



HAL
open science

Du théâtre à l'informatique - Bascule dans un nouveau monde

Georges Gagneré

► **To cite this version:**

Georges Gagneré. Du théâtre à l'informatique - Bascule dans un nouveau monde. Journées d'Informatique Théâtrale, Performance Lab, Univ. Grenoble Alpes, Feb 2020, Grenoble, France. hal-03419978

HAL Id: hal-03419978

<https://hal.science/hal-03419978>

Submitted on 8 Nov 2021

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.

DU THEATRE A L'INFORMATIQUE – BASCULE DANS UN NOUVEAU MONDE

Georges Gagneré
Université Paris 8
georges.gagnere at univ-
paris8.fr

RÉSUMÉ

Avec pour objectif un partage d'expérience, l'article décrit trois phrases successives dans ma manière de recourir à l'informatique dans une démarche d'écriture scénique en tant que metteur en scène et concepteur/réalisateur de dispositifs intermedia temps réel. Il est construit dans une perspective chronologique qui coïncide avec une appropriation progressive des outils informatiques comme moyens d'expression théâtrale. La première phase décrit une position de metteur en scène-orchestrateur non-programmeur qui réalise des spectacles avec des outils logiciels ad hoc (Mirage, TapeMovie) et débouche sur le lancement d'une recherche d'une solution logicielle pour appréhender la complexité de l'écriture scénique numérique (VIRAGE-Iscore - OSSIA). La seconde phase analyse le moment de la bascule vers l'utilisation de logiciels pour conduire une écriture scénique à partir d'une mise en œuvre de la solution Iscore. La dernière phase correspond à une appropriation directe de l'outil informatique (Unreal Engine, AvatarStaging, AKeNe), et conduira à évoquer les changements de perception, selon le point de vue théâtral ou informatique, des notions d'interaction et d'acteur. Je conclurai sur quelques perspectives.

1. INTRODUCTION

Cet article propose un partage d'expérience concernant l'utilisation de l'informatique dans le cadre d'une pratique théâtrale qui s'étend de 2000 à nos jours. Il est construit dans une perspective chronologique qui coïncide avec une appropriation progressive des outils informatiques comme moyens d'expression théâtrale.

Je souhaite aussi rebondir sur l'émergence de la démarche collective de ces journées que je salue et que j'interprète comme un besoin de rapprochements entre chercheur.e.s, artistes, praticien.ne.s de domaines sans affinité évidente, contrairement à la relation entre musique et informatique, dont témoigne le dynamisme des Journées d'Informatique Musicale organisées

annuellement par l'Association Française d'Informatique Musicale. L'informatique, et le numérique au sens large, sont désormais très présents dans les réalisations théâtrales, notamment dans leurs dimensions technique et technologique, comme c'est désormais le cas dans la grande majorité des activités humaines. Cependant, à chaque fois qu'il s'agit d'aborder le cœur du processus théâtral à travers le jeu d'acteur, technologie, informatique et ordinateur sont souvent considérés par les praticien.ne.s de théâtre avec une grande méfiance, si ce n'est une franche défiance.

Je m'intéresserai en effet ici à des expériences qui ont proposé à des praticien.ne.s de spectacle vivant, y compris des comédien.ne.s, une confrontation directe à l'usage de dispositifs informatiques. Ces expériences spécifiques ont concerné à plusieurs moments des réflexions et des usages collectifs concernant des outils informatiques dont certains sont toujours en cours de développement et d'utilisation.

Je décrirai trois phrases successives dans ma manière de recourir à l'informatique dans une démarche d'écriture scénique en tant que metteur en scène et concepteur/réalisateur de dispositifs intermedia temps réel. La dernière phase, correspondant à une appropriation directe de l'outil informatique, me conduira à évoquer les changements de perception, selon le point de vue théâtral ou informatique, des notions d'interaction et d'acteur. Je conclurai sur quelques perspectives.

