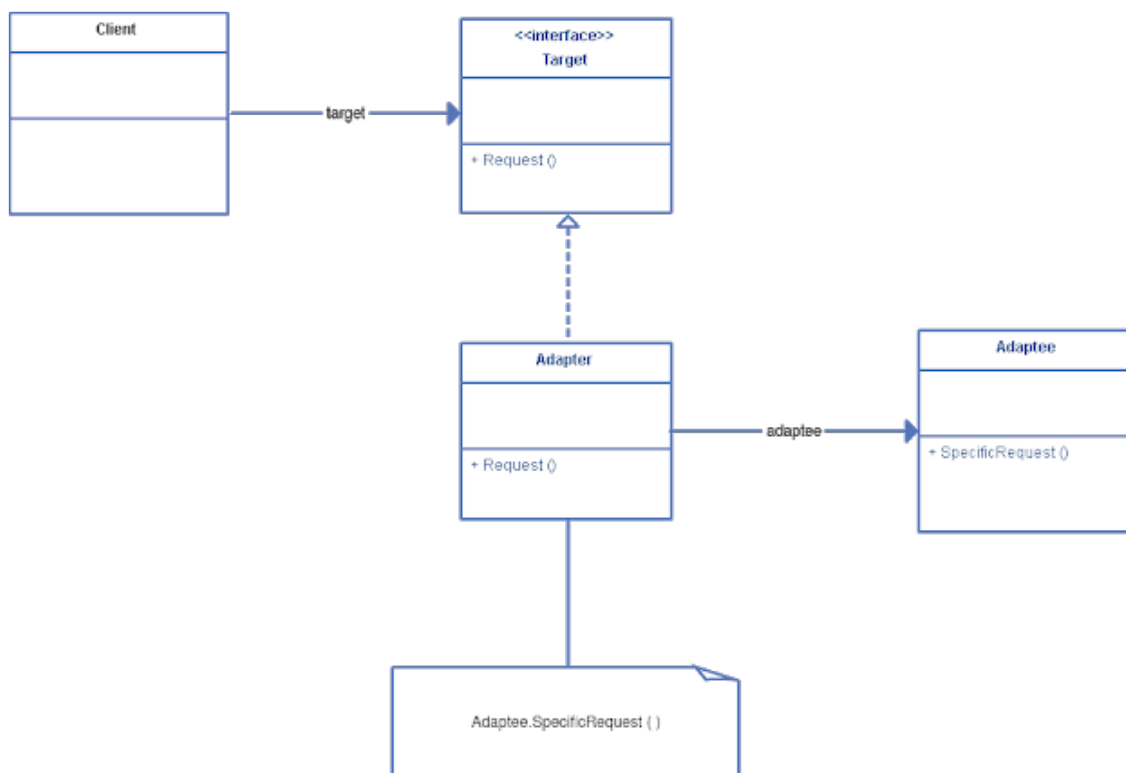


Figure 49 : Le schéma d'un adaptateur

Les *Taupistool* m'ont permis d'accélérer ma vitesse de développement, mais je me rendais compte que le développement au fur et à mesure de mes besoins allait devenir contreproductif, car je passais plus de temps à écrire des adaptateurs que faire réellement de la création.

7.1.2. Unity et le passage au c#

s'envolent lorsque nous soufflons sur cette fleur. Ceci souligne aussi ma volonté de dissémination de cette bibliothèque.

La partie la plus conséquente de la programmation du code fut réalisée en C#. Le code reposait ainsi fortement sur les mécanismes du moteur de jeu *Unity 3D*. Ce choix a été assumé pour me permettre de le rendre plus accessible aux étudiants et ainsi de m'en servir comme support pédagogique, en particulier pour mon cours d'intelligence artificielle appliquée au jeu vidéo. C'est ainsi que 4 sujets de Projet de Fin d'Études d'étudiants de l'école d'ingénieur tunisienne *ISAMM* furent réalisés et intégrés à la bibliothèque⁸⁹.

Cette version d'*AKeNe* a été le support bien sûr de l'application *OutilNum*, mais aussi de l'installation *Lucky* première version, *Between the lines* et des deux premiers ateliers *IDEFI-CréaTIC*. De plus, certains modules ont été utilisés pour des projets de Master 2 du département *ATI*, comme le module de logique floue que Michèle Quéré utilisa pour contrôler les interactions d'un tigre 3D interactif⁹⁰.

Cette imbrication forte avec le moteur *Unity 3D* a néanmoins eu deux inconvénients de taille : le premier était de lier trop fortement *AKeNe* à ce moteur, ce qui faisait perdre la vocation première d'interopérabilité de la bibliothèque *AKeNe*, en contrepartie cela permettait de pouvoir nous appuyer plus fortement sur le travail des nombreux développeurs qui programmaient sur *Unity* ; le second inconvénient, et de mon point de vue le problème majeur, était de développer en langage C# d'un plus haut niveau que le C++. Si ceci a un avantage de taille en termes de pédagogie et de vitesse de programmation, il introduit une certaine distance avec l'architecture de l'ordinateur et en particulier la gestion de la mémoire, ainsi que la vitesse d'exécution du programme.

⁸⁹ *Hidden Markov Model* par Khoubaieb Klai, *Algorithme Génétique* par Ghaya Khemeri, *Perceptron* par Salma Chaabane, *Goal Oriented Behavior* par Hela Rida.

⁹⁰ Michele Quéré, 2012. « La force de la communication de la réalité virtuelle », Mémoire de Master 2 Arts et Technologie de l'Image, Université Paris 8.

7.1.3. Le redémarrage C++/Unreal

En 2015, à l'arrêt du projet *OutilNum* et avec l'annonce de la nouvelle politique tarifaire de *Unreal* et de *Unity*⁹¹, j'ai décidé de changer de moteur pour passer sur *Unreal*. Ceci a rendu caduc tout le développement mené durant les années précédentes. J'ai tiré trois conclusions de cette excursion dans le moteur *Unity* :

- Les personnes avec qui je collaborais n'ont pas forcément le même souci de qualité de code et d'architecture que moi ;
- Plus on est lié à un logiciel, plus il nous sera difficile de changer de logiciel par la suite ;
- Un développeur seul n'est pas en mesure de maintenir au niveau une bibliothèque en comparaison d'équipes complètes de programmeurs dédiés.

Pour résoudre le premier problème, j'ai isolé ce qui est critique et donc accessible à des programmeurs expérimentés (le noyau) et ce qui est du domaine de la « petite programmation » (ou scripting), qui est du domaine d'un projet spécifique, ou ce à vocation à être réutilisé pour du développement futur.

Unreal dispose d'un avantage de taille pour permettre de séparer ce qui est du domaine du noyau et ce qui est du scripting. En effet, ce moteur est basé sur la même approche, une approche « programmation lourde » reposant sur le C++ et une approche « scripting » reposant sur un système de programmation graphique.

Le deuxième point m'a poussé à revenir aux fondamentaux des *Taupistools* décrits en 7.1.1, à savoir : m'affranchir, autant que possible, du noyau du logiciel hôte, afin de ne pas perdre tout mon travail de développement, comme ce fut le cas dans ma transition de *Unity* vers *Unreal*. A contrario, je souhaitais éviter de devoir redévelopper pour chaque logiciel mes propres passerelles, tâche complexe à mener

⁹¹ *Unity* a changé sa politique vis-à-vis des écoles et des chercheurs, leur interdisant l'utilisation de la licence gratuite. En parallèle, *Unreal* a décidé de facturer son moteur par royalties, ce qui le rend gratuit si aucune commercialisation du travail n'est envisagée. *Unity* est redevenu par la suite gratuit pour l'éducation.

à bien pour un développeur seul, d'autant plus que je ne souhaitais pas me limiter au développement d'une librairie de programmation.

Pour le troisième point, j'ai décidé de m'appuyer le plus possible sur des bibliothèques de programmation, ou des logiciels tiers afin de ne pas avoir à tout développer. Pour ce faire, j'ai décidé de m'appuyer au maximum sur des passerelles de communications entre les logiciels, en créant mon protocole de communication autour de protocoles déjà existants (à savoir le protocole OSC).

Malheureusement, pour l'instant, je n'ai pas du tout eu le temps de réintégrer tous les développements passés, par exemple les réseaux bayésiens, la logique floue, ou les Hidden Markov Model. En outre, j'ai perdu beaucoup de temps sur des problèmes annexes d'architectures afin d'être sûr de ne pas entendre les premières strophes du poème de Kipling résonner de nouveau dans ma tête comme ce fut le cas lors de ce redémarrage de changement de moteur :

Si tu peux voir détruit l'ouvrage de ta vie

Et sans dire un seul mot te mettre à rebâtir,

Ou perdre en un seul coup le gain de cent parties

Sans un geste et sans un soupir

...

Tu seras un homme, mon fils.

7.1.4. Réfléchir en Node

Il y a donc eu un certain nombre d'étapes entre ma première version des *Taupistool* et la version actuelle d'*AKeNe*. De ces différentes évolutions, j'ai retenu l'idée d'être le moins possible dépendant d'un unique logiciel. Pour cela, je sépare ce qui est du domaine du développement du cœur de la bibliothèque et ce qui est du domaine de la mise en application dans le projet artistique. Je réserve l'accès au cœur de la bibliothèque aux personnes qui disposent des compétences nécessaires.

Pour réaliser ce projet, il me fallait avant tout réfléchir en termes d'architecture et voir comment *AKeNe* pouvait s'intégrer facilement dans l'architecture des logiciels hôtes. Au-delà de l'intégration logicielle, l'idée est d'engranger le développement d'autres développeurs contribuant à *AKeNe*, pour ne plus redévelopper sans arrêt les mêmes outils⁹²...

Il convient tout d'abord d'observer les architectures des différents logiciels utilisés dans notre domaine. Elles reposent de plus en plus fréquemment sur une logique nodale, c'est-à-dire une approche cybernétique qui consiste à interconnecter des processus entre eux, assimilée à des boîtes noires. Ainsi *Unreal*, *Motion Builder*, *Maya*, *Houdini*, *Nuke*, *TACTIC* ou même la future version de *Blender*⁹³ reposent sur ce genre de mécanisme.

J'étais pour ma part déjà convaincu par cette architecture, bien avant mon intégration à *ATI*, après la lecture du livre *Strategies for Real-Time System Specification* (Hatley et Pirbhai 1988). J'avais lu une première fois ce livre, par hasard au lycée et, même si je n'étais pas en mesure de comprendre toutes les implications qu'entraînait cette architecture, il a influencé fondamentalement ma manière de programmer. Ainsi, même si son propos est plus large que notre domaine, cet ouvrage m'avait fait entrevoir la puissance d'une logique reposant sur des « nœuds interconnectés ».

Ma réflexion sur ce modèle m'amène à la conclusion suivante : je me dois de penser mon architecture comme pouvant s'interconnecter aux nodes des différents logiciels. Ceci me permettra d'isoler ce que je considère comme faisant partie du noyau et ce que les utilisateurs pourront plus simplement utiliser. Pour cela, il me restait à définir comment interconnecter *AKeNe* aux nodes des différents logiciels. Je me suis inspiré de l'architecture de *Maya*, dont les nodes reposent sur un concept particulier de *data block* (Gould 2003).

⁹² Pour l'anecdote, j'ai compté avoir développé 4 fois la même bibliothèque de calcul matriciel et de rotation, soit dans différents langages (c++, c#, python), soit dans des repères d'espaces différents (*Blender*, *Maya* et *Unreal*...). Un tel gaspillage d'énergie m'éloigne de mes problèmes artistiques à cause de développements purement mathématiques.

⁹³ La version 2.8 de *Blender* serait fortement orientée node, selon la Blender Fondation.

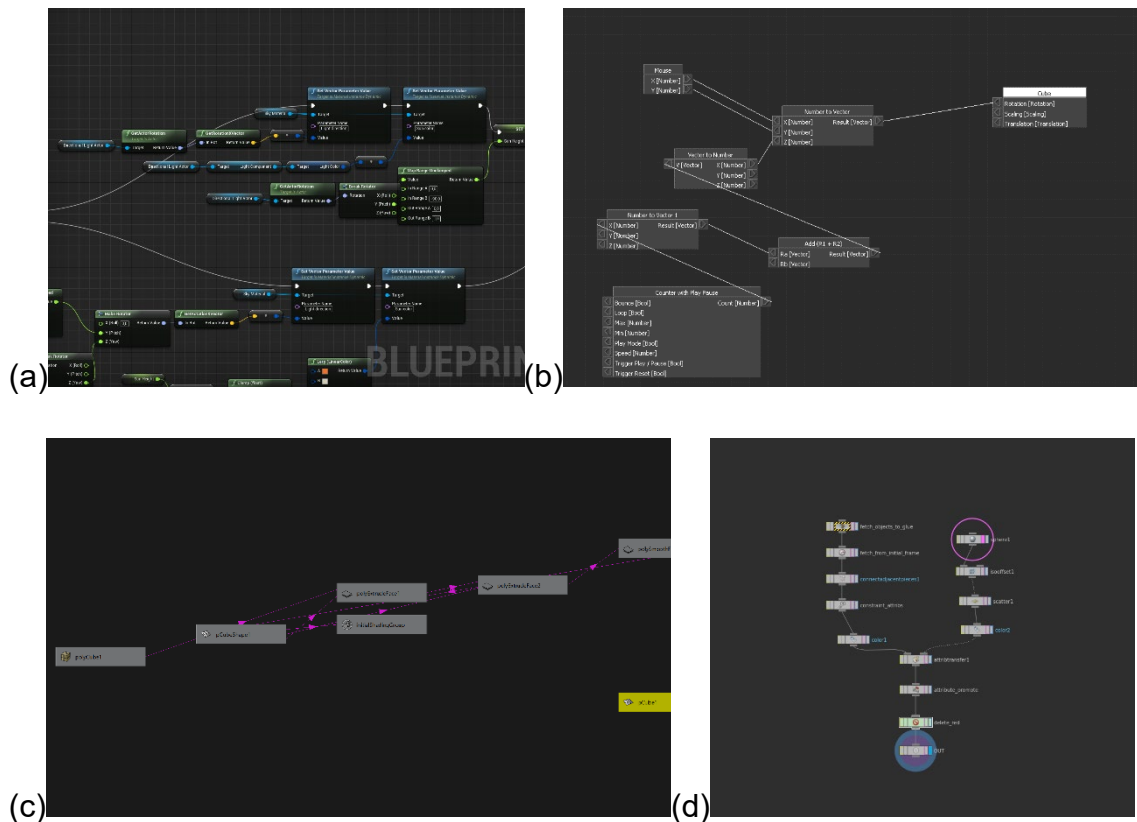


Figure 50 : (a) Un graphe de Unreal ; (b) un graphe de Motion-builder ; (c) un graphe de Maya ; (d) un graphe de Houdini.

Pour expliquer les *data block*, je vais reprendre une image que je donne en cours. Imaginons que je veuille envoyer quelque chose à quelqu'un, par exemple un livre. Je mets ce livre dans un colis que je poste par la suite. À partir de ce moment, le colis est géré par des postiers qui l'amènent à destination. Or, les facteurs n'ont pas à connaître le contenu du colis, ni à savoir lire le livre : ils n'ont qu'une seule mission : acheminer le paquet. Une fois le paquet arrivé à destination, mon destinataire n'aura plus qu'à ouvrir le colis pour prendre le livre. En outre, si je désire envoyer une lettre ou un cadeau divers, j'appliquerai la même méthode. En conséquence, le facteur effectuera l'opération de la même manière, quel que soit le contenu du colis.

J'ai donc décidé d'implémenter ce mécanisme appelé *boxing/unboxing* (Leroy 1997) dans ma bibliothèque. Ainsi, nous avons un objet `AKN_Node`, qui dispose de sorte de boîtes aux lettres (les `AKN_Plug`), dans lequel nous pouvons mettre ou récupérer des colis (les `AKN_Box`). Ensuite, lorsque le logiciel hôte veut transférer des

données à un objet d'*AKeNe*, il met ces données dans un *AKN_Box*⁹⁴ ainsi que le type de la donnée qu'il poste ensuite dans un *AKN_Plug*. Enfin, si pour fonctionner le *AKN_Node* est obligé d'ouvrir l'*AKN_Box*, alors il l'ouvre et regarde la donnée ; s'il n'en a pas besoin, il se contente de faire circuler la boîte en accord avec son programme sans l'ouvrir.

7.1.5. Une logique de greffon

Il nous est très facile de créer un node pour un logiciel particulier qui englobera notre *AKN_Node*. Ainsi, le node du logiciel prend les données de ses entrées, les met dans une ou plusieurs *AKN_Box*, puis les donne à un *AKN_Node*, qui effectue le traitement en utilisant les outils d'*AKeNe*. Notre *AKN_Node* retourne ensuite les données dans des *AKN_Box* ; le node du logiciel les ouvre et prend les données qu'elle envoie au logiciel hôte par ses sorties (Figure 51).

Je ne présente ici que le principe général. En effet, il existe quelques mécanismes particuliers que j'ai implémentés, comme le fait que les *AKN_Box* disposent d'un mécanisme afin d'éviter que deux entités accèdent en même temps au contenu de la boîte, ou le fait qu'il est possible de réserver un *AKN_Plug* pour déposer une *AKN_Box* dans le futur, ou encore la possibilité de créer pour un *AKN_Plug* une liste d'attente d'*AKN_Box* à traiter.

Un informaticien pourrait mettre en avant qu'ouvrir une *AKN_Box*, y mettre une valeur, la fermer et la poster dans le *AKN_Plug* peut ralentir le processus. Je ne le contredirai pas, mais pour le moment cela n'a pas été handicapant (voire notable). Si je m'aperçois dans le futur que le dispositif nécessite d'être optimisé, j'ai quelques idées. Par exemple, je pourrais mettre en action l'utilisation des algorithmes de sérialisation contenue dans la bibliothèque de programmation *Boost* (Ramey s. d.).

⁹⁴ Si c'est un type de base, le *AKN_Box* est construit automatiquement.

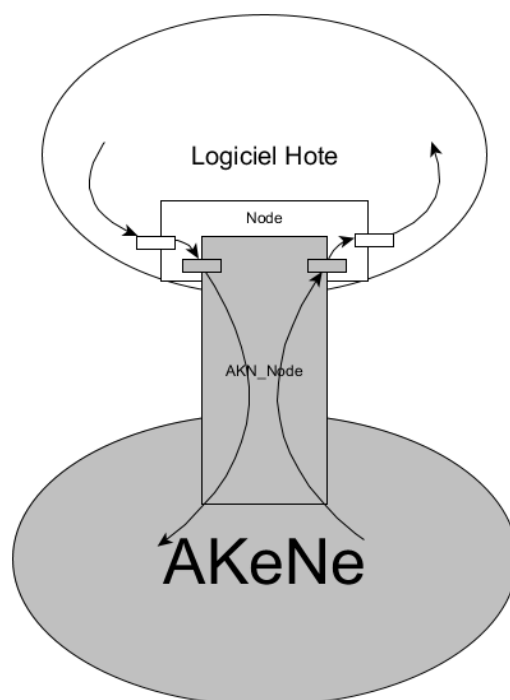


Figure 51 : Intégration d'un AKN_Node dans le logiciel hôte.

Ainsi, l'intégration entre le logiciel hôte et *AKeNe* est relativement discrète. S'il faut encore développer le node passerelle du logiciel hôte, je pense qu'il y aurait moyen d'automatiser ce processus dans le futur, mais pour le moment ce développement n'est pas ma priorité.

7.1.6. Une logique de transmission de données

AKeNe partage la même philosophie que son ancêtre *Taupistool*, à savoir agir comme ce que les informaticiens appellent le « code glue », c'est-à-dire un code qui sert à faire le lien entre plusieurs programmes ou bibliothèques de programmation. L'idée est de capitaliser le code, de sorte que nous ayons déjà programmé le node logiciel qui enrobe notre AKN_Node. De plus, si nous avons créé dans *AKeNe* les objets qui enveloppent les fonctionnalités qui nous intéressent dans une bibliothèque spécifique, il nous sera très rapide d'effectuer un portage vers un autre logiciel (Figure 52).

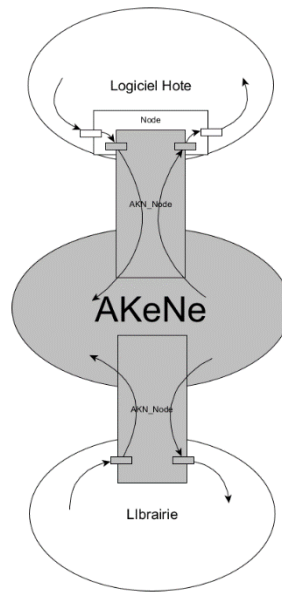


Figure 52 : AKeNe comme médium de communication entre logiciel hôte et librairie.

Pour comprendre le fonctionnement d'*AKeNe*, nous allons étudier comment le module de reconnaissance vocale — utilisé pour *Lucky*, *OutilNum* et *Cou2Garnack*, *Rêverie* et *Kelly Conférencière* — a été implémenté dans *AKeNe* et comment il a été rendu disponible pour le logiciel *Unreal* et *Unity*.

Dans sa forme la plus simple, nous devons envoyer une phrase au module. Nous avons donc besoin d'une entrée : à savoir une chaîne de caractère. En sortie le module nous retourne un code de statu.

Nous allons donc créer un `AKN_Node` avec une entrée et une sortie. Si une entrée est modifiée, elle appelle une série de fonctions contenue dans une librairie extérieure à savoir actuellement *SAPI 5.0* (mais je pense que j'abandonnerai cette bibliothèque au profit d'une autre, à savoir *Sphinx*) et retourne le résultat de l'exécution de la librairie externe dans sa sortie. Ce travail n'est en soit pas spécialement long ni spécialement compliqué (ni, au passage, spécialement intéressant), mais une fois ceci fait, il est extrêmement rapide de faire le code glue qui permet de créer les nodes des logiciels hôtes qui enveloppent ou sont enveloppés par nos `AKN_Nodes`.

logiciel hôte, afin de les envoyer par l'intermédiaire du réseau vers un autre AKN_Node en utilisant deux objets AKN_Client et AKN_Serveur⁹⁵, des versions spécialisées de AKN_Node conçues pour envoyer des AKN_Box au travers du réseau. Cette partie de code est un exercice que je donne à mes étudiants dans mon cours de programmation avancée.

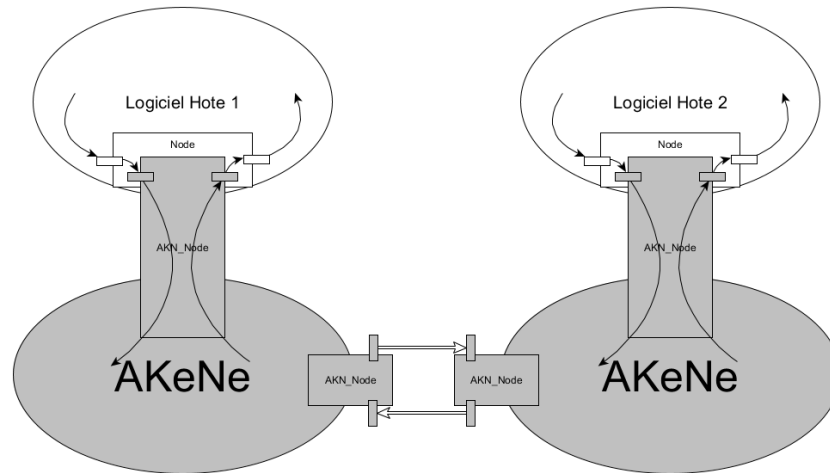


Figure 53 : AKeNe comme passerelle de communication entre deux logiciels hôtes.

Par cette méthode, il devient très facile de connecter par exemple *Unreal* à *Unity* ou à *Motion-Builder*, c'est d'ailleurs le cas pour le projet *Agamemnon Redux* (Lavander et al. 2017) où le retargeting est effectué sur le logiciel *Motion Builder* et l'affichage sur le moteur *Unreal* (cf. Figure 54).

Cette approche modulaire nous a permis d'adapter assez facilement notre outil de prévisualisation *OutilNum* (Plessiet, Chaabane, et Khemiri 2015) pour une application au théâtre (Gagneré, Plessiet, et Sohier 2018a) en réarrangeant les blocs de programmes entre eux.

⁹⁵ Il existe néanmoins une exception lorsque j'utilise le logiciel hôte *Unreal*. En effet, dans ce cas-là je préfère utiliser directement les fonctions de réseau directement implémentées dans le moteur, car je les pense beaucoup plus rapides et efficaces que mes propres fonctions.

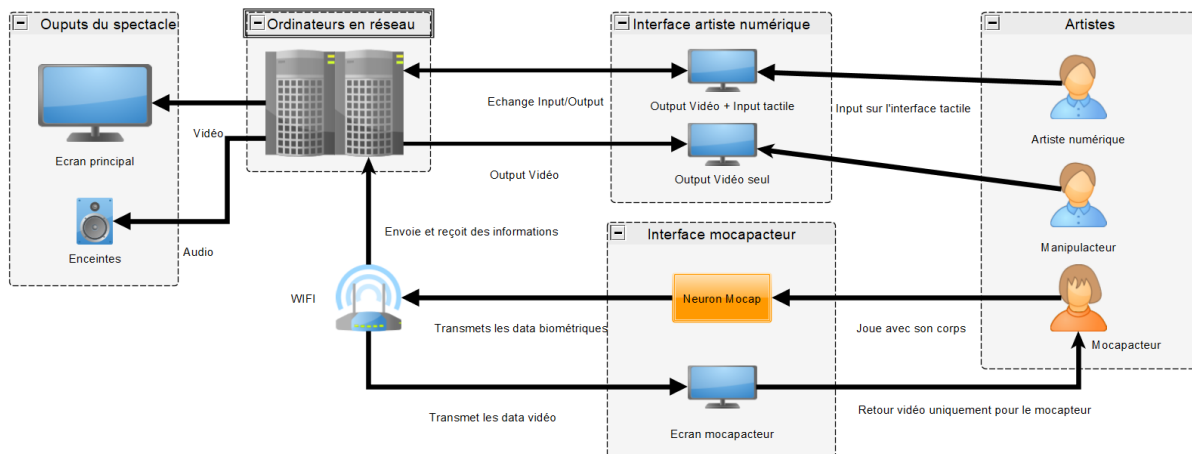


Figure 54 : Les différents modules interconnectés de la pièce Agamemnon Redux.

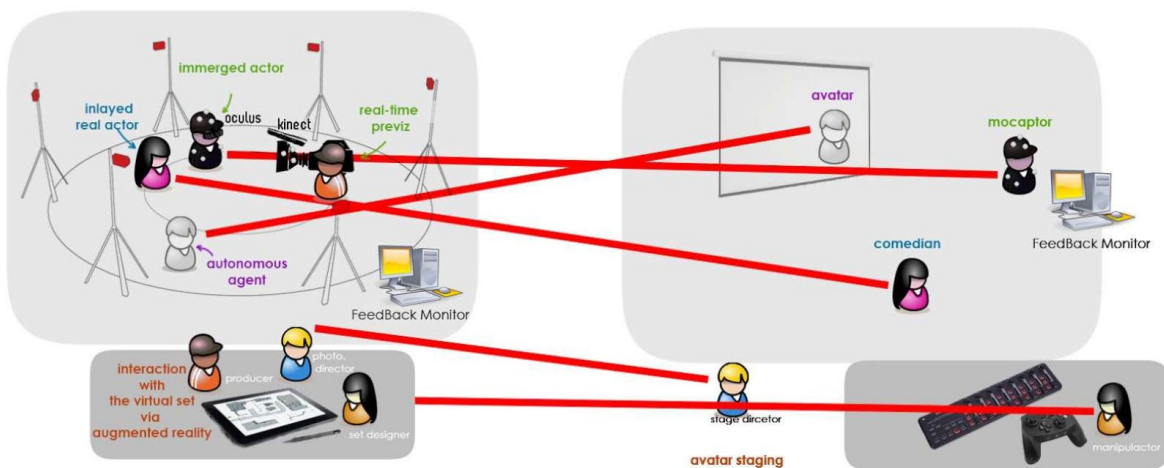


Figure 55 : Réorganisation des modules d'OutilNum pour AvatarStaging.

Il est vrai que j'aspire à voir *AKeNe* évoluer sans moi. Paradoxalement, j'ai toujours une certaine appréhension à voir mon code devenir, dans le pire des cas, illogique, voire totalement inutilisable, au fur et à mesure des ajouts des uns et des autres. De plus, il est très difficile de trouver le temps nécessaire pour implémenter comme je l'entends ma bibliothèque face au rythme universitaire, à la réalisation des différents projets artistiques, à l'absence de moyens et aux tâches urgentes qui se succèdent.

Pour pallier ces problèmes, j'ai mis en place un ensemble d'outils assez classiques dans les entreprises d'informatiques et de jeux vidéo, mais qui n'étaient malheureusement pas présents dans notre laboratoire. De cette manière, je peux à la fois garantir la fiabilité de ma structure, voir évoluer mon code et recycler sur les différentes créations menées en parallèle les éléments redondants.

7.2.1. Gestionnaire de version et méthodologie d'équipe.

De ma vie professionnelle pré-ATI, j'ai appris qu'il est important de garder un historique de tout développement. Ceci afin de permettre à l'équipe de travailler en parallèle, de revenir à tout moment à une étape de développement plus stable, ou de bâtir des solutions temporaires de tests. J'ai donc mis en place dès le démarrage du projet *OutilNum* un serveur *Subversion*, gestionnaire de versions centralisé bien connu dans le développement logiciel.

Par la suite, j'ai opté pour un serveur *Git* (Loeliger et McCullough, s. d.), ceci pour plusieurs raisons : la première est de pouvoir délocaliser rapidement l'ensemble de l'historique du projet s'il nous est impossible d'accéder au serveur de l'université ; la seconde est son système de branches, qui permet de séparer très efficacement les développements qui concernent le cœur d'AKeNe, les développements de fonctionnalités futures et les développements de fonctionnalités instables.

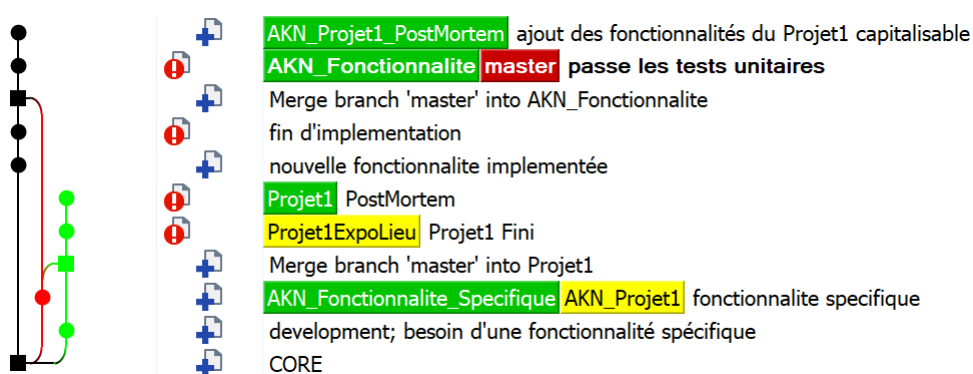


Figure 56 : Exemple de déroulement des versions. En jaune les Tags, en rouge la branche master, en vert les branches de développement de nouvelles fonctionnalités.

Grâce à cette décision, je me suis positionné comme le seul développeur de la branche maitresse (la branche master) et je m'assure ainsi qu'elle est pleinement fonctionnelle. Tout développement de nouvelles fonctionnalités ne peut se faire que dans une branche annexe. Une fois le développement terminé, je m'assure, en tant que responsable de la branche maitresse qu'elle n'entraîne pas d'instabilité sur l'ensemble du déroulement du projet. Si elle n'entraîne pas d'instabilité, alors j'intègre les modifications dans la branche maitresse.

Il en est de même pour les développements d'un projet qui s'appuie sur *AKeNe* : si le projet nécessite un développement directement réutilisable, alors la fonctionnalité est développée dans une branche spécifique en vue d'être intégrée dans la branche maitresse dès que possible. De plus, les différents collaborateurs étiquettent les différentes versions du projet final d'*AKeNe* qui ont été menées, avec succès, jusqu'à l'exposition de l'œuvre. Par conséquent, nous sommes sûrs de pouvoir retrouver l'installation dans un état opérationnel.

À la fin de chaque exposition, nous organisons une réunion *post mortem*, ou nous analysons ce qui a fonctionné, ce qui n'a pas été satisfaisant et ce qui mérite une intégration dans *AKeNe* pour une version future. Par ce procédé, je peux garantir la stabilité d'*AKeNe*, dont je suis le seul responsable et accepter la « perte de contrôle » de mon code sur des projets annexes.

7.2.2. Test unitaire

J'ai, par exemple, été frappé par l'impression de « code spaghetti »⁹⁶ qui se dégageait de certains projets open source où s'affrontent les logiques de pensée de différents programmeurs. Pendant la période *OutilNum*, j'ai été amené à travailler avec deux doctorantes et des stagiaires. La qualité du code étant très inégale, j'ai opté pour une méthodologie dite *test-driven* (Astels 2003). Avec cette méthode, avant même d'implémenter leur code, mes collaborateurs devaient écrire le test qui validerait leur

⁹⁶ On appelle code Spaghetti un code informatique qui ne développe pas un déroulement logique et construit, mais une succession de commandes désordonnées pour parvenir tant bien que mal à obtenir le résultat escompté.

algorithme. De plus, nous révisions ensemble le test, afin que je valide par exemple la logique d'utilisation, ou les conventions de nommages.

Le test, bien sûr, n'aboutira à rien, car le code à évaluer n'a pas encore été écrit. En outre, nous pouvons au moins savoir précisément ce que nous attendons pour considérer ce code comme acceptable. Par la suite, il ne reste plus qu'à développer ce qui est nécessaire pour que nous validions le test écrit précédemment et donc le fonctionnement du programme.

En parallèle, j'ai mis en place un serveur d'intégration continue *Jenkins* (Smart 2011). Il s'agit d'un serveur qui écoute mon serveur de version *Git* et, dès que quelqu'un modifie des fichiers versionnés, Jenkins effectue un certain nombre de tâches automatiques comme l'exécution de tous les tests présents dans *AKeNe*, la génération d'une documentation automatique, la compilation des différentes versions du projet. Si les tâches automatiques ne se déroulent pas correctement, un email est envoyé à la fois au développeur concerné et à moi-même, de sorte que nous puissions réagir dans les temps pour corriger le problème. Ainsi je n'ai pas (trop) à me préoccuper des développements de mes autres collaborateurs et me focaliser sur les parties du code qui sont nécessaires à ma création.

7.3. Mon super-utilisateur

Comme nous pouvons le voir, j'ai la volonté d'ouvrir *AKeNe* aux autres en cachant les parties les plus complexes de mon code, en rendant son utilisation simple et en permettant aux apprentis développeurs de faire des erreurs et apprendre à coder en équipe avec des méthodes de développement professionnel.

Ma rencontre avec Georges Gagneré a contribué à rendre mon outil utilisable par quelqu'un qui n'a pas forcément les connaissances nécessaires pour maîtriser des outils complexes. Cependant, même si j'étais prêt à faire l'effort de « démocratiser mon outil », je mets un point d'honneur à ne pas devenir le technicien d'un binôme art/science où mes binômes auraient la position du créatif ! Je veux créer un outil pour que chacun à son niveau puisse rajouter ses propres briques selon ses besoins.

7.3.1. Une rencontre marquante

Assez rapidement nous avons compris, Georges Gagneré et moi, notre complémentarité, mais nous avons souhaité éviter de travailler comme un binôme où il représenterait « l'art » et je représenterais « la technologie ». Izabella Pluta, dans l'entretien qu'elle a mené avec nous, relate avec beaucoup de justesse mes premiers sentiments vis-à-vis de Georges Gagneré : *« Pour moi je l'ai senti passionné, mais pas doué. C'est ce qui l'a "sauvé" à mes yeux. Il ne m'a pas considéré comme un technicien. Souvent les gens viennent en disant "moi je suis artiste, toi tu es technicien, tu vas me fabriquer mon œuvre" et j'ai un vrai blocage sur ça. Georges est arrivé en disant "tu as un univers, je le trouve intéressant, moi aussi j'ai un univers, travaillons ensemble". Je lui ai dit d'accord, mais dans ce cas-là, il faut que tu comprennes mon univers. »* (Pluta 2017, page 8)

Nous avons donc conclu une sorte de pacte que George Gagneré relate de la manière suivante : *« j'ai réussi à convaincre Cédric de me fabriquer une plate-forme pédagogique de manipulation d'avatar en lui promettant que, sur cette plate-forme, j'allais devenir autonome. Ça a été aussi ce pour quoi il m'a dit "OK, on y va". Il devait me transmettre des briques et, à un moment donné, je devais être capable de pouvoir moi-même continuer à les agencer sans le harceler de questions et en prenant la responsabilité de me former un minimum à son langage. Donc je l'ai attiré vers le théâtre et il nous a fabriqué un premier prototype »* (Pluta 2017, page 6).

Georges Gagneré devait faire évoluer ce prototype et devenir ainsi de plus en plus autonome. Actuellement, je ne surveille quasiment plus le développement de sa branche de travail et je profite de certains de ses développements pour mes propres créations, de la même manière, il intègre certains de mes propres modules dans sa branche de travail. Par cette rencontre, nous avons créé un binôme dans lequel, même si chacun a des domaines de spécialités, nous partageons un savoir commun sur l'outil que nous développons ensemble et non pas dans comme mes collaborations précédentes, l'un pour l'autre.

7.3.2. Créer notre propre méthodologie de développement

Comme je le développe plus haut, je ne voulais surtout pas devenir le pendant technique « du couple artistique » comme Louis Ferry pour Catherine Ikam ou Robert Lepage et ses informaticiens. Ceci a entraîné une profonde réflexion entre Georges Gagneré et moi afin de créer une méthodologie de développement qui ne m'enferme pas dans le rôle du programmeur.

En parallèle, Georges Gagneré n'est pas hostile à l'utilisation d'un logiciel informatique, puisqu'il enseigne le logiciel Isadora au sein du département Théâtre. Ce logiciel très utilisé dans le spectacle vivant utilise un système de programmation nodale (cf. Figure 57). De fait, il était déjà familiarisé à la logique nodale que nous évoquions au Chapitre 7.1.4.

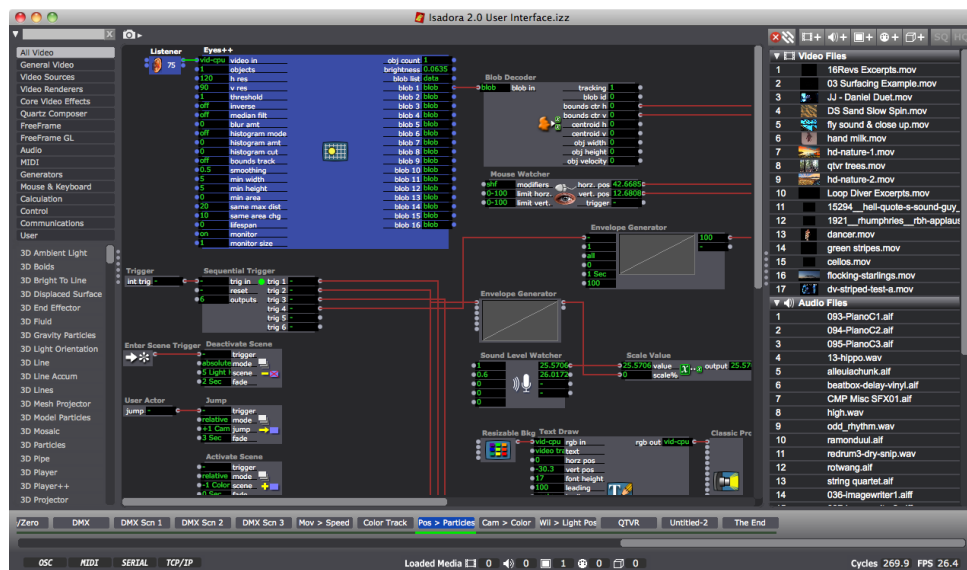


Figure 57 : L'interface de programmation d'Isadora.

Lors de nos premiers essais, nous nous étions tous les deux aperçus que s'il n'éprouvait qu'une difficulté moyenne vis-à-vis des concepts de programmation nodale, Georges Gagneré était réticent à l'utilisation d'un « vrai langage informatique », avec ses règles, sa grammaire et son vocabulaire.

L'abandon du moteur *Unity* pour le moteur *Unreal* a donc été un point fort pour faciliter notre collaboration. En effet, *Unity* repose sur des langages informatiques

traditionnels (comme le C# ou le JavaScript) et, bien que celui-ci soit beaucoup plus simple qu'*Unreal*⁹⁷, la programmation nodale de ce dernier semblait beaucoup plus appropriée dans notre méthodologie de développement.

Grâce à ces outils, Georges est devenu complètement autonome sur la majorité de ses développements et a pu greffer sur *AKeNe* son système de Régie 3D pour le théâtre *AKN_Regie* (Gagneré et Plessiet 2018a). *AKN_Regie* se base sur la logique d'évènements exécutés les uns à la suite des autres. Cette approche est directement inspirée des conduites de régie théâtrale, par exemple la conduite lumière, c'est-à-dire la liste chronologique des effets détaillés, par acte et scène, que le régisseur lumière doit mettre en œuvre.

AKN_Regie est pour moi une réussite, car elle confirme le fait qu'*AKeNe* remplit son rôle de dissémination. En effet *AKN_Regie* est à la base des nouveaux développements mené par Andy Lavender et Tim White de l'université de Warwick au Royaume Uni (Gagneré et al. 2018) et l'étudiante Anastasiia Ternova construit ses propres outils au-dessus d'*AKN_Regie* (Cf. l'annexe Entretien avec Anastasiia Ternova). Comme souhaité, l'outil m'échappe, mais je garde contrôle sur le noyau et sur son architecture et ne me voit pas réduit au rôle de simple développeur.

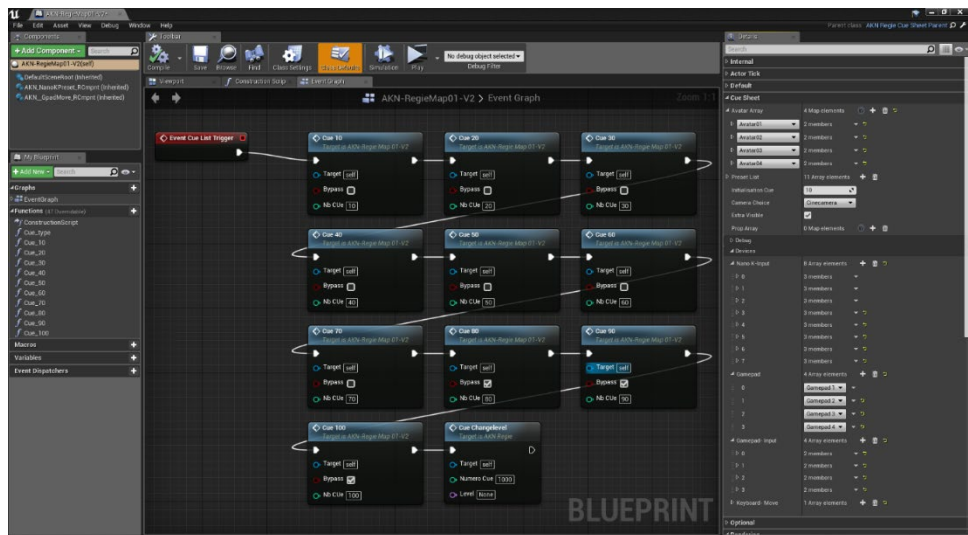


Figure 58 : La programmation nodale d'*AKN_Regie*.

⁹⁷ Cette réflexion est bien sûr très subjective, mais partagée par la grande majorité des développeurs de jeu vidéo.

8. Un lien fort avec la formation

Dès mes premières expériences d'enseignement lors de mon contrat doctoral, j'ai toujours appuyé ma pédagogie sur la recherche / création et mes développements informatiques. De la même manière, dans mon travail personnel, j'essaie de conserver l'équilibre entre art et technologie, quitte à m'appuyer sur mes propres développements. Également, je réfléchis à l'équilibre à trouver entre les spécificités de la démarche universitaire et celles des entreprises des domaines professionnels de l'image numérique. Ceci m'a amené à m'investir dans la création du *RECA* (Réseau des Écoles du Cinéma d'Animation), à l'administration et à la direction de ce réseau, pour mieux comprendre l'écosystème très particulier du cinéma d'animation et des effets visuels, tout en créant avec ce dernier un lien fort et cohérent.

8.1. Une formation unique

La formation Arts et Technologies de l'Image (ATI) est une formation à l'image de synthèse 3D basant sa pédagogie originale sur une double compétence, à la fois artistique et technique. Fondée en 1984, elle forme des étudiants dans le domaine de l'image numérique 3D animée et interactive (animation 3D, postproduction, jeux vidéo, réalité virtuelle et augmentée).

La recherche de cet équilibre fragile entre art et technologie d'une part et entre théorie et pratique d'autre part a fait l'objet d'un article que nous avons écrit avec Anne-Laure George-Molland (George-Molland et Plessiet 2014)⁹⁸.

Le Cirque ATI (ATI et Plessiet 2005) réalisé pendant les cours que je donnais en Licence 3 d'Arts plastiques, parcours Arts et Technologies de l'Image, est un bon exemple de cette pédagogie originale. Cette installation était avant tout un exercice de développement informatique à visée artistique, dans le cadre d'un de mes cours

⁹⁸ George-Molland, Anne-Laure et Cédric Plessiet. 2014. « Producing Creative Artistic Projects by Grouping Students' Computer Graphics Research Topics ». In Eurographics 2014— Education Papers, Strasbourg, France, April 7-11, 2014, édité par Jean-Jacques Bourdin, Joaquim A Jorge et Eike Falk Anderson, 39-41. Eurographics Association. <https://doi.org/10.2312/eged.20141031>.

destinés à réfléchir sur une interaction possible entre un périphérique réel et un numéro de cirque virtuel. Il en résultait cinq numéros différents (Figure 59). Cette installation a été récompensée par le prix *VRIC* 2005 (prix remis lors du Salon international Laval Virtual par les organisateurs d'*IVRC* au Japon); puis nous avons concouru dans le cadre d'*IVRC* 2005 (*The International Virtual Reality Contest*) à Gifu (Japon), où cette installation a reçu une mention spéciale pour son graphisme.



Figure 59 : Un des numéros du Cirque AT1 et le dispositif réel.

Certaines briques logicielles que les étudiants ont utilisées étaient le fruit de mes développements personnels. Par la suite, j'ai continué à appuyer ma pédagogie sur certaines bibliothèques de développement que j'avais développées par le passé pour le logiciel *Unity*, comme mon module de *réseau de neurones artificiels*, ou mon module de *robot conversationnel*, ou encore mon système d'*arbre de comportement*.

Mais au-delà de l'amélioration de la pédagogie de la formation, j'ai essayé de renforcer son ancrage dans le milieu du film d'animation et des effets spéciaux.

8.2. Création du RECA et une connexion forte avec le milieu professionnel

- Rendre plus compréhensibles aux familles et aux étudiants, les différentes offres de formation française et leurs spécificités ;
- Créer un lien fort entre l'ensemble du milieu professionnel, les institutions et les organismes concernés par les logiques de formation et d'emploi dans le secteur de l'animation.

J'ai été élu au bureau pour les 4 premières années de son existence, avec Marie-France Zumofen (*L'École de l'image Gobelins*) et Dimitri Granovsky (*L'École Georges Méliès*) ; nous avons créé des liens forts avec les studios d'animation, l'AFCA, le SPFA, le CNC et les fournisseurs de logiciels et avons enfin été les animateurs privilégiés des *Rencontres Animation et Formation d'Angoulême (RAF)*.

Par la suite et à cause du règlement interne du RECA, j'ai quitté le bureau pendant deux ans (car il est interdit d'être élu plus de deux fois de suite) avant d'être à nouveau élu au bureau avec Gilbert Kiner (*ARTFX*) et Moïra Marguin (*L'École de l'image Gobelins*).

Ceci a permis à la formation ATI de créer un lien plus fort avec les professionnels du secteur de l'animation et, par exemple, d'obtenir de leur part un certain nombre de taxes d'apprentissage, de dons logiciels et matériels, ainsi que de lancer des contrats professionnalisants pour les étudiants en année de Master 2, qui concernent en 2018 plus de la moitié de nos étudiants.

Grâce à cette relation privilégiée avec le milieu professionnel, j'ai pu cerner certains besoins, ce qui m'a donné de nouvelles idées de recherche, d'enseignement, tout en confortant la philosophie fondatrice du département, à la croisée des compétences artistiques et techniques, du temps réel et du précalculé.

9. Des axes futurs

Nous avons pu voir tout au long de cette synthèse que le travail mené s'inscrit dans une réflexion à long terme. Je ne m'attarderai pas sur les évolutions à venir de mon pipeline et d'AKeNe, car elles ne sont pas en elles-mêmes un axe de recherche, mais des outils sur lesquels j'appuie ma recherche-crédation. Il est évident, que je continue mon travail sur les acteurs virtuels et mon concept de Double Autre, que ce soit dans l'étude des relations qui unissent le modèle et l'artiste numérique, ou le rapport entre acteur réel et personnage virtuel. En parallèle, j'observe une fusion de plus en plus marquée des technologies temps réel et précalculé. Je souhaite ainsi explorer en quoi ce rapprochement change le rapport de l'artiste numérique à sa création.

9.1. Interroger la relation Artiste numérique / Modèle / Création

Le rapport entre l'artiste et son modèle a profondément évolué avec l'arrivée de l'image de synthèse. Si auparavant, il y avait un accord tacite entre le modèle et l'artiste sur la pose dans lequel le sujet sera représenté, les nouvelles technologies en infographie 3D permettent à des artistes numériques de recréer une doublure virtuelle de quelqu'un et de recréer ainsi des images plausibles. Cette technique est de plus en plus fréquente, en particulier dans le domaine des effets spéciaux. Nous avons ainsi pu voir des films achevés comme *Fast and Furious 7* (Wan 2015) alors que l'acteur principal était mort.

Ceci pose un problème déontologique certain et c'est pour cela que je souhaite réfléchir sur le sujet à l'aune de ce nouveau paradigme. Comme en témoignent les entretiens présents en annexe, je tiens à intégrer le modèle dans mon processus créatif, afin de recréer ce lien de confiance tissé entre le « peintre et sa muse ». En me replongeant dans l'histoire du modèle vivant, j'ai été fasciné par des personnalités comme Kiki de Montparnasse ou Victorine Meurent. Ainsi est-il possible de créer le même type de complicité, alors que la création numérique dispense l'artiste de toute proximité avec le modèle ?

Si j'ai déjà commencé, par le dialogue et le choix de mes sujets à étudier un certain nombre de pistes, je pense par exemple qu'il est important d'étudier comment le modèle se perçoit dans son Double Autre. Ceci m'amène à intégrer une notion psychologique que j'avais auparavant laissée de côté, et j'ai déjà commencé des discussions avec des chercheurs plus au fait de ces domaines. Quel rapport ce corps virtuel entretient-il avec la cocréation artiste/modèle ? Ce corps virtuel qui s'autonomise coupe-t-il le lien qui l'unit au binôme créatif artiste/modèle ? Comment protéger le modèle et l'artiste et peut-être même le Double Autre lui-même d'un point de vue éthique, technologique et juridique ?

9.2. Acteur réel et acteur virtuel : la rencontre...

Je souhaiterais aussi approfondir mon étude des liens entre acteur réel et entité virtuelle d'un point de vue théâtral. Actuellement nous avons développé des pièces basées sur des mécanismes de Marionnette Virtuelle, ou de Golem Virtuel très primitif. J'ai occupé dans les différentes mises en scène qui ont émergé du projet *Scène augmentée* un rôle de soutien technique. En effet, je n'ai pas pris part à la création artistique en elle-même, que ce soit d'un point de vue dramaturgique, mais aussi esthétique.

Il est vrai que ce n'était pas réellement le but de ce projet, mais j'aimerais mener une cocréation théâtrale où j'aurai une responsabilité artistique plus affirmée. En effet dans les projets précédents, j'avais fourni les différents *assets* pour la mise en scène du décor virtuel, mais je n'avais pas pris part à la réalisation de ce dernier. Je souhaiterais dans le prochain projet avoir une responsabilité plastique plus affirmée et ainsi pouvoir mettre en avant mon goût pour le théâtre absurde et la peinture.

À ceci, j'aimerais intégrer des agents virtuels plus autonomes et voir s'il n'y aurait pas moyen de réfléchir à la dramaturgie en intégrant le concept d'agent narratif de Mateas (Mateas et Sengers 1999). Nous avons déjà commencé avec Georges Gagneré la réflexion autour d'une telle pièce de théâtre. Ceci alimentera ma réflexion sur les acteurs virtuels et la mise en place de verrous scénaristiques. Elle sera aussi pour moi l'occasion d'éprouver le MITMI (cf. chapitre 4.3).

9.3. Fusionner Temps Réel et Précalculé

Ces développements futurs s'intègrent à ma réflexion sur la convergence entre le temps réel et le précalculé que nous sommes en train de constater. En réalité, il y a une véritable correspondance entre mes recherches appliquées au théâtre numérique, la prévisualisation sur plateau et le développement de jeu vidéo.

Je réfléchis d'ailleurs à un projet de grande ampleur qui sera la continuité du projet *OutilNum*, appliqué au jeu vidéo, mais qui mettrait en avant les pratiques d'improvisation théâtrale que j'ai pu observer en collaborant sur le projet *La Scène augmentée*. Ma question est la suivante : peut-on prototyper l'intelligence artificielle d'un personnage non-joueur de jeu vidéo à partir d'impromptus joués par des acteurs et un metteur en scène ?

Ainsi, des différents échanges entre les comédiens, nous pourrions élaborer un arbre de comportement pour générer des agents narratifs. J'ai déjà commencé à réfléchir au projet dont le nom sera *(A)sylum* et noué les contacts avec des entreprises privées. Je souhaiterais maintenant créer des connexions avec des équipes de recherches en informatique afin de monter une proposition de projet transdisciplinaire.

Conclusion

L'approche que j'ai présentée dans cette synthèse est à la croisée entre art et technologie. C'est d'ailleurs en toute logique que j'ai intégré ATI. Ainsi, je conçois mon travail plastique en dialogue avec mon travail informatique. Je conçois l'ordinateur comme un outil qui me permet de matérialiser mon imaginaire. En effet, mon rapport à l'ordinateur m'a amené à envisager mon rapport à l'outil informatique comme un triangle créatif avec pour sommets l'artiste, l'ordinateur et le spectateur. Dans cette figure, l'œuvre se trouve à la croisée des trois sommets.

On a pu y lire que la problématique des personnages virtuels m'occupe l'esprit bien avant ma carrière d'enseignant chercheur. J'ai été amené à conceptualiser un nouveau modèle pour les acteurs virtuels qui permettrait de classer et de comparer ces différentes entités virtuelles. Je présente une analyse de ces entités basées sur l'origine interne ou externe des deux concepts « mouvement » et « décision ». Ainsi, nous avons les Marionnettes Virtuelles dont l'origine du mouvement et l'origine de la décision sont exogènes ; les Golems Virtuels qui sont à l'origine de leur mouvement, mais qui obéissent aux ordres ; les Acteurs Virtuels qui sont à l'origine à la fois de leur décision et de leur mouvement ; et le Masque Virtuel qui, bien qu'à l'origine de la décision, ne dispose pas de capacité de mouvements et doit donc interagir avec d'autres entités.

J'ai ainsi exploré le personnage virtuel et développé le concept de Double Autre, c'est-à-dire une entité virtuelle à l'image d'une personne réelle et confrontée à mon imagination et au comportement que je lui donne. Par cette exploration, j'ai commencé une série de portraits, créant des Doubles Autres de personnes proches et utilisant une interaction comme un moyen d'exprimer le lien qui m'unit à mon sujet. Il en résulte une série de tableaux parfois tendres, parfois humoristiques ou parfois les deux.

Ces créations m'ont amené à développer un pipeline qui me permet de générer rapidement des personnages à partir d'une numérisation de leur visage. Certaines parties sont totalement automatisées, alors que d'autres laissent encore une

part importante à l'artiste. Ainsi, bien qu'une grande partie du travail soit déportée sur des logiciels et algorithmes, je conserve une approche sensible sur ma création.

Si mes portraits sont encore dans une logique de séparation entre le monde réel et le monde virtuel, je mène des expérimentations en mettant en présence le spectateur avec un personnage virtuel, par le truchement d'un dispositif de réalité virtuelle. C'est ainsi que j'ai réalisé l'œuvre *Lucky*, hommage à la pièce de théâtre *En attendant Godot* de Samuel Becket. Je suis, en outre, en train de réaliser une œuvre, *La Geôle*, un autoportrait qui met en parallèle un Acteur Virtuel à mon effigie qui essaie de gérer ses émotions.

Tous ces travaux interrogent la frontière entre monde virtuel et monde réel et m'ont amené à me positionner par rapport au concept de Vallée de l'étrangeté de Mori, bien que je lui préfère le concept de Plausibilité. À partir de cette observation, il devient important pour moi de créer une Bulle de Plausibilité autour de l'œuvre afin de ne pas briser la suspension consentie de l'incrédulité dans lequel se trouve le spectateur. Ceci m'amène à définir de nouveaux mécanismes que j'ai appelés Verrous scénaristiques, parmi lesquels le Meta Golem et l'effet Perceval. J'y ai aussi vu l'occasion de définir un nouveau modèle d'interaction, le modèle MITMI, une réécriture de l'interaction médiatisée, qui repositionne l'humain au cœur du dispositif interactif.

J'ai été amené à travailler sur les problématiques de prévisualisation sur plateau à destination du cinéma dans le cadre du projet *OutilNum*. Le prototype développé permet de faire interagir en temps réel, acteur, metteur en scène, acteur immergé et figurant virtuel semi-autonome. Ce projet m'a permis de mettre en place un ensemble d'outils informatiques et logiciels intégrés dans ma bibliothèque AKeNe, mais aussi de comprendre l'importance de la mise en scène et de l'acteur réel.

De plus, je me suis très rapidement rapproché de la performance, puis du théâtre. J'ai donc travaillé avec l'artiste et performeuse Maflohé Passedouet, puis j'ai développé ce que j'appelle la performance-conférence, dans laquelle j'interagis avec des Golems Virtuels. Mais c'est au cours de mes Projets Idéfi-Créatic que j'ai pu commencer à collaborer avec des spécialistes du théâtre et en particulier Georges Gagneré. Il s'en est suivi un long travail pour adapter mes outils à la pratique théâtrale, puis de faire se rencontrer chercheurs et artistes afin de mener une véritable recherche

transdisciplinaire. Par cette rencontre, nous avons commencé par définir un langage commun, puis nous avons développé des outils pour rendre accessibles à des metteurs en scène l'outil informatique et les Marionnettes Virtuelles.

Tous ces développements ne peuvent que s'appuyer sur une bibliothèque de programmation. C'est ainsi que j'ai développé AKeNe, tout d'abord dans une démarche personnelle, puis avec l'envie de voir d'autres personnes s'en emparer. Ceci m'a obligé à réfléchir l'architecture de ma bibliothèque. Et c'est ainsi, avec plaisir, que j'ai pu voir Georges Gagneré et par la suite Anastasiia Ternova s'en emparer et l'utiliser comme support pour les cours de théâtre et leurs créations.

Cependant, ces développements informatiques ne sont que des outils dans une recherche artistique, où j'interroge ma relation au sujet que je recrée. Dans mes travaux futurs, je compte étudier ce nouveau triangle où l'artiste et le modèle, voient leur création conjointe leur échapper. Ceci pourrait faire l'objet d'une création théâtrale où acteur réel et acteur virtuel créeraient une nouvelle forme d'improvisation dont les applications pourraient aller au-delà de la scène pour devenir un outil de prototypage pour d'autres domaines d'application.

Annexe

Entretien avec les utilisateurs d'AKeNe

Comme nous avons pu le lire tout au long de cette synthèse, AKeNe a pour vocation d'être utilisé et modifié par d'autres collaborateurs, afin que chacun fasse évoluer cette bibliothèque en fonction de leur besoin artistique. Si je tiens bien sûr à assurer la logique générale de ce framework, je ne veux surtout pas devenir, le technicien pour d'autres artistes, c'est pourquoi je fais évoluer AKeNe dans le sens qui correspond à mes recherches, je suis particulièrement intéressé à voir comment d'autres personnes se sont emparées de mes outils informatiques pour au final créer le leur.

Entretien avec Georges Gagneré

*Georges Gagneré, avant de devenir l'un des contributeurs majeurs d'AKeNe, avait déjà travaillé par le passé avec des chercheurs en informatique sur des sujets comme la réalité augmentée avec Christian Jacquemin entre 2009 et 2011 sur le projet *Toute la lumière sur l'ombre* (Jacquemin et Gagneré 2007a, 2007b), sur la téléprésence en 2012-2013 avec A. Simonet (Gagneré et Simonet 2014) avec le projet *Télélectures*, sur la direction d'acteurs virtuels avec Rémi Ronfard entre 2014 et 2015 *Variations sur « La Ronde »* et sur l'interaction entre acteurs physiques et avatars avec *ParOral* entre 2015 et 2016 (Barbulescu et al. 2014), avec Catherine Desainte. Il a, de plus, déjà participé à un projet ANR de conception d'outil à destination du théâtre comme le logiciel *ISCORE* de Patrick Natkin.*

Pourquoi as-tu décidé d'utiliser l'ordinateur dans ta pratique théâtrale ?

J'ai décidé d'utiliser l'ordinateur dans ma pratique théâtrale dès mes premiers spectacles en 2000. Il s'agissait initialement de proposer au spectateur une représentation de l'humain dans un environnement scénique hybridant monde physique et réalité virtuelle en prenant en compte des projections de la présence physique de l'acteur dans la réalité fluide et augmentée de l'espace numérique.

Y a-t-il des points communs entre la direction d'acteur et la direction d'avatar ? Et des différences ?

Je dois dire qu'il faut utiliser avec précaution la notion de « direction d'avatar », que j'emploie pourtant régulièrement pour désigner la construction d'actions scéniques théâtrales avec un avatar. Cette notion dépend complètement de la nature de l'avatar que l'on souhaite diriger. Parlons-nous d'une marionnette, d'un golem ou d'un acteur virtuel ?

Je n'ai malheureusement travaillé jusqu'à présent qu'avec des marionnettes virtuelles, qui dépendaient entièrement d'une collaboration avec un mocapteur (l'acteur porteur de la combinaison de capture de mouvement) et un manipulacteur (collaborateur à la manipulation avec des périphériques spécifiques).

Je ne dirige donc pas directement l'avatar, mais les deux acteurs qui le pilotent, de manière complémentaire, avec deux accès différents (mocap et périphériques déportés).

Dans ce contexte, la direction de l'avatar n'est pas vraiment différente de la direction « directe » d'un acteur à l'exception de deux points

1) la compréhension de la double nature de l'avatar, à la fois contrôlée par un dispositif de mocap et générant une expressivité spécifique liée sa nature numérique : cela induit une collaboration étroite avec l'artiste numérique qui a conçu l'avatar et l'exploration des potentialités d'interfaçage du corps humain (dans une perspective différente que lorsque l'on s'adresse au seul acteur physique). J'ai d'ailleurs principalement travaillé sur l'expressivité du corps et très peu sur l'expressivité du visage.

2) la prise en compte de la relation entre l'espace 3D numérique habité par l'avatar et l'espace physique de la scène, les deux espaces formant une réalité mixte qui implique des protocoles non intuitifs de projection de la présence humaine.

Comment as-tu vécu le passage de non-technicien, à l'utilisateur puis à celui de Power User, puis actuellement développeur ?

C'est un apprentissage qui prend beaucoup plus de temps que je ne l'imaginai, probablement aussi parce que je l'ai fait tardivement, avec de fortes contraintes temporelles et avec une méthodologie empirique.

La dimension la plus stimulante de cette transformation est de se rapprocher du point de vue de l'artiste numérique sur la création et la manipulation des avatars. C'est ce désir et la richesse du travail de Cédric Plessiet et son ouverture transdisciplinaire qui m'ont poussé à aller jusqu'à la dimension de développement. C'est un chemin difficile, car cela suppose de s'approprier une manière spécifique de construire les matériaux créatifs. Mais je n'avais pas vraiment le choix si je voulais atteindre mon objectif de compréhension du nouvel ensemble technique, au sens de Gilbert Simondon, qui suppose la création d'un acteur virtuel.

Est-ce que l'utilisation d'avatar 3d a modifié ton rapport au théâtre ?

Cela a profondément modifié mon rapport au théâtre dans le sens d'une ouverture extraordinaire de ses potentialités expressives, notamment dans la direction du rapport fondamental de l'être humain à son environnement culturel et technique immédiat.

En quoi le temps de l'outil numérique et le temps du théâtre diffèrent ?

Je ne pense pas qu'il soit possible de comparer deux pratiques aussi éloignées, si on entend par théâtre une pratique traditionnelle avec des acteurs physiques dans un processus de production bien rôdé. C'est comme si l'on voulait comparer la fabrication d'une pièce, d'un film ou d'un jeu vidéo. En revanche, sur le plan de l'avatar, on peut dire qu'il faut aborder la réactivité des matériaux numériques de manière adéquate à leur nature et non pas comme si l'on travaillait avec des acteurs physiques. Ce dont il faut bien prendre la mesure, c'est avec quoi l'on souhaite travailler sur le plateau et la contrainte qui en découlent. C'est aussi pour bien mesurer ces contraintes que j'ai abordé la dimension de programmation des outils créatifs. Travailler avec un comédien en apprentissage, prendra plus de temps qu'avec un comédien bien formé. C'est la même chose avec un prototype d'avatar en cours de construction.

Y a-t-il des comportements ou des méthodologies que j'ai mis en œuvre et que tu n'as pas encore compris, ou acceptés

Je dois dire que je suis toujours en apprentissage par rapport à l'utilisation des outils et donc je n'ai pas vraiment de recul critique sur le processus actuellement en cours.

Ce qui me semble le plus compliqué à saisir est la dimension concrète d'AKeNe. Cela est probablement dû au fait que tu n'as pas encore eu le temps d'en faire une documentation « grand public » en dehors des méthodes de documentation propres aux informaticiens et qui me sont encore inaccessibles étant donné mon très faible niveau en code. La difficulté est aussi liée à la distance que tu souhaites garder entre AKeNe et un environnement de développement comme celui d'Unreal4, qui contient de son côté de nombreux outils directement utilisables.

À l'opposé, t'es-tu approprié certaines des méthodes de travail que j'ai mises en œuvre ?

J'ai beaucoup appris sur deux aspects : ton utilisation d'un outil comme Unreal4 et la méthodologie que tu déploies étape par étape pour t'approprier l'outil. Dans bien des aspects du logiciel, les déclics de compréhension m'ont été transmis par une observation méticuleuse de ta pratique.

Le second point est l'approche philosophique sous-jacente au projet AKeNe : une approche générique des outils dans la perspective d'élaborer un langage d'écriture créative.

AKeNe a progressé au fur et à mesure de nos travaux, son architecture n'est d'ailleurs pas totalement stabilisée, en quoi ceci a affecté ton travail ?

Le démarrage d'une première version d'AKN_Core pour le pilotage des avatars a été déterminant pour la compréhension des mécanismes de contrôle d'un avatar dans Unreal4. Cette première version m'a permis de redévelopper de manière autonome un équivalent de ces outils AKeNe, mais avec les briques logicielles fournies par Unreal4. Cela m'a permis de ne pas te surcharger dans ton travail de refonte d'AKeNe par rapport à tes besoins personnels liés à la création des Doubles-Autres. On peut donc dire que la dimension work in progress actuelle d'AKeNe m'a incité à

acquérir des compétences de développement pour avoir un minimum d'autonomie sur des fonctionnalités simples du contrôle d'un avatar en tant que marionnette virtuelle.

Qu'attends-tu comme évolution dans AKeNe ?

J'attends une documentation plus précise de la manière d'être AKeNe compatible dans les développements et bien sûr un retour sur les développements personnels que j'ai fait avec le module AR3_Regie.

J'attends une validation des modalités de construction d'une bibliothèque d'avatars complexes, ainsi que le mode d'emploi d'utilisation des briques d'AKeNe dédiées à l'utilisation complexe d'avatars type golem ou acteur autonome.

Penses-tu que certaines de vos techniques théâtrales pourraient profiter à nos méthodologies de travail ?

Il me semble que le point de croisement des pratiques le plus intéressant se situe dans la dynamique d'augmentation temps réel des capacités expressives d'un avatar. Il s'agit ici d'impliquer des comédiens pour manipuler un avatar et obtenir des effets intéressants pour un spectateur qui regarde le processus, comme nous le pratiquons au théâtre. Cela suppose de construire l'avatar en partie comme un instrument complexe jouable par des comédiens avec une effectivité narrative sur les sensations d'un spectateur. La perspective n'est donc pas d'atteindre une représentation réaliste de la présence humaine, mais de construire une présence plausible et non forcément réaliste, qui nourrira l'imaginaire d'un spectateur.

L'observation d'attente de la manière dont un acteur et un metteur en scène travailleront dans ce contexte et demanderont des outils adaptés à leur pratique pourront éventuellement donner des pistes pour construire la plausibilité expressive des avatars et la possibilité d'en *commencer* la simulation dans le cadre d'avatar de type golem.

Entretien avec Anastasiia Ternova

Étudiante de l'Université Paris 8 (filière : Théâtre. Histoire et création, master), originaire d'Ukraine. Ses domaines de recherche portent sur l'utilisation des technologies modernes dans le théâtre (en particulier la captation de mouvements à vie), la création de performances, interprétation, jeu, écriture, contes de fées, traduction. Elle est devenue par la force des choses la première utilisatrice de « seconde main » d'AKeNe puisque c'est Georges qui lui a appris à utiliser le dispositif. Elle est actuellement en train de monter son projet de Master 2 en s'appuyant sur les derniers développements de ma bibliothèque.

Pourquoi as-tu décidé d'utiliser l'ordinateur dans ta pratique théâtrale ?

Au début (en 2007), c'était une décision inconsciente, qui est venue naturellement, car l'ordinateur est un outil puissant, qui permet de résoudre facilement un grand nombre des questions liées au théâtre (créer un fond sonore du spectacle, des effets vidéo, qui renforcent l'impact visuel d'un spectacle, faire une affiche, ou planning pour l'équipe, etc.).

En 2017 au fil des cours de Georges Gagneré sur utilisation de l'avatar dans le théâtre je me suis rendu compte que l'ordinateur n'est pas mon « esclave », mais une source infiniment riche de créativité. Peu à peu la curiosité s'est transformée en recherches pratiques. Mes explorations ne ressemblaient pas à ce que je voyais chez mes collègues, alors, j'ai décidé de faire une mise en scène avec les avatars pour donner la voix à un autre point de vue.

Sinon c'était aussi grâce à la passion électrique de Georges Gagneré et Cédric Plessiet et leur énergie contagieuse (dans le meilleur des sens), qui force d'apporter la conscience dans cette question et inspire fortement.

Y a-t-il des points communs entre la direction d'acteur et la direction d'avatar ? Et des différences ?

Oui. Pour moi l'essentiel dans la direction de l'acteur et de l'avatar est la possibilité de garantir (à 98 %) le résultat stable, qui sera à chaque fois frais et inattendu pour le spectateur. Alors, il faut (je banalise un peu) :

1) comprendre le fonctionnement de l'acteur,

2) trouver une langue commune,

3) préparer la scène,

4) trouver un moyen de garder la scène sans ni perte du résultat ni perte de la possibilité de l'enrichir par des moments d'improvisation.

Ces phases se passent des manières différentes pour les comédiens physiques et les avatars, certainement, mais en gros c'est pareil. Le travail avec les acteurs physiques implique plus des connaissances psychologiques et physiologiques, les avatars demandent beaucoup des connaissances technologiques et numériques. Mais dans les deux cas il faut de la patience, de l'observation, de l'attention, du respect, de l'adaptation, de la rigueur, de la capacité de transmettre correctement tes idées et de la capacité de rendre un degré de la liberté... et de l'intuition.

Non. Le rôle du Comédien est un élément très ancien du théâtre, on a du mal à imaginer le théâtre sans un acteur. L'avatar est un élément nouveau. Il a besoin permanent de l'acceptation par l'équipe du spectacle, ainsi que par les spectateurs, dès fois de la protection aussi. Cela donne un peu le côté du mouvement des Lumières et « civilisateur ».

Comment as-tu vécu le passage de non-technicien, à l'utilisateur puis à celui de Power User, puis actuellement développeur ?

J'étais très curieuse par le côté technique du début. Surtout par la mocap. Un jour j'ai compris que pour faire n'importe quel test j'ai besoin du minimum d'autonomie dans la connexion de la mocap à l'ordi et dans la programmation et donc, je suis obligée de passer derrière la machine. Mais quand j'ai passé finalement, je n'arrivais pas à croire, que cela se passe en vrai, parce que je n'avais jamais imaginé, que ma vie sera liée à la programmation et le monde virtuel. Je n'ai pas remarqué le moment du passage au Power User. Mais cette définition me plaît énormément et cela donne envie de continuer.

Est-ce que l'utilisation d'avatar 3d a modifié ton rapport au théâtre ?

Oui. Le travail avec l'avatar, ainsi avec monde virtuel visualise vite les résultats d'apprentissage ainsi que le fait que tu restes toujours incompetent dans certains domaines, oblige aussi d'être constamment créatif et débrouillard. Cela pousse à reposer la question sur les mécanismes de fonctionnement d'un acteur, d'un spectateur, du théâtre, pousse à chercher de nouvelles méthodologies du travail, à être attentif et inventif.

De l'autre côté, personnellement pour moi le découvert du monde des avatars m'a donné envie à faire une mise en scène et le rôle de metteur en scène c'est par défaut un rapport différent, que d'un participant du spectacle, qui est responsable que pour sa partie du travail.

En quoi le temps de l'outil numérique et le temps du théâtre diffèrent ?

Le temps de l'outil numérique et le temps du théâtre sont pareils. Pour le regard extérieur le produit final d'un outil numérique ou du théâtre est quelque chose très simple, qui est fait assez vite et sans trop des soucis. Mais en réalité dans les deux cas il faut passer le temps immense de préparation.

Tous les malentendus, qui existent maintenant entre l'avatar et le théâtre sont produits par l'absence de l'habitude de travailler ensemble, absence du protocole claire de l'installation, manque du temps pour faire des recherches, manques du respect entre les artistes de théâtre et les artistes numériques, manque de compréhension de la notion « work in progress ».

Y a-t-il des comportements ou des méthodologies que j'ai mis en œuvre et que tu n'as pas encore compris, ou acceptés

Par défaut j'accepte tous les comportements et les méthodologies, qui sont mis en œuvre, mais j'avoue que je ne les comprends pas encore à cent pour cent.

Je trouve que le travail qui a été fait sur la création et intégration d'AKeNe est véritablement génial. Perception Neuron est vraiment la meilleure solution pour l'instant pour des besoins de théâtre entre 4, qui ont été testés. Le dispositif qui a été créé est très élégant, puissant, intelligent, agréable à jouer avec. Et ce qui est important paraît assez « naturel » pour les utilisateurs, cela parle de sa qualité. Le système des notions aussi.

Le Git, Trello, FTP, etc. c'est certainement très pratique pour des questions numériques. Je ne sais pas à quel point cela serait adaptable pour les artistes de théâtre, car pour l'instant la majorité d'eux n'est pas habituée à s'adapter vite aux programmes, dont utilisation est un peu plus complexe que niveau « intuitif ».

À l'opposé, t'es-tu approprié certaines de nos méthodes de travail que j'ai mis en œuvre et qui ont

Personnellement, je suis devenue fan de tiki, Trello, git et FTP.

Probablement, qu'il est assez dangereux de partager les gens sur les « théâtres », « programmeurs », etc. c'est une extrémité, qui pourri les cerveaux par des idées, qu'un praticien de théâtre n'est pas capable de se repérer avec une machine, qu'un artiste numérique veut voler le travail de l'acteur et autre genre de mensonges. Certainement, le professionnel dans son domaine est une figure unique et non remplaçable. Mais enfin, on a besoin de tester les métiers différents pour avoir le minimum d'autonomie et pour respecter le savoir-faire des autres. Utiliser une méthodologie d'un autre domaine enrichit considérablement le résultat.

AKeNe a progressé au fur et à mesure de nos travaux, son architecture n'est d'ailleurs pas totalement stabilisée, en quoi ceci a affecté ton travail.

C'est très encourageant d'être en contact permanent avec le programmeur, de savoir, que tu puisses demander d'implémenter une nouvelle fonctionnalité ou d'être épaulé dans quelque chose, que tu ne comprends pas. Sinon la passion avec lequel se passe le développement d'AKN-Regie prépare toujours des surprises très agréables pour un utilisateur ou Power User, qui donne envie d'explorer les capacités du plug-in.

Qu'attends-tu comme évolution dans AKeNe ?

Immersion. La création des spectacles entre le théâtre et un jeu.

Un avatar avec intelligence artificielle.

Passage de la conscience de l'acteur dans l'avatar et à l'inverse. Les voyages du spectateur dans le monde virtuel avec ou sans une histoire qui se développe en temps réel en accompagnement d'un avatar et d'un acteur immergé.

Utilisation dans le système d'éducation, comme un moyen d'étudier toutes les matières nécessaires dans un seul flux avec immersion totale.

Dans dix ans.

Penses-tu que certaines de vos techniques théâtrales pourraient profiter à nos méthodologies de travail ?

Oui ! Je crois, qu'à part théâtre dramatique le dispositif peut bien entrer aussi dans les pratiques d'opéra et du ballet.

Et pour les méthodologies globales, je trouve que numérisation d'organisation est inévitable. Mais il faut le comprendre et il faut prendre du temps pour apprendre à utiliser ces méthodologies. Apprentissage du monde numérique, c'est comme apprentissage d'une autre langue.

Entretien avec les modèles du Double Autre

Si auparavant tout portrait se faisait dans un accord réciproque entre la muse et l'artiste ; l'outil informatique permet de créer des doubles virtuels très réalistes et ce sans forcément le consentement du sujet. Je souhaite réintégrer ce dialogue. C'est pourquoi je considère comme nécessaire d'intégrer la personne qui va être modélisée dans le processus créatif, afin de ne pas le trahir et créer une confiance réciproque. Ceci sera un de mes axes de recherches futurs.

Entretien avec Kelly Mezino

Kelly Mézino, jeune auteure de 26 ans est aussi comédienne, chanteuse et metteuse en scène, actuellement en Master 2 arts du spectacle, parcours Scènes du monde, histoire et création à l'Université Paris 8. Pratiquant les arts du spectacle depuis ses quatre ans, de manière amateur, elle réalise des performances vocales dans les restaurants et hôtels. Parallèlement à ces activités, Kelly Mézino continue de se produire de temps à autre en tant que chanteuse, joue dans certaines pièces qui lui sont proposées et anime l'émission artistique de l'UFR ARTS, Studio 84. Elle m'a énormément aidé à prototyper les premières versions du pipeline de création de Double Autre. Nous continuons ensemble des expérimentations pour l'animation faciale.

Pourquoi as-tu accepté de te prêter à l'expérience ?

L'expérience me paraissait stimulante. J'adore découvrir de nouvelles pratiques, de nouveaux domaines. Aussi, l'aspect recherche m'a paru intéressant à titre personnel, car j'aime me connaître autrement ; j'aime chercher à me connaître. L'expérience m'a semblé être un bon moyen de prendre de la distance vis-à-vis de mon image aussi, afin d'avoir un retour plus réel sur ce que je suis, ce que je renvoie ; au-delà d'une appréciation subjective et/ou trop fantasmée du regard de l'autre. La mise en scène de soi devait avoir moins de prise, me semblait-il. Et moi-même, je pourrais voir, en dehors de moi, mes traits, mes caractéristiques.

As-tu des expériences de modèle, nu, ou habillé, pour un peintre un photographe ou un sculpteur ?

Oui, j'ai plusieurs expériences en tant que modèle photo, dessinateur et sculpteur, mais à titre amateur.

Pour toi, est-ce que le processus est semblable ? Ou au contraire différent ?

J'ai l'impression que le point de départ, l'envie et l'idée du jeu que cela peut représenter sont du même ressort. Ensuite, cela s'est peu à peu transformé, car il ne s'agissait pas uniquement de faire image. Cela m'a paru comme une enquête, une véritable recherche de ce que je suis. Alors que dans l'image, ou la représentation en dessin ou sculpture, il s'agit davantage, avec la dimension manuelle, d'obtenir une version de moi composée de ressentis et de perception personnelle, de la mienne, de l'artiste, de ce que je donne volontairement de moi. Là est la différence donc, car avec le scanner, j'ai a priori moins le choix de ce que je donne. Je me suis sentie plus disposée et paradoxalement, plus en danger, exposée. Le processus de recréation de moi imposait une honnêteté et un lâcher-prise que je ressens moins lorsque je suis modèle photo par exemple.

Quels sont les sentiments que tu as ressentis pendant la numérisation de ton visage ?

Lors de la numérisation de mon visage, j'étais impatiente et effrayée. J'avais envie de me reconnaître et en même temps, j'avais envie de voir quelqu'un, quelqu'un d'autre, qui n'est pas celui que je regarde dans le miroir. J'étais partagée et le suis encore, je crois. Je veux me voir et voir ce qu'il y a pourtant de différent en moi. Ce qui ressortira peut-être malgré moi davantage. Et qui fera que l'on pourra se dire que c'est bien moi.

Quels sont les sentiments que tu as ressentis en voyant les premières étapes du processus de la fabrication de ta tête virtuelle ?

Aux premières étapes, j'étais surprise et intriguée. Je n'avais pas réellement de point de vue, je m'appropriais moins ce travail, car je me sentais simplement au service du concepteur. De plus, ne connaissant pas les subtilités de l'outil et de la création 3D, certains éléments me paraissaient étranges et j'accusais simplement les

différences visibles de la virtualité. Je me suis mise à m'intéresser au processus pour comprendre comment était fait mon visage et l'ai pris comme un jeu ; à savoir comment suis-je constituée ? Comment me reconstituer ? Comment crée-t-on un visage ? Qu'est-ce qu'un visage ? De voir les étapes m'a vraiment rendue curieuse et fait, disons, philosopher, sur le réel et sur la création.

Qu'as-tu ressenti lors ce que je t'ai soumis ma première version de ton corps 3D ?

Lorsque j'ai vu mon corps, j'ai ressenti quelque chose de différent et de moins perturbant. Aussi, de moins curieux. J'ai un rapport particulier à mon corps, qui est davantage un outil et exposé au quotidien. Mon corps raconte moins que mon visage, que mon regard, je crois. Je le ressens comme ça et l'ai donc vu comme une version de moi, partielle. Plutôt flatteuse d'ailleurs. Car je suis dans mon corps comme une femme, qui séduit et qui joue de cela sur scène. Mon corps en tant que tel est juste un vecteur de sentiments et de sensations, le voir en 3D m'a permis de me rendre compte d'une certaine image qu'il pouvait avoir. La seconde étape, plus technique, dans l'analyse, en vue d'une recherche de correspondance parfaite m'a fait voir les « défauts » de la 3D et la limite du regard du créateur ; je n'ai pas fourni d'images réelles de moi et à l'aveugle, mon corps habillé, ne permettaient pas de se rendre réellement compte des subtilités, volumes, lien entre les différentes parties. La structure 3D impose aussi une posture qui m'a posé question. Je crois n'avoir jamais cette neutralité, mis à part en échauffement sur scène. Peut-être que ce corps vide d'intentions m'a juste paru « intéressant ». J'ai pris beaucoup de distance avec le processus de création du corps, davantage d'ailleurs, que pour celui du visage.

En quoi peux-tu dire que ce personnage te représente ?

Ce personnage me représente, car il a les mêmes caractéristiques que moi et que plusieurs personnes ont cru que c'était moi (je pense particulièrement au portrait avec les gants que j'avais posté sur le réseau Facebook) ; et aux fois où des étudiants inconnus disaient « me connaître », alors qu'ils avaient uniquement travaillé avec mon avatar dans le cadre de leurs cours. Les idées de ressemblances et de vraisemblances poussent le regard à assimiler l'image, pour la rapprocher d'une image connue ; nous avons naturellement besoin de reconnaître, besoin d'identifier. Ce personnage me

représente, car les autres le disent et le ressentent ainsi. Il me représente parce qu'il a (presque) tout de moi. Et que j'ai pu créer un lien avec lui. Pour lui donner a priori tout ce qui me compose.

Au contraire qu'est-ce qui te différencie de cette personne virtuelle ?

Ce qui me différencie, c'est, je crois, la vie. Cela peut sembler évident, mais je crois que vis-à-vis de cette structure irréaliste, je suis en mouvement, en évolution, en permanent changement. Cette personne virtuelle est donc uniquement un aspect de moi à un moment T (ou à plusieurs, en fonction des étapes) et n'a pas la liberté que j'ai. J'aime à penser, poétiquement, qu'elle existe vraiment dans une dimension parallèle et qu'elle fait son propre chemin.

As-tu senti une différence, entre voir ton Double Autre dans un portrait fixe ou dans un portrait interactif ?

Oui. Le portrait fixe demande davantage d'attention, le personnage virtuel étant en pose. Je me retrouve dans l'idée d'image que j'évoquais plus avant. En mouvement, avec ma voix, le personnage prend plus part à la réalité et les réactions des publics poussent à une forme d'empathie et de reconnaissance. Il s'agit de ma voix, donc, les réactions sont vis-à-vis de moi. Étrangement, j'ai développé une volonté de lui ressembler, quand elle rit, quand elle bouge, quand elle danse. Ses mouvements m'ont paru intéressants, j'ai la volonté de les tester sur moi. Pour voir ce que cela me fait et si nous sommes réellement pareilles.

Lors de la conception de mon « Double Autre », l'artiste et moi avons oublié mon tatouage. Mon tatouage est dans mon dos et en y réfléchissant bien je me rends compte parfois que je l'oublie moi-même. Cela m'est déjà arrivé d'être surprise lorsque des personnes me le signalent, ou que le haut se voit et que l'on me demande de le voir en entier. Je me dis « Ah oui, c'est vrai ! J'ai un tatouage » et dois me ressouvenir du moment où je l'ai fait et de ce qu'il signifie pour moi, car l'on me pose la question. Je crois finalement qu'il fait tellement partie de moi que je ne le remarque plus. Ou alors qu'il ne m'appartient pas réellement et que c'est ce qui provoque la distance que j'ai avec lui. Lorsque je l'ai fait, j'avais 18 ans. Une amie me l'a offert. Elle avait dessiné le modèle à partir de croquis que j'avais fait et le tatoueur avait lui aussi réinterprété quelque peu le dessin. Ce tatouage est donc la somme des visions de 3 personnes,

avec l'idée qu'il me représente pourtant. J'ai voulu une fleur et un chapeau, car je me vois comme ambivalente et contradictoire. Un autre signe sur mon corps rejoint cette idée, mon pentagramme, sur l'avant-bras gauche, que j'ai réalisé seule, en scarification ; il est censé signifier le chaos et l'espoir, en fonction du sens dans lequel on le regarde, la puissance et l'énergie féminine. Lui aussi, nous l'avons oublié (et mes tâches de naissance). Ces signes sont personnels et intégrés à mon corps et je crois que je n'ai pas pensé à les souligner, car ils sont simplement distinctifs pour moi et lorsqu'on les remarque, lorsque les gens les remarquent, pour les autres. Mais, est-ce des signes que les gens gardent en mémoire pour définir une partie de moi ? Je ne crois pas. Et, je crois que cela peut aussi créer une distance et donc l'oubli. Je vis avec ces signes et ne souhaite pas « les mettre en avant ».

Je crois aussi que l'oubli peut venir du rapport que l'on entretient dans ce travail, à mon intimité. L'artiste n'a pas souhaité, il me semble, aller trop loin dans le rapport à ce corps, qui est resté imaginaire et interprété. Donc, parce que nous restons dans la découverte et dans un rapport relationnel, d'échange et de confiance, ces éléments ont moins compté à l'origine ; ils ne me définissaient pas ; et moi-même, je ne m'étais pas sentie dépossédée de quelque chose, ou à souligner ce défaut de ressemblances entre mon « Double-Autre » et moi. Je ne m'en suis tout simplement pas rendu compte, parce que mon « Double-Autre » n'est pas moi et que je n'ai pas cherché la reproductibilité réaliste. Il me ressemblait assez, comme j'ai pu l'évoquer avec mes réponses précédentes sur mon rapport à lui. Et cela me semblait bien suffisant. Si j'avais envoyé des images de référence où j'étais nue ou en partie, l'intérêt aurait été suscité. Et je ne sais pas dans quelle mesure j'aurais pu, même inconsciemment, bloquer cet accès à moi. Ne pas évoquer ces signes marquants pour ne pas parler davantage de moi et de mon histoire ? Pour rester dans l'idée d'une représentation de moi, interprétée et nuancée donc, par le regard de l'autre ? Pour ne pas me livrer totalement ?

Les pistes restent encore à creuser.

Existe-t-il encore un lien entre ce Double Autre et toi ?

Je ressens une connexion avec ce personnage virtuel. C'est moi, figé dans le temps. Une partie de moi et de la vision du concepteur, qui cherche à prendre vie. Elle

n'est pas moi, mais elle cherche à me ressembler et moi aussi. C'est assez curieux ce concept, ces allers-retours... Je n'ai pas encore toutes les réponses.

Quelle importance accordes-tu à l'ensemble des échanges que nous avons eus au cours de la réalisation de l'œuvre ?

Les échanges ont d'abord été difficiles pour moi, même si j'étais curieuse. J'avais l'impression de devoir donner toutes les réponses, alors que moi-même j'étais en recherche et que je croyais en la richesse du point de vue extérieur, de cette idée de subjectivité du créateur. Je laisse les autres faire ce qu'ils veulent de moi, penser ce qu'ils veulent, sans trop être dans le contrôle. Les échanges au début étaient amusants et intéressants, mais j'avais envie d'une véritable distance et ne comprenais pas pourquoi je devais prendre part au processus. Cela créait beaucoup de sentiments paradoxaux. Ensuite et très vite, je me suis mise à aimer contribuer à cette création. À aimer échanger à propos d'éléments de moi, dans une recherche de réalisme. Le Double-Autre, la conceptualisation et les échanges plus élaborés m'ont fait me rendre compte de ce que cela pouvait impliquer et comme j'aime me poser des questions, cela s'est avéré très enrichissant. Aussi, je ne sais pas comment j'aurais réagi si je n'avais pris part à rien et que le créateur m'avait « ignoré ». Je dois encore répondre à plusieurs sensations vis-à-vis de ce travail. Les questions de confiance, d'intimité et de volonté de découverte me viennent ; je crois que j'ai été rassurée. Pour l'œuvre, cela était sans doute nécessaire.



Entretien avec George Gagneré

Georges Gagneré a été à l'origine du premier portrait de Double Autre présenté au public, pour « Ca Bug dans les rotations ». Lors de la réalisation de cette œuvre, je ne lui avais demandé que de me fournir un certain nombre de phrases à enregistrer. Ainsi il n'avait aucune idée du résultat final lorsqu'il a vu pour la première fois son Double Autre s'animer, il m'a fait part de nombreuses remarques, idée et amélioration pour une version future et je l'intégrerai en tant que co-créateur pour la scénarisation de son Double Autre.

Pourquoi as-tu accepté de te prêter à l'expérience ?

Je me suis prêté à l'expérience, car la proposition venait de Cédric et pouvait constituer un matériel qu'il mettrait en forme en tant qu'artiste. Faire l'objet d'une projection artistique est toujours quelque chose de stimulant. Par ailleurs, j'avais envie d'une projection de mon apparence physique dans un espace numérique 3D et donc de disposer éventuellement d'un avatar/acteur à mon image, que je pourrais utiliser dans mes propres travaux. Or je suis personnellement incapable de modéliser un avatar en 3D à mon image.

Quels sont les sentiments que tu as ressentis en voyant les premières étapes du processus de la fabrication de ta tête virtuelle ?

La représentation du scan 3D est assez étonnante en termes de réalisme du masque et dépit des nombreuses imperfections du premier rendu réalisé. La circulation en 3D autour du visage scanné est très surprenante et introduit d'emblée un rapport à l'image beaucoup plus intime que dans le cadre d'une photo, même si l'expression du visage est neutre. La dimension de sculpture potentiellement vivante est déjà présente.

Qu'as-tu ressenti lors ce que je t'ai soumis ma première version de ton corps 3D

J'ai ressenti un décalage important avec la vision que j'avais de moi-même et en même une ressemblance avec une certaine idée de moi-même. C'était une représentation plausible et probablement unique de moi-même.

En quoi peux-tu dire que ce personnage te représente ?

D'abord, je me suis reconnu sans hésitation, ce qui est un indice non négligeable de « représentation ». La fixité du visage permet de garder une distance avec la « représentation », une certaine étrangeté. En même temps, on n'imagine pas précisément quelle expression la représentation neutre de soi-même pourrait avoir, car la présentation du portrait n'a pas été faite en situation. Il s'agit d'un gros plan d'une tête ou de la personne en position T, qui n'est pas des plus naturelle.

Au contraire qu'est-ce qui te différencie de cette personne virtuelle ?

J'ai tout de suite senti que cette représentation était une vision extérieure à moi-même, une « représentation » de moi-même par un artiste qui projetait une vision sur moi-même, notamment sur mon âge et ma physionomie. Il y a donc une grande ressemblance et en même temps une distance. Ce qui est un point rassurant, en quelque sorte.

J'ai été confronté à plusieurs versions de mon portrait. La dernière, celle correspondant au portrait Double-Autre « ça bug dans les rotations », était la plus intéressante, de mon point de vue.

As-tu senti une différence, entre voir ton Double Autre dans un portrait fixe ou dans un portrait interactif

Il y a une différence entre le portrait fixe et le portrait animé, c'est certain. Mais pour le moment, les expressions animées que j'ai pu voir sont relativement limitées.

Le portrait interactif est une étape encore plus intéressante, car cela procure une forme d'autonomie au portrait. Le portrait gagne en plausibilité d'existence et donne envie d'être « découvert » « exploré ». Et c'est une étape troublante, car je me suis dit qu'on pouvait manipuler mon « double » à mon insu. Et selon moi, c'est une possibilité à ne pas mettre en toutes les mains. J'ai complètement confiance en Cédric Plessiet, mais en même temps, je lui ai tout de suite demandé de contrôler la diffusion

de ce portrait et de ne pas rendre accessible l'avatar à mes étudiants en théâtre, par exemple.

La réflexion entre Cédric Plessiet et moi-même est d'ailleurs en cours de développement sur les modalités contractuelles à établir entre l'artiste numérique et son modèle pour l'utilisation d'un avatar aussi ressemblant que l'est actuellement la dernière version.

Existe-t-il encore un lien entre ce Double Autre et toi ?

J'estime en effet qu'il y a un lien entre l'avatar réalisé par Cédric et intitulé génériquement Double-Autre et moi. Personnellement, je trouve que le terme Double-Autre ne sonne pas bien en tant que dénomination. C'est un terme composé qui décrit un objet complexe. L'avatar n'est pas vraiment un double, au sens strict, comme lorsqu'on parle d'un double de clef, ou bien lorsqu'on édite un document ou un rapport en deux exemplaires identiques. La relation du portrait à l'original procède d'une ressemblance, certes, mais entre deux registres de matérialité différentes : le physique et le numérique. C'est probablement ce que recouvre en partie le terme « autre » apposé à « double ». Mais en même temps, le portrait n'est pas identique à l'original en termes de ressemblance, ou disons, pas encore, avec les moyens actuels des moteurs de rendu.

Mais en même temps, le Double-Autre est probablement la représentation la plus proche de moi dans l'espace numérique et ça, c'est très intéressant. Car l'espace numérique 3D est effectivement un espace qui m'intéresse en termes d'habitation. Disposer d'un « double » de soi-même dans cet espace n'est pas donné à tout le monde pour le moment et en cela le travail de Cédric est très précieux.

Cédric ne m'a pas proposé d'intervenir sur mon propre portrait. Et s'il l'avait fait, je ne sais pas très bien ce que je lui aurais répondu... Car je trouve assez claire l'affirmation d'une vision d'artiste sur un portrait. La version d'acteur qu'utilise Cédric dans « ça bug dans les rotations » est une vision d'artiste, un portrait, de moi. Ce n'est pas moi.

Pourtant, je ne souhaite pas que ce portrait soit manipulé par n'importe qui... Comme je ne souhaite pas que n'importe qui prenne une photo de moi et la diffuse

n'importe comment, ou la trafique. Cela recouvre, d'une certaine manière, la notion de droit à l'image.

Pourtant, j'ai envie de diriger l'acteur virtuel de « ça bug dans les rotations ». Et là, c'est intéressant, car Cédric m'offre en quelque sorte la possibilité de me diriger moi-même. Ce qui est une occasion unique en termes de direction d'acteur, à laquelle probablement peu de metteurs en scène ou bien d'acteurs ont été confrontés. Et d'une certaine manière, j'ai un regard sur la manière dont Cédric me dirige, de son point de vue, dans l'installation. Et je trouve que c'est une version qui n'est pas totalement aboutie par rapport aux potentialités de son idée originale. Je lui ai d'ailleurs fait déjà part de développements possibles des modalités d'interaction avec le portrait. À cet endroit se pose probablement la question de la clôture de l'œuvre. Il y a d'une part une possibilité de participation du modèle à la « validation » de la dimension « portrait » de son Double-Autre, mais il y a aussi une possibilité de participation à la mise en situation du Double Autre. L'œuvre offrirait alors une potentialité de projection « dynamique » dans l'implication du Double-Autre dans le monde numérique. Le modèle pourrait avoir envie de diriger son double, d'une manière différente de l'auteur de l'installation, ce qui est mon cas. Et d'ailleurs pas forcément en opposition avec l'œuvre, mais plutôt dans une perspective d'« enrichissement ». Faire en sorte que la représentation dynamique du « Double-Autre » soit plus riche, plus stimulante, plus mystérieuse, plus inquiétante, etc.

On pourrait alors imaginer qu'il y aurait, d'un côté, des visions artistiques utilisant le Double-Autre, soumises à une clôture en termes de réalisation par un artiste, à partir, d'un autre côté, d'un modèle susceptible d'être réutilisé dans d'autres situations et selon d'autres points de vue.

En tous les cas, c'est ce que j'ai envie de proposer à Cédric à propos de « ça bug dans les rotations » : dialoguer avec lui sur une seconde itération de l'installation à partir d'un modèle plus complexe de l'interaction avec le spectateur. À suivre...



Entretien avec Arena Mevorach

Arena Mevorach, est à la fois danseuse burlesque et infographiste 3D. Elle a suivi des études à ATI et a fait un mémoire sur le corps-écran où elle conjugue ces deux passions. Elle monte avec des amis un collectif d'effeuillage burlesque appelé « La Flaque » et performe l'effeuillage burlesque régulièrement. Lorsque j'ai eu l'idée de réaliser « Nouvelle Olympia », l'image d'Arena, comme modèle, s'est imposée d'elle-même, pour deux raisons : elle a une attitude et un rapport à son corps qui me fait penser à Kiki de Montparnasse et elle connaît l'ensemble des procédures pour la création d'un corps virtuel.

J'ai cependant conservé ma méthodologie de création habituelle, à savoir, ne pas avoir d'autre référence de travail que la numérisation de sa tête et pour qu'elle puisse garder contrôle sur son corps virtuel, nous l'avons coconstruit dans un dialogue constant entre elle et moi. Ainsi le Double Autre d'Arena est pour l'instant mon seul modèle nu.

Pourquoi as-tu accepté de te prêter à l'expérience ?

La question de l'identité, ainsi que celle de la représentation de soi, m'intéresse beaucoup. Je crois que, d'une certaine façon, tout ce qui me paraît concourir à ma psychanalyse m'enthousiasme. S'il n'avait été question que de prêter mon corps ou mon visage à un projet, j'aurais été moins prompte à réagir. Mais il s'agissait surtout d'un questionnement portant sur l'identité, sur la représentation de soi, voire sur la confrontation de soi. Et puis, avouons-le, je suis terriblement égocentrique. Donc tout ce qui orbite autour de moi... Blague à part, je suis très curieuse de tout ce qui participe de ma compréhension de ce que je suis (comment je suis perçue, comment je me perçois, comment je me présente, comment je me projette, comment je deviens espace de projection, etc.).

As-tu des expériences de modèle, nu, ou habillé, pour un peintre un photographe ou un sculpteur ? Pour toi, est-ce que le processus est semblable ? Ou au contraire différent ?

Oui. J'ai posé en tant que modèle vivant pour des cours d'art plastique. Et je fais régulièrement des shootings avec des photographes. Le processus me paraît assez différent déjà entre ces deux pratiques. L'élève qui me peint recrée un corps à partir du mien, le photographe capture celui-ci. Même s'il l'interprète toujours, le photographe reste moins libre de son matériau.

Ici, l'expérience serait donc plus facilement assimilable à celle du modèle vivant. S'ajoute cependant une difficulté. La peinture, sans nécessairement devoir être réaliste, peut plus facilement rendre le caractère vivant de son sujet. La matière, le grain... La difficulté sera dans la ressemblance. Alors que numériquement, je dirais que la difficulté se pose dans la justesse. Dans l'impression du vivant, alors que l'outil numérique est raide, froid et impalpable.

Quels sont les sentiments que tu as ressentis pendant la numérisation de ton visage ?

Rien de particulier pendant la numérisation en elle-même. Le regret d'être le siège d'une poussée de sébum datant de la veille (ce qui, bien évidemment, tombait à point nommé, un peu comme lorsqu'on découvre le matin même d'une photo de classe un truc immonde en plein sur son nez) : quitte à inscrire mon visage dans l'éternité, j'aurais préféré disposer d'un portrait de moi moins accidenté. *(NB : j'ai retiré ce bouton)*

Quels sont les sentiments que tu as ressentis en voyant les premières étapes du processus de la fabrication de ta tête virtuelle ?

J'avais déjà été confrontée à un scan de mon visage à ATI, donc je n'ai pas été surprise du résultat. Et vu que la vidéo de mon scan en mouvement n'a jamais daigné s'uploader, je n'ai pas encore été confrontée au malaise probable de voir mon visage s'animer hors de moi, de le sentir m'échapper

qu'as-tu ressenti lors ce que je t'ai soumis ma première version de ton corps 3D ?

J'avais l'impression de jauger de la modélisation d'un personnage de jeu vidéo, plutôt que d'une représentation de mon propre corps. J'ai trouvé le modèle bien plus « désirable » que je ne le suis. Ça m'a confronté notamment à mon syndrome de

l'imposteur (j'agis comme si j'étais bien plus belle que je ne le suis et je fais tellement bien illusion que c'est ainsi que le monde me perçoit. Un jour, cependant, quelqu'un se rendra bien compte de la supercherie.) Mais aussi à la conscientisation d'un recalibrage de mes proportions (j'ai perdu pas mal de poids ces derniers mois, mais surtout, j'ai perdu presque deux bonnets en taille de poitrine et je peine aujourd'hui encore à reconnaître mon corps comme étant mien.).

J'ai senti beaucoup de distance entre moi et ce corps 3D. Je ne sais toujours pas s'il me ressemble. Je le vois de loin. Morceau par morceau, je peux jauger de sa justesse (mon sein droit est plus lourd, ma fesse n'est pas aussi rebondie, mes jambes sont plus courtes...), mais l'image globale m'échappe complètement.

En plus, j'ai un peu triché, vu que je montrais les différents correctifs à l'un de mes amoureux avec qui je passais la semaine. Il pouvait confirmer ou infirmer mes impressions, juger de mes objections, insister sur certains points. Je pense que, sans lui, j'aurais beaucoup plus altéré l'image (en me trouvant plus grosse du ventre, plus maigre des seins, plus flasque des fesses, bien plus courte des jambes, bien plus larges des bras... — en faisant un mélange entre ce que je sais de mon corps aujourd'hui dans ce qu'on m'en rapporte et ce que j'en savais du temps où il m'était plus familier).

La modélisation finale me plaît. Et selon l'amoureux en question, elle m'est assez fidèle. Mais de mon côté, elle me plaît comme me plairait un Sim dont j'accepterais les proportions. Je n'ai pas encore vraiment l'impression de faire le lien entre cette image et moi.

En quoi peux-tu dire que ce personnage te représente ?

Sincèrement, je n'en sais rien. Comme mentionné précédemment, je ne fais toujours pas le lien entre cette image et moi. Mais pour être tout à fait honnête, je crois que le problème est un chouia plus large. Je ne sais pas si je me reconnais tout à fait dans le reflet que me renvoie mon miroir, ou dans la capture qu'une photographie fait de moi. Je vois des images que j'accepte de brandir comme étant miennes, des images que je juge dignes d'associer au personnage que je veux projeter de moi. Parfois je vois des images qui n'y correspondent pas et, en les supprimant, je fais le choix de leur refuser toute existence. D'un geste nonchalant vers la corbeille, je modèle

ce qui peut ou ne peut pas prétendre participer de mon existence (mon existence virtuelle, par exemple, puisque je suis très attentive à ce que je poste ou ce sur quoi on pourrait m'identifier sur les réseaux sociaux... mais aussi mon existence réelle, puisque je considère que l'image qu'on perçoit de moi est nourrie par celles qu'on lui associe).

Du coup, ce personnage me représente au sens où il peut dorénavant participer de l'image globale invoquée mentalement par quelqu'un lorsqu'il pense à moi. Ce personnage me représente au sens où d'autres peuvent l'associer à moi. Il va sans dire que je serais extrêmement gênée et énervée de le voir en égaré d'un site d'extrême droite, par exemple, ou acteur d'une publicité à caractère pornographique sur le net.

Est-ce que mon malaise serait différent de celui ressenti si une simple photo était détournée ou photoshopée ? Je n'en sais encore rien. Mais je ne suis pas sûre. La problématique de voir abusée son image et d'en sentir l'humiliation ou les stigmates ne me semble pas fondamentalement différente dans un cas ou dans l'autre.

Au contraire qu'est-ce qui te différencie de cette personne virtuelle ?

Je n'ai pas encore eu l'occasion de la voir en mouvement, donc je ne peux pas encore vraiment répondre de manière exhaustive. Pour l'instant, elle est figée. Or je ne m'appréhende qu'en mouvement. Je n'ai pas encore appris à me reconnaître dans un corps mort.

Pour le moment, elle m'apparaît aussi surtout comme un avatar. Et je suis habituée à jongler avec ceux-ci. J'ai tendance à considérer mon identité comme plurielle. Comme un agrégat de personnages, dont chacun est nourri des autres, tout en s'appréhendant indépendamment. Le recours à la 3D participe beaucoup de la qualification d'avatar plutôt que de celle de personnage, d'ailleurs. Ce modèle, c'est un amas de pixels destiné à porter dans son monde la perspective qui serait mienne. Or dans le cas présent, ce modèle a pour vocation d'échapper à ma perspective, puisque son animation se fera en dehors de moi (cf. l'aparté sur la problématique de l'image de soi abusée).

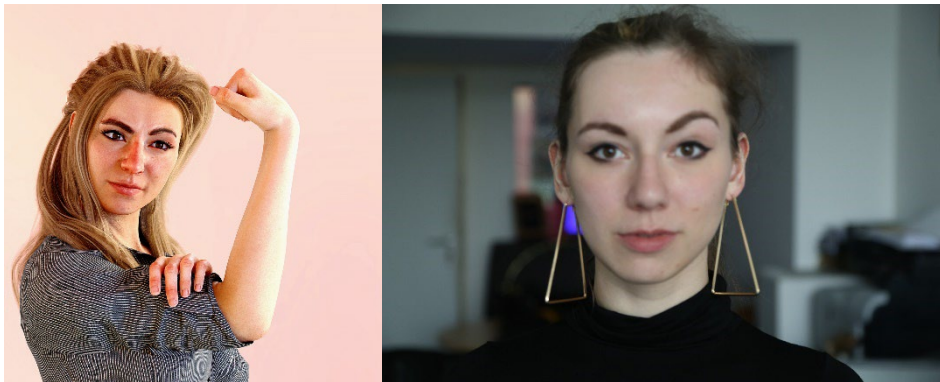
Existe-t-il encore un lien entre ce Double Autre et toi ?

Oui. Celui de l'assimilation par d'autres de cette image à moi. Et celui de son créateur, vu que le travail est encore en cours. ;)

Quelle importance accordes-tu à l'ensemble des échanges que nous avons eus au cours de la réalisation de l'œuvre ?

Ils participent à l'établissement (et à la confirmation) d'un rapport de confiance qui me paraît absolument nécessaire à l'exercice. Je faisais le lien en début d'entretien avec la psychanalyse et voici la boucle bouclée.

De plus, savoir que je peux exprimer mon désaccord, mes craintes, mes questionnements, ainsi que le fait que ceux-ci ont un impact sur la création finale permet de se réapproprier cette image de soi qui s'échappe, ou permet du moins de faciliter le travail de deuil : la rupture entre moi et cette image n'est pas brutale et perd donc en violence.



Bibliographie

- Alicebot. 2011. « French AIML ». Alicebot. 2011. <http://alicebot.wikidot.com/aiml:fr-fr:tsiewlan>.
- ATI, et Cédric Plessiet. 2005. « Le cirque ATI ». Exposé Laval 2005(France) Giffu 2005(Japon).
- Barbulescu, Adela, Remi Ronfard, Georges Gagner, Siggraph Conference, Los Angeles, et Adela Barbulescu. 2014. « Beyond Basic Emotions: Expressive Virtual Actors with Social Attitudes ». In *Proceedings of 7th International ACM SIGGRAPH Conference on Motion in Games 2014*, 39-47.
- Baudrillard, Jean. 1985. *Simulation et Simulacre*. Galilée.
- Beckett, Samuel. 1952. *En attendant Godot*. Editions de Minuit.
- Broca, René. 2009. « La formation et l'emploi dans le secteur de l'animation ».
- Coleridge, Samuel Taylor. 1817. *La Ballade du vieux marin et autres textes*. Gallimard.
- Couchot, Edmond. 2002. *La technologie dans L'Art - de la photographie à la réalité virtuelle*. Editions Jacqueline Chambon.
- Delahaye, Jean-Paul. 2009. « Le jeu de la vie ». Pour la Science. 2009.
- Ekman, Paul, et Wallace V. Friesen. 1978. *Manual for the facial action coding system*. Consulting Psychologists Press.
- Fikes, Richard E., et Nils J. Nilsson. 1971. « Strips: A new approach to the application of theorem proving to problem solving ». *Artificial Intelligence* 2 (3-4): 189-208. [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(71\)90010-5](https://doi.org/10.1016/0004-3702(71)90010-5).
- Filacanapa, Guilla, Boris Dimli, Georges Gagneré, Anastasiaa ternova, et Cédric Plessiet. 2017. « La Vie en Rose ». Cube Issy Les Moulineaux 2017; université de Warwick(Angleterre) 2018.
- . 2003. « L'oeuvre, l'artiste et l'informaticien : compétence et personnalité distribuées dans le processus de conception en art numérique ». *Sociologie de l'Art* OPuS 1 & 2 (1): 69. <https://doi.org/10.3917/soart.001.0069>.
- Fourmentraux, Jean-Paul. 2012. *Artistes de laboratoire*. Hermann.
- Fried, Michael. 2017. *La place du spectateur*. Folio.
- Gagneré, Georges, et Alexandre Simonet. 2014. « « Le Royaume des Ombres », expérience de télélecture ». In *Actes du 17ème Colloque International sur le Document Electronique*, édité par Khaldoun Zreik, Ghislaine Azémard, S. Chaudiron, et G. Darquié, 35-44. Europaia.
- Gagneré, Georges, et Cédric Plessiet. 2015. « Echanges entre metteur en scène et artiste numérique à propose de la direction d'"acteur" ». In *La Direction D'Acteurs*

Peut-Elle S'Apprendre, édité par les solitaires Intempestifs.

- . 2016. « Perceptions (théâtrales) de l'augmentation numérique ». In *Frontière*
- . 2017. « Real time control issues about avatars in hybrid mixed reality theatrical performances ». *Ismar*.
- . 2018a. « AvatarStaging ». 2018. <http://avatarstaging.eu/tiki-index.php?page=home>.
- . 2018b. « Experiencing avatar direction in low cost theatrical mixed reality setup ». *Moco*, 2-7. Genoa (Italia): ACM. <https://doi.org/10.1145/3212721.3212883>.
- Gagneré, Georges, Cédric Plessiet, Andy Lavander, et Tim White. 2018. *Challenges of movement quality using motion capture in theatre*. *Moco*. Genoa (Italia): ACM. <https://doi.org/10.1145/3212721.3212892>
- Gagneré, Georges, Cédric Plessiet, et Rémy Sohier. 2017. « Espace virtuel interconnecté et Théâtre - Une recherche-crédation sur l' espace de jeu théâtral à l' ère du réseau ». *Iste*, 1-25.
- . 2018a. « Avatar Staging : an evolution of a real time framework for theater based on an on-set previz technology . » *Vric*.
- . 2018b. « Interconnected Virtual Space and Theater : A Research – Creation Project on Theatrical Performance Space in the Network Era ». In *ISTE - Challenges of the Internet of Things*, édité par Ihmad Saleh.
- Gamma, Erich, Richard Helm, Ralph Johnson, et John Vlissides. 1994. *Design patterns: Elements of reusable object-oriented Software*. Addison Wesley.
- George-Molland, Anne-Laure. 2019. « Innovation technique dans les studios d'animation et d'effets visuels : la Recherche et Développement au service du pipeline ». *La Création Collective au Cinéma 2*: 101-24. <https://creationcollectiveaucinema.com/revue-n02-2019/>.
- George-Molland, Anne-Laure, et Cédric Plessiet. 2014. « Producing Creative Artistic Projects by Grouping Students' Computer Graphics Research Topics ». In *Eurographics 2014 - Education Papers, Strasbourg, France, April 7-11, 2014*, édité par Jean-Jacques Bourdin, Joaquim A Jorge, et Eike Falk Anderson, 39-41. Eurographics Association. <https://doi.org/10.2312/eged.20141031>.
- . 2019. « Évolution du pipeline de fabrication des effets visuels par l'apport des technologies temps réel ». [à paraître]
- George-Molland, Anne-Laure, Cédric Plessiet, Marie-Hélène Tramus, Chu-Yin Chen, et Pascal Ruiz. 2009. « Surimpression ». *Futur en seine 2009*(Saint-Denis/France).
- Gorniak, Peter, et Ian Davis. 2007. « SquadSmart: Hierarchical planning and coordinated plan execution for squads of characters ». *Aai* 2: 14-19.
- Gouchet, Xavie, Rémi Quittard, et Nicolas Serikoff. 2007. « Scp camera ». *Proc. of*

- SIGGRAPH emerging technologies*. <https://doi.org/10.1145/1278280.1278297>.
- Gould, David A. D. 2003. *Complete Maya programming : an extensive guide to MEL and the C++ API*. Morgan Kaufmann Publishers.
- Grebennikova Krasautsava, Irina. 2008. « L'interaction médiatisée à travers le chat comme dispositif sociotechnique ». *Les Enjeux de l'information et de la communication* 2008 (1): 20-30.
- Grimaud, Emmanuel. 2016. *Ganesh Yourself*. France: Ciaofilm, Rouge International. http://www.film-documentaire.fr/4DACTION/w_fiche_film/47610_1.
- Hamdam, Ali, Sylvain Muset, et Cédric Plessiet. 2002. *Krysalide*. France: Département Art et Technologie de l'Image - Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis.
- Hatley, Derek J., et Imtiaz A. Pirbhai. 1988. *Strategies for Real-Time System Specification*.
- Hofstadter, Douglas R. 1995. *Fluid concepts and creative analogies: Computer models of the fundamental mechanisms of thought*. Basic books.
- Jacquemin, Christian, et Georges Gagneré. 2007a. « Image de synthèse temps réel pour la performance augmentée dans le spectacle vivant : Une interface de conception et de contrôle à base de calques physiques ». In *Interfaces numériques*, édité par Ihamad Saleh et Djef Regottaz, 135-52. Hermès-Lavoisier.
- . 2007b. « Revisiting the layer/mask paradigm for augmented scenery ». *International Journal of Performance Arts and Digital Media* 2 (3): 237-58.
- Jaus, Robert. 1990. *Pour une esthétique de la réception*. Gallimard. <https://journals.openedition.org/rgi/649>.
- Jégo, Jean-François. 2013. « Interaction basée sur des gestes définies par l'utilisateur: Application à la réalité virtuelle ». Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.
- Kan, Bruno, et Cédric Plessiet. 2003. *Erased Head*. France: Département Art et Technologie de l'Image - Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis.
- Lavander, Andy, Tim White, Georges Gagneré, et Cédric Plessiet. 2017. « Agamemnon Redux ». cube issy les moulineaux 2017; université de warwick 2018.
- Leroy, Xavier. 1997. « The effectiveness of type-based unboxing ». In *TIC 1997: Workshop Types in Compilation*.
- Loeliger, Jon., et Matthew McCullough. s. d. *Version control with Git*.
- Mateas, Michael, et Phoebe Sengers. 1999. « Narrative Intelligence ». *AAAI Fall Symposium on Narrative Intelligence*, 1-10. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Mateas, Michael, et Andrew Stern. 2003. « Façade : An Experiment in Building a Fully-Realized Interactive Drama ». *Game Developers Conference Game Design track* 2: 24 p.

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.14.6176&rep=rep1&type=pdf>.

Metamotion. 2018. « Gypsy 7™ Motion Capture System ». 2018. <http://metamotion.com/gypsy/gypsy-motion-capture-system.htm>.

Milesi, Mathieu, Georges Gagneré, et Cédric Plessiet. 2017. « La psychanalyse augmentée ». cube issy les moulineaux; semaine des arts université Paris VIII.

Mori, Masahiro. 1970. « The Uncanny Valley ». *Energy* 7 (4): 33-35.

Passedouet, Maflohé, et Cédric Plessiet. 2009. « De chair et d'âme ». Ccas de Savines le Lac (Hautes Alpes/France) 2008; Festival La Novela Semaine de l'Innovation(Toulouse/France) 2009; Les Nocturnes du parcours des Fées (Hautes Alpes/France) 2009; Atrium (Chaville/France) 2011.

Pencier, Nick de. 2007. *Four Wings and a prayer*. Canada; France: Documentary Channel; France ; New KSM.

Plessiet, Cédric. 2002. « Utilisation de « système boïd » pour la génération de nuées de papillons, et réalisation de système de cheveux dynamiques ». Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis.

———. 2003. « Elaboration de foules et d'immeubles en image de synthèse par algorithme génétique ». Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis.

———. 2005a. « Papillons pixel ». Les bains numériques 2005 (Enghein Les bains/France).

———. 2005b. « Simulation de papillons virtuels ». *Revue ATI*, 13-16.

———. 2006. « Deep-Blue ». Les bains numériques 2006; (Enghein Les bains/France).

———. 2007a. « Art et technologie informatique, vers un nouveau triangle créatif ». In *Pratiques artistiques, pratiques de recherche*, édité par Daniel Danétis. L'Harmattan.

———. 2007b. « Artiste , ordinateur et spectateur : pour l' émergence d' une création interactive et autonome en art numérique . » *Thesis*. Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis.

———. 2007c. « Simulation de banc de poissons pour les effets visuels ». *Revue ATI*, 110-14.

———. 2012a. « Créatures virtuelles : de la modélisation informatique pour les effets spéciaux à la création numérique artistique ». In *Création numérique : Enjeux culturels et esthétiques*, édité par Med Mohsen Zerai, UR Culture. Gabes.

———. 2012b. « Lucky 2.0 ». Semaine des arts Paris VIII, Ars Electronica(LIntz/autriche); Zoom, espace de culture numérique(Bourg en Bresse/France); savante banlieue 2012(villetaneuse/France); bibliothèque de Chatenay Malabrie(Chatenay Malabrie/France).

- . 2014. « Acteur virtuel ». In *100 Notions Pour L'Art Numérique*, édité par Marc Veyrat et Ghislaine Azemard, 100 notion. CentreMoebius International.
- . 2016. « Du Geste Capté au geste d'interactivité Numérique ». In *Creatic Bilan Pédagogique 2014/2015*, 14-16.
- . 2017. « Préparer l'effet spécial ». In *Effets spéciaux, Crevez l'écran*, édité par Réjane Hamus-Vallee, 14-30. La Martinière.
- Plessiet, Cédric, Salma Chaabane, et Ghaya Khemiri. 2015. « Autonomous and interactive virtual actor, cooperative virtual environment for immersive Previsualisation tool oriented to movies ». In *Virtual Reality International Conference - VRIC '15*, 1-4. Laval: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2806173.2806177>.
- Plessiet, Cédric, et Georges Gagneré. 2014. « Traversées des frontières ». In *Frontières numériques*, édité par Ihmad Saleh, Nasreddine Bouhaï, et Hakim Hachour, 9. L'Harmattan.
- Plessiet, Cédric, Georges Gagneré, et Rémy Sohier. 2019. « A Proposal for the Classification of Virtual Character ». In *HUCAPP-VISIGRAPP*, 168-74. Pragues(République Tchèque): SCITEPRESS. <https://doi.org/10.5220/0007569401680174>.
- Plessiet, Cédric, et Jean-François Jégo. 2019. « MITMI Man-In-The-Middle Interaction ». In *Virtual Reality International Conference VRIC Proceeding*, 33-38. ACM Press.
- Plessiet, Cédric, et Maflohé Passedouet. 2012. « Between the lines ». Galerie Crypt St Pancras(Londres/Royaume Uni) 2012; City of Women Festival(Lubjiana/Slovénie) 2012; Galerie 51(Paris/France) Zoom 2013, espace de culture numérique(Bourg en Bresse/France) 2015; Château de St Priest (Saint Quentin en Yvelines) 2017.
- Pluta, Isabella. 2017. « Sur la collaboration d'un metteur en scène et d'un programmeur: des synergies aux hybridations des compétences professionnelles », 1-11.
- Ramey, Robert. s. d. « Serialization - Tutorial ». 2004. Consulté le 4 août 2018. https://www.boost.org/doc/libs/1_67_0/libs/serialization/doc/tutorial.html.
- Reynolds, Craig W. 1987. « Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model ». *ACM SIGGRAPH Computer Graphics* 21 (4): 25-34. <https://doi.org/10.1145/37402.37406>.
- Smart, John Ferguson. 2011. *Jenkins : the definitive guide*. O'Reilly Media.
- Takenouchi, Atsuchi, Maflohé Passedouet, Cédric Plessiet, et Hiroko Komiya. 2007. « 8 Seasons ». Spectacle de danse. Le Cube (Issy les Moulineaux/France) 2007; Université de Poitier(Poitier/France) 2007; La Reine Blanche (Paris/France) 2008;Espace culture multimédia de Pessaca (Toulouse/France) 2009; Atrium (Chaville/France) 2011.

- Thalmann, Daniel. 1996. « A New Generation of Synthetic Actors: the Real-time and Interactive Perceptive Actors* ». In *Pacific Graphics*, 200-219. Citeseer. <https://pdfs.semanticscholar.org/9043/36c4809b4f191132642f786927a3d00eeedd.pdf>.
- Tisseau, Jacques, Marc Parenthöen, et Fabrice Harrouet. 2003. « Modèle pour l'autonomie ». In *Le traité de la réalité virtuelle VOLUME 3 : LES OUTILS ET LES MODÈLES INFORMATIQUES DES ENVIRONNEMENTS VIRTUELS*, 454. Mines Paris Les Presses.
- Wallace, Richard. 2003. « The elements of AIML style ». *Alice AI Foundation*. <https://doi.org/10.1.1.693.3664>.
- Wan, James. 2015. *fast and furious 7*. États-Unis; japon: Original Film.
- Weizenbaum, Joseph. 1966. « ELIZA- a computer program for the study of natural language communication between man and machine ». *Communications of the ACM* 9 (1): 36-45. <https://doi.org/10.1145/365153.365168>.
- XLargo. 2008. *On a marché sous l'eau*. France.