L'écoute du geste et sa perception

Pour une lecture sonore du mouvement dansé à partir de la sonification en temps réel

Andrea Giomi

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/danse/4405>

DOI : 10.4000/danse.4405

ISSN : 2275-2293

Éditeur

ACD - Association des Chercheurs en Danse

Référence électronique

Andrea Giomi, « L'écoute du geste et sa perception », *Recherches en danse* [En ligne], 10 | 2021, mis en ligne le 10 décembre 2021, consulté le 15 décembre 2022. URL : <http://journals.openedition.org/danse/4405> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/danse.4405>

Ce document a été généré automatiquement le 15 décembre 2022.

Tous droits réservés

L'écoute du geste et sa perception

Pour une lecture sonore du mouvement dansé à partir de la sonification en temps réel

Andrea Giomi

Introduction

« Parmi mes mouvements, il en est qui ne vont nulle part [...] : ce sont les mouvements du visage, beaucoup de gestes, et surtout ces étranges mouvements de la gorge et de la bouche qui font le cri et la voix. Ces mouvements-là finissent en sons et je les entends. Comme le cristal, le métal et beaucoup d'autres substances, je suis un être sonore, mais ma vibration à moi je l'entends du dedans [...]. Comme il y a une réflexivité du toucher, de la vue et du système toucher-vision, il y a une réflexivité des mouvements de phonation et de l'ouïe, ils ont leur inscription sonore, les vociférations ont en moi leur écho moteur¹. »

- 1 Le rapport entre le corps et la voix identifie en effet une dimension originaire de la corporéité, une « réflexivité » chiasmatique du corps sonore qui entrelace action et perception. Dans deux entretiens publiés en 2001² et en 2006³, Hubert Godard préconisait à ce propos l'utilisation de capteurs de mouvement et de bio-feedback sonores comme outils de lecture du geste. Il convient de noter que son intérêt vers la technologie, s'enracinant dans la perspective de l'Analyse fonctionnelle du corps dans le mouvement dansé (AFCMD), ne peut pas être réduit ni à une utilisation purement chorégraphique des systèmes interactifs, ni à une démarche orientée exclusivement vers l'analyse quantitative du mouvement.
- 2 Ces deux perspectives, se sont imposées au cours des années comme les deux trajectoires majeures dans l'horizon des nouvelles technologies en danse⁴. La première tendance, émerge vers la fin des années 1980 de la possibilité d'utiliser des systèmes de détection du mouvement couplés à des environnements informatiques permettant au danseur de générer et d'interagir avec des médias sonores et visuels en temps réel⁵. La deuxième tendance, s'impose plutôt dans la décennie suivante suite aux avancées des technologies de capture du mouvement proprement dites (*MoCap*). Il s'agit dans ce cas d'employer les systèmes de capture pour mesurer de façon quantitative les aspects

formels du mouvement⁶. Si l'emploi chorégraphique des systèmes interactifs configure un rapport direct avec la technologie, se basant sur l'utilisation des retours sensoriels en temps réel qui étendent, par le numérique, la syntaxe expressive du corps, il ne représente pas forcément une extension de la connaissance incarnée du geste. L'analyse quantitative du mouvement (en anglais tout simplement *movement analysis*), au contraire, introduit un rapport indirect avec la technologie en produisant une extériorisation technique du mouvement et une connaissance abstraite et biomécanique du corps, sans toutefois engendrer une prise de conscience incarnée de la part du danseur.

- 3 Le point de vue évoqué par Godard, s'articule comme une version intermédiaire et complémentaire à ces deux tendances en se situant plutôt dans le sillage des expérimentations proposées par William Forsythe avec *Improvisation Technologies* (1999), dans la mesure où les techniques employées permettent « de rendre visible le processus imaginatif qui est à la base de la composition du mouvement et donc, d'une certaine façon, la trajectoire et [...] l'articulation du corps dans l'espace⁷ ». Si d'un point de vue phénoménologique, le numérique permet potentiellement d'accéder au « projet de mouvement ou mouvement virtuel⁸ », qui n'est rien d'autre que la composante « fictive⁹ » du geste, l'intérêt de Godard vers le « bio-feedback » se précise ultérieurement autour de la question du temps réel :

« Le bio-feedback par capteurs du mouvement avait jusqu'à maintenant un intérêt limité parce qu'il y avait toujours un délai entre le moment où le capteur envoyait l'information à un ordinateur et le moment où l'ordinateur transformait ce signal en une sonorité [...]. Maintenant [...] on peut voir quelqu'un bouger et ses gestes sont analysés, numérisés, transformés en sons et ça peut donner lieu à un feedback immédiat. Alors, cela devient intéressant¹⁰ ».