2. CONFRONTATION EXTERIEURE A LA MATIERE NUMERIQUE

2.1. Un rapport conceptuel au numérique

J'ai commencé à me confronter à la dimension numérique des matériaux scéniques à l'issue d'un spectacle réalisé en 2000 dans lequel je proposais à une actrice de jouer en relation à sa représentation vidéo en direct et pré-enregistrée¹. Aucun outil numérique n'était nécessaire à la conduite du spectacle. En revanche, la

¹ Les spectacles évoqués dans la section 2 sont précisément décrits dans l'article [4]. Je me focaliserai donc ici sur une description synthétique de mon rapport à leur dimension informatique.

réalisatrice et le régisseur vidéo avaient effectué un travail considérable d'édition d'images préenregistrées en recourant à un logiciel de montage numérique, et nous avons construit une régie vidéo complexe et nécessitant une grande dextérité pour interpréter la conduite vidéo et suivre le jeu scénique de l'actrice.

L'année suivante, j'ai eu connaissance de l'existence d'un outil vidéo expérimental, temps réel, basé sur un logiciel utilisé par les musiciens et issu des travaux de Miller Puckette à l'Ircam, le logiciel Max-MSP. D'un coup, les images pouvaient être modifiées en temps réel, ce qui facilitait grandement leur agencement avec les actions scéniques des comédien.ne.s et les mouvements de la scénographie. Je décidai d'y recourir, en 2001, pour réaliser ma nouvelle création, ce qui impliqua la collaboration avec la nouvelle figure d'un artiste numérique dans l'équipe de réalisation.

En tant que metteur en scène, non informaticien, l'ordinateur m'apparaissait comme un formidable moyen de dynamiser les images et de proposer aux comédien.ne.s de prendre en compte cette dynamique dans leur jeu scénique, la dramaturgie du spectacle étant construite sur une imbrication étroite du jeu et de la vidéoscénographie. Cette imbrication est paradoxalement devenue une difficulté pour la réalisation matérielle des effets souhaités, à la fois par manque de méthode d'écriture et par les risques d'instabilité de l'environnement informatique expérimentalement « bricolé ». Il m'a alors semblé nécessaire d'aborder frontalement la question informatique en demandant à mes partenaires de création de l'époque de construire un environnement plus solide sur les deux dimensions de la méthode et de la stabilité. Cela a conduit à réaliser mes deux créations suivantes en 2003 et 2005 avec l'environnement que nous avons nommé Mirage.

En 2005, j'ai commencé une collaboration artistique avec le compositeur de musique électronique Tom Mays et le chercheur en informatique graphique Christian Jacquemin, le premier expert dans l'utilisation du logiciel Max-MSP, et le second dans la programmation graphique Open GL. Contrairement à eux, je n'avais toujours pas de rapport direct à la programmation informatique et je me contentais d'un rapport conceptuel à l'impact de l'informatique sur mon écriture scénique, ce dont ce fait l'écho une réflexion-manifeste de 2004 « Le temps réel du temps réel » [7]. La question centrale que je me posais alors, tout en restant extérieur à la pratique informatique, était de trouver un moyen d'articuler les dynamiques numériques des matériaux sonores, visuels et scénographiques en interaction avec le jeu scénique des comédien.ne.s, c'est-à-dire en prenant en compte des boucles d'action-réaction leur permettant d'explorer leur relation à un environnement scénique dynamique. Rejoignant les questionnements d'autres praticien.ne.s du spectacle vivant [2], nous avons alors lancé en 2007 le programme de recherche VIRAGE [1] qui a débouché sur la réalisation du logiciel Iscore, opérationnel à partir de 2014, et renommé depuis OSSIA [3]. Dans les grandes

lignes, il s'agissait de répondre, entre autres, aux besoins des praticien.ne.s du spectacle vivant par la réalisation d'un outil logiciel harmonisant l'écriture et la mise en jeu des matériaux scéniques multimédias.

2.2. Echapper à une complexité aphyxiante

En 2007 et 2009, à l'occasion de deux nouvelles créations, j'ai poursuivi mon exploration de metteur en scène-orchestrateur non-programmeur des matériaux numériques avec lesquels jouaient de plus en plus étroitement les comédien.ne.s. Les résultats concrets du projet VIRAGE et de ses suites prenant plusieurs années pour être véritablement opérationnelles, j'ai eu recours à l'environnement numérique TapeMovie créé par Tom Mays pour contrôler sons et images [8]. Face à la complexité croissante de l'écriture scénique multimedia interactive intégrant progressivement de plus en plus d'environnements graphiques en 3D et non plus seulement des images vidéo en 2D, je me suis interrogé sur la « nouvelle » nature de l'espace scénique que je mettais en place et dans lequel se juxtaposaient réel et virtuel. J'ai alors été amené à aborder sous la forme de recherches-créations expérimentales un travail sur la manipulation par un acteur ou un spectateur de son ombre numérique (2009-11), puis une exploration d'un environnement scénique en téléprésence (2012-13), suivie d'une première approche de la figure de l'acteur virtuel (2014-15)². Le fil directeur de ces explorations conduites de 2009 à 2015 a coïncidé avec un besoin de prototyper les interactions entre espace physique et espace numérique dans une maquette virtuelle qui pourrait aussi servir d'outil notationnel de l'écriture scénique [5].

Dans les réalisations des formes courtes résultantes de ces recherches, ma position de metteur en scène-orchestrateur s'est progressivement déplacée. Je n'avais plus à coordonner des projets complexes avec de nombreux collaborateurs. Je me suis retrouvé en position d'établir un dialogue approfondi avec des artistes numériques ou des chercheurs en informatique, ce qui m'a permis de me familiariser peu à peu avec leur approche créative tout en mesurant mon ignorance de plus en plus insoutenable de la nature même de l'écriture numérique utilisant un langage informatique. Habitué à une relation avec la matérialité physique de l'acteur et de l'espace, un détour personnel par un apprentissage de l'informatique pour simuler mon matériel créatif ne s'imposait pas, malgré un besoin de plus en plus fort de matérialiser la complexité de la relation entre deux régimes différents de la réalité, le physique et le numérique. Le compositeur de musique électronique, le chercheur en informatique graphique, le vidéaste numérique devaient apprendre et maîtriser des langages et des logiciels pour réaliser leurs créations et les synchroniser au jeu scénique, mais le metteur en scène avait la prétention de pouvoir s'en passer quant à lui.

² Ces trois recherches-créations correspondent successivement aux projets *Toute la lumière sur l'ombre*, *Télélectures* et *Variation sur « La*

Ronde », dont on peut trouver une documentation sommaire sur l'URL : <http://www.didascalie.net/recherche> [consulté le 29 juillet 2019]

3. BASCULE VERS L'UTILISATION D'OUTILS INFORMATIQUES

3.1. Un détour par la frustration

J'ai finalement franchi le pas à l'occasion de la recherche-crédation *ParOral* (2015-16) en utilisant le résultat logiciel du projet VIRAGE enfin accessible en condition de production [6], intitulé Iscore à l'époque. J'ai alors conçu et co-réalisé un environnement 3D permettant de manipuler des avatars ayant la forme d'ombre en 3D. Il s'agissait de ma première construction d'un environnement numérique visuel qui devait interagir avec le déroulement de la lecture d'un texte en suivant la prosodie du lecteur. Je collaborais avec un réalisateur en informatique musicale pour co-concevoir l'environnement sonore également à partir de l'interprétation prosodique du comédien. Le musicien utilisait ses outils logiciels propres pour la génération musicale, et nous collaborions en utilisant tous les deux le logiciel Iscore pour l'écriture des interactions entre tous les paramètres numériques du dispositif.

L'environnement 3D consistait dans l'agencement de plusieurs avatars animés chacun par le même automate à états finis utilisant une quinzaine de séquences de mouvement préenregistrées par capture de mouvement. Je pouvais commander le lancement de chaque séquence dans n'importe quel ordre en modifiant la vitesse de l'animation. La taille, la couleur et l'épaisseur des avatars étaient aussi paramétrables. Un premier environnement 3D avait été réalisé par Cédric Plessiet, artiste numérique et enseignant-chercheur au laboratoire Image Numérique et Réalité Virtuelle de l'université Paris 8 (INRèV), pour lequel il avait donc réalisé l'avatar de l'ombre numérique en 3D, l'acquisition et le nettoyage des animations de mouvement, l'automate à états finis permettant de jouer les animations, un accès aux caractéristiques des avatars au sein d'un moteur de jeu vidéo, ainsi que le module OSC permettant de communiquer entre le moteur vidéo et le logiciel Iscore.

A l'occasion d'une première étape de travail, je me suis alors formé à utiliser une première version d'Iscore (V1) pour envoyer au moteur de jeu vidéo générant l'environnement 3D les paramètres de contrôle des avatars selon la progression dans la lecture du texte et selon l'évolution des paramètres sonores. Pour la première fois, j'utilisais ainsi directement un logiciel pour écrire une partie de la dimension scénique visuelle d'un spectacle que je dirigeais.

Cette première étape a permis une appropriation fructueuse des principes élémentaires de fonctionnement d'Iscore (V1) appliqué à une direction tout aussi élémentaire d'avatars ayant une forme d'ombre, ce qui a suscité mon désir d'un enrichissement de l'expressivité scénique des avatars. Dans une deuxième phase du projet, je me suis formé sous la direction de Cédric Plessiet à l'utilisation d'un moteur de jeu vidéo, à la construction d'un automate à états finis, et à l'édition de séquences d'animation de mouvement, ce qui m'a permis, de manière autonome, d'affiner les

enchaînements possibles des séquences d'animation afin d'aiguiser l'interactivité entre la lecture du texte, l'environnement sonore et les actions des avatars.

Je me suis alors formé à nouveau à une seconde version d'Iscore (V2) intégrant un plus grand nombre de fonctionnalités d'écriture que la V1, et proposant un résultat plus conforme aux objectifs initiaux du projet de recherche VIRAGE-OSSIA. Je rencontrai alors la difficulté de m'approprier Iscore (V2) pour écrire l'évolution des paramètres de contrôle que j'avais rendus accessibles pour diriger mes ombres 3D. Je disposais d'un côté d'un outil puissant, stable et avec une bonne interface, pour écrire une partition de paramètres de contrôle et l'interpréter, et de l'autre, d'un environnement visuel complexe permettant de réaliser les instructions envoyées, mais j'étais incapable de jouer de l'instrument constitué par l'association Iscore/Environnement 3D afin d'accompagner l'interprétation scénique du comédien.

3.2. Exploration d'un nouveau monde

Face à ce blocage très frustrant, j'ai alors fait le choix d'approfondir l'appropriation du matériau expressif qui m'intéressait le plus en tant que metteur en scène, à savoir la direction d'avatar dans un environnement 3D dans un contexte de réalité scénique mixte mélangeant réel physique et virtuel numérique. Mon intuition était d'utiliser les résultats de prévisualisation sur plateau en temps réel développé par Cédric Plessiet pour le cinéma d'animation dans le cadre d'un projet de recherche intitulé OUTILNUM [9] et de les appliquer à un contexte théâtral. Il s'agissait alors pour moi de continuer ma formation à la programmation d'avatars dans un environnement 3D et de développer un espace d'expérimentation avec des comédiens capables, sous forme d'improvisation, de manipuler en temps réel des avatars en combinant dispositifs de capture de mouvement inertielle et périphériques de contrôle manuel.

En collaboration étroite avec Cédric Plessiet, j'ai alors développé le projet AvatarStaging dédié aux expérimentations théâtrales avec avatars numériques et comédiens physiques, dans un environnement de réalité mixte [10], dont la partie programmation repose sur les principes d'architecture logicielle de la bibliothèque AKeNe développée par Cédric Plessiet [12]. Je me suis alors retrouvé engagé dans plusieurs créations de théâtre en position d'artiste numérique programmant des environnements 3D avec le principe de visual scripting des Unreal Engine Blueprints développé par EpicGame [13].

Rétrospectivement, je constate que les Blueprints d'Unreal Engine offre un accès à la programmation similaire à l'espace graphique de programmation du logiciel Max-MSP qui avait été utilisé pour prototyper Mirage, le premier « moteur » vidéo avec lequel j'ai commencé mes expérimentations scéniques avec la matière numérique. Je note aussi que l'environnement graphique 3D d'un moteur de jeu vidéo comme Unreal Engine offre un outil de prototypage très proche de la

maquette virtuelle évoquée en 2.2. Cependant, la bascule dans l'espace d'écriture informatique du matériau numérique scénique induit du théâtre à l'informatique d'importants changements de perspective sur deux points : la pensée de l'interaction et la question de l'acteur virtuel.

4. DISCUSSION

4.1. La pensée de l'interaction

Du point de vue du metteur en scène-orchestrateur non-programmeur, la conception d'une interaction entre l'intention scénique gestuelle, vocale ou émotionnelle des comédien.ne.s et le déploiement d'un matériau numérique visuel ou sonore émerge souvent de manière fluide et intuitive. Du point de vue de l'artiste numérique, la réalisation d'une interaction entre le matériau qu'il crée sur la scène et les comédien.ne.s qui l'habitent est beaucoup plus laborieuse à mettre en œuvre.

Il faut d'abord construire algorithmiquement l'évolution interactive des paramètres dans une architecture informatique existante plus ou moins adaptée. Il faut souvent faire dialoguer des informations issues d'environnements logiciels différents et utilisant des protocoles de communication plus ou moins standardisés. Il faut enfin jouer l'algorithme d'interaction avec une dynamique adéquate pour ajuster la transformation du matériau dans une direction artistiquement intéressante, tout en sachant que le joueur final de l'algorithme sera une personne inexpérimentée face à l'instrument qu'on lui proposera de jouer pour augmenter son expressivité scénique ou bien pour dialoguer avec une altérité scénique.

Il est probable que le blocage rencontré au cours de la recherche-crédation *ParOral* était lié à mon manque d'expertise instrumentale à la fois du côté d'Iscore mais aussi de l'algorithme de manipulation des animations des avatars. Iscore, désormais renommé Ossia, reste un outil d'écriture très intéressant que je compte revisiter du point de vue de l'artiste numérique avec des besoins d'écriture d'interactions complexes.

4.2. Le fantasme de l'acteur virtuel

Une notion dont la perception change aussi radicalement lorsqu'on bascule d'un point de vue théâtral à un point de vue informatique est celle de l'acteur. Les apparences de l'acteur physique et de l'acteur virtuel sont parfois assez proches, mais le risque est grand d'une méprise regrettable par projection anthropomorphique des potentialités expressives de l'un sur l'autre. En effet, dans son travail de direction d'acteur, le metteur en scène est habitué à collaborer avec des artistes qui réalisent un travail considérable de construction de personnage avec une grande autonomie. L'artiste numérique qui anime un acteur virtuel travaille quant à lui avec une enveloppe vide. Cédric Plessiet en propose une description qui pourrait permettre aux praticien.ne.s de théâtre de mieux en saisir la spécificité [11].

Il articule les notions d'origine et de décision du mouvement de ce qu'il appelle une sculpture-matrice pouvant potentiellement prendre toutes les poses expressives possibles. Il propose alors quatre figures principales pour appréhender les multiples occurrences des entités virtuelles : la marionnette, le golem, l'acteur autonome et le masque.

Cette classification offre des repères précieux pour organiser l'interaction entre des comédien.ne.s physiques et des entités virtuelles dans les dispositifs scéniques mixtes articulant physique et numérique. Le metteur en scène et l'artiste numérique doivent alors entreprendre un travail de convergence entre deux éléments radicalement différentes dont la mise en relation harmonieuse est pourtant une condition incontournable pour construire une forme artistique. Loin de mettre en péril le théâtre, l'entité virtuelle lui offre un nouvel espace expressif.

5. PERSPECTIVES

Après avoir esquissé le déplacement progressif de ma pratique de metteur en scène vers une appropriation d'outils informatiques à la manière de l'artiste numérique, et mis en relation cette évolution avec une confrontation directe ou indirecte à différents outils ou frameworks informatiques tel *Mirage*, *TapeMovie*, *Virage*, *Ossia*, *OutilNum*, *AkeNe*, *AvatarStaging* ou encore *Unreal Engine*, j'ai esquissé la description de changements importants de perception dans la manière d'articuler les deux régimes de réalité propres aux dispositifs scéniques mixtes, le physique et le numérique. Que ce soit dans la relation interactive entre les deux réalités ou bien dans le dialogue entre les entités actoriales qui les habitent, les enjeux proposés par la pratique théâtrale aux disciplines des sciences informatiques me semblent stimulants.

Concluant ma réflexion teintée d'introspection, qui s'est appuyée sur la tentative d'une prise de distance par rapport à de nombreux questionnements, il me semble nécessaire que le théâtre fasse de son côté son chemin vers une appropriation intime des enjeux numériques dont les bouleversements ne font que commencer pour les fragiles humains que nous sommes, qui ont d'abord appris à parler, puis à écrire, et qui sont maintenant en train d'apprendre à programmer. Les sciences informatiques ne permettront pas aux praticien.ne.s d'un théâtre, né il y a quelques centaines d'années de la bascule de la parole au texte, d'éviter magiquement de se confronter à ces bouleversements.

Une des pistes que je vais tenter de poursuivre très modestement est le développement du framework *AvatarStaging* pour mes recherches-crédations, ainsi que sa consolidation et son ouverture à tous les praticien.ne.s ou chercheur.e.s qui auront le désir de l'utiliser ou de le transformer selon leurs propres besoins. Enfin, je souhaite vivement que ces Journées d'Informatique Théâtrale prospèrent et permettent à tous les passionné.e.s de théâtre et d'informatique d'échanger leurs intuitions, leurs idées et leurs outils de manière fructueuse.

6. REFERENCES

- [1] Allombert A., Marczak R., Desainte-Catherine M., Baltazar P. and Garnier L., Virage : “Designing and Interactive Intermedia Sequencer from Users Requirements and the Background” in *International Computer Music Conference*, New York, June 2010.
- [2] Baltazar P., Gagneré, G. « Outils et pratiques du sonore dans le spectacle vivant » in *Actes des Journées d'Informatique Musicale JIM*, GRAME, avril 2007, Lyon, pp. 153-162.
- [3] Desainte-Catherine M., « Du scénario linéaire aux scénarios multiples pour le logiciel i-score dans le projet OSSIA », *Revue Francophone d'Informatique et Musique* [En ligne], Numéros, n° 5 - Informatique et musique : Recherche et Création 1, mis à jour le : 28/07/2017, URL <https://revues.mshparisnord.fr:443/rfim/index.php?id=410>.
- [4] Gagneré G., « Émergence et fragilité d'une recherche-création (2000-2007) », *Ligeia, dossier sur l'art, « Théâtres Laboratoires. Recherche-création et technologies dans le théâtre d'aujourd'hui »*, janvier-juin 2015, Paris, pp. 148-158.
- [5] Gagneré G., Ronfard R., Desainte-Catherine M., « La simulation du travail théâtral et sa "notation" informatique », in *La notation du travail théâtral : du manuscrit au numérique*, dir. Martinez M. et Proust S., Edition Lansman, 2016, p. 169-185.
- [6] Gagneré G., « Chercheur en scène », in *Metteur en scène aujourd'hui. Identité artistique en question?*, dir. Pluta I., Presse Universitaire de Rennes, 2017, p. 411-418.
- [7] Gagneré G. « Le temps réel du temps réel », in *Scène (post)numérique. Anthologie critique d'écrits et d'entretiens d'artistes*, dir. Pluta I., à paraître.
- [8] Mays T., Rubiano R., « Tapemovie : un environnement logiciel pour la création temps réel intermedia » in *Actes des Journées d'Informatique Musicale (JIM10)*, mai 2010, Rennes, pp. 207-213.
- [9] Plessiet, C., Chaabane S., and Khemiri G, “Autonomous and Interactive Virtual Actor, Cooperative Virtual Environment for Immersive Previsualisation Tool Oriented to Movies.”, in *Proceedings of the 2015 Virtual Reality International Conference*, 5:1–5:4, VRIC '15, New York, NY, USA: ACM, 2015.
- [10] Plessiet C., Gagneré G., Sohier R., « AvatarStaging : an evolution of a real-time framework for theater based on an on-set previs technology », in *Proceedings of the 2018 Virtual Reality International Conference*, ACM, New York, NY, USA, 2018.
- [11] Plessiet C., Gagneré G., Sohier, R., « A Proposal for the Classification of Virtual Character » in *Proceedings of the 14th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications - Volume 2: HUCAPP*, Prague, Czech Republic, 2019, pp. 168-174.
- [12] Plessiet C., *Quand la marionnette coupe ses fils. Recherches sur l'acteur virtuel*, Rapport de synthèse
- d'Habilitation à Diriger les Recherches, Université Paris 8, 2019 (à paraître).
- [13] <https://www.unrealengine.com/> [consulté le 29 juillet 2019].