- 4 L'intérêt de Godard pour l'interactivité réside principalement dans le retour sensoriel permettant au danseur de s'apercevoir directement de la qualité de son geste, et parfois même du pré-mouvement. Son intuition porte en effet sur la manière dont la rétroaction sonore en temps réel permettrait d'une part d'étendre la perception du geste chez le danseur, et d'autre part de rendre audible chez l'analyste certaines nuances du mouvement qui ne seraient pas autrement observables. On comprend donc que l'intérêt de Godard vers la technologie s'installe dans une préoccupation primordiale qu'est celle du geste et de sa perception. Mais pourquoi la rétroaction sonore ? Quel serait l'intérêt d'une lecture sonore du mouvement dansé ? Godard ne fournit pas d'éléments explicites à ce propos. Néanmoins nous pouvons essayer de répondre en considérant les expérimentations récentes dans le domaine de la sonification du mouvement.

La sonification du mouvement

- 5 En 1994 Gregory Kramer formalise le concept de « sonification » en désignant un sous-type de représentation auditive utilisée pour transmettre des informations. Pendant la décennie suivante, la sonification est devenue un domaine de recherche autonome qui emploie des processus techniques pour transformer des relations entre données en relations perceptibles par un signal acoustique dans le but de faciliter la communication, l'analyse ou l'interprétation¹¹. Dans cette perspective, la représentation auditive est employée comme une alternative ou un complément à la

visualisation permettant de fournir une lecture sonore d'ensembles complexes de données qui seraient difficilement intelligibles par la vision.

- 6 Dans les quinze dernières années, les techniques de sonification commencent à être utilisées dans des domaines scientifiques liés à l'apprentissage sensori-moteur, au mouvement et à l'anatomie humaine. Dans ce cadre, la rétroaction sonore est utilisée pour générer une réponse au mouvement humain. Plus précisément, la rétroaction est générée pour signaler l'accomplissement d'une action (*knowledge of result*) ou pour accompagner l'exécution d'un certain mouvement (*knowledge of performance*)¹². La première typologie de rétroaction est utilisée, par exemple, pour récompenser des tâches motrices simples comme atteindre une cible, pour signaler la réussite de l'exécution d'un geste appris, ou pour sonifier des mouvements de préhension fonctionnels afin de favoriser la récupération motrice. La seconde typologie est utilisée pour fournir des informations qualitatives sur le mouvement au cours de son exécution. Elle a été utilisée, par exemple, pour améliorer la coordination de la marche grâce à des signaux audio rythmiques chez des patients atteints de sclérose, pour stimuler la créativité motrice chez des personnes ayant des handicaps psychomoteurs variés ou pour accompagner la rééducation des membres supérieurs du corps avec une sonification de l'énergie de mouvements continus. Si ces exemples montrent l'intérêt de la sonification du mouvement en neurophysiologie et en rééducation, des usages similaires peuvent toutefois être repérés dans le domaine de l'entraînement sportif où la rétroaction est utilisée dans le but d'améliorer les performances d'un processus moteur à travers l'optimisation de la coordination musculaire¹³.

Les processus d'intégration multimodale : le point de vue neurophysiologique

- 7 Dans le cadre de l'apprentissage sensori-moteur, l'utilisation du canal auditif comme moyen de transmission d'un retour sensoriel présente en effet plusieurs avantages. Tout d'abord, on constate que le temps de traitement de l'information auditive est remarquablement plus court par rapport aux stimuli visuels¹⁴. En termes de discrimination fine des modèles basée sur le temps (par exemple des motifs rythmiques), le canal auditif peut aussi fournir une analyse plus précise¹⁵. De plus, le couplage entre mouvement et audition peut également renforcer l'efficacité de la réponse motrice dans une variété de processus impliquant la coïncidence temporelle et la proximité spatiale¹⁶.
- 8 Il convient de noter, qu'une telle efficacité repose sur des caractéristiques spécifiques du cerveau humain. En associant un stimulus acoustique cohérent au mouvement, nous activons certaines aires cérébrales, parmi lesquelles le colliculus supérieur¹⁷. Même si chaque carte sensorielle du colliculus présente des champs récepteurs propres, les trois cartes (optique, acoustique et somatique) partagent les mêmes neurones. Cette structure du colliculus favorise la production d'une représentation cohérente qui simplifie considérablement la mise en correspondance des différents capteurs humaines pour permettre une orientation rapide et unique, orientée vers un but. Comme cela a été largement démontré, l'activation de processus multimodaux induit un renforcement dans l'accomplissement d'une tâche motrice spécifique en termes de vitesse, précision et motivation¹⁸. De nombreuses fonctions de l'organisme vivant, et particulièrement celles qui impliquent la dimension kinesthésique, se basent en effet

sur une forme de contrôle multisensoriel des signaux en démontrant, sur des bases neuroscientifiques, ce que la phénoménologie a indiqué en termes de nature essentiellement « réticulaire » de « l'expérience perceptive¹⁹ ». Cette caractéristique interne de la perception s'explique par le fait que les interactions multisensorielles augmentent le pouvoir prédictif du cerveau en produisant un système de redondances qui facilitent l'accomplissement d'une tâche motrice. Même dans ce cas, les feedback provenant de l'écosystème sont interprétés comme configurations évoquant une signification pertinente. En ce sens, « la transduction des grandeurs physiques (lumière, son, pression, etc.) répond à des questions préexistantes que le système nerveux pose au monde²⁰ ».

Vers une lecture sonore du corps et du mouvement dansé

- 9 L'importance de la rétroaction sonore réside notamment dans sa capacité d'activer des réponses neurales liées à l'activité sensori-motrice tout comme dans la possibilité d'engendrer des processus motivationnels dans des contextes de créativité motrice. Ces éléments présentent un intérêt, au moins général, pour l'AFCMD car ils suggèrent des stratégies complémentaires pour « permettre au danseur de développer une efficacité fonctionnelle²¹ ». Néanmoins, la sonification du mouvement suggère aussi des applications plutôt spécifiques qui ont fait l'objet d'un intérêt croissant dans le champ chorégraphique²². Les expérimentations dans ce contexte peuvent être regroupées en quatre typologies : 1. L'enseignement de la danse. 2. L'analyse des qualités de mouvement. 3. Les pratiques somatiques. 4. La création d'archives gestuelles. Il faut constater que ces pratiques rejoignent les préoccupations primordiales de l'AFCMD, dans la mesure où ils permettent d'envisager des « protocole[s] somatique[s] faisant appel à une perception sensible et fine des processus du mouvement » en amenant vers « une prise de conscience » ultérieure du corps et « des schèmes de coordination déterminant chaque style [de danse] dans sa particularité²³ ».

Sonification et enseignement de la danse

- 10 Dans ce contexte, la sonification est utilisée pour faciliter la transmission des séquences chorégraphiques en renforçant la capacité de l'élève à apprendre un mouvement montré par l'enseignant en associant des gestes spécifiques à des retours acoustiques particuliers. L'un des premiers projets de ce type a été développé en 2011²⁴. Un système de capteurs embarqués a été réalisé dans le but de sonifier deux typologies de « saut » issues du ballet classique (ex. *Changement* et *Sauté*). Le système développé permettait de générer une rétroaction sonore en capturant la flexion des genoux ainsi que la pression et les impacts exercés par les pieds sur le sol. Suite aux retours des enseignants et des élèves, l'étude montre que l'utilisation de la sonification en temps réel a eu un effet évident sur leur processus d'apprentissage, comparé aux méthodes de formation précédentes (par exemple les corrections verbales). Grâce à la rétroaction sonore, les élèves ont pu améliorer le moment de l'atterrissage et la détente du talon et corriger ainsi le contact avec le sol. Sur la base de cette dimension ludique de l'expérience pédagogique, ils étaient motivés à répéter correctement les mouvements et ont ainsi amélioré leur contrôle des mouvements. De plus, le retour sonore semble offrir un

instrument complémentaire dans l'enseignement : le pédagogue peut ainsi se concentrer non seulement sur l'impression visuelle du corps mais aussi sur l'écoute des traces sonores générées par le mouvement.

- 11 Un autre exemple est une étude réalisée en 2016 par le InfoMus Lab (Gènes) en collaboration avec les chorégraphes Muriel Romero et Jean-Marc Matos, portant sur l'analyse et la transmission de la symétrie du corps²⁵. Cette étude se focalise plus particulièrement sur la « symétrie dynamique » du geste, c'est-à-dire la capacité du danseur de répéter certaines caractéristiques du mouvement non pas en termes de trajectoires exactes mais plutôt en termes de dynamique globale. Pour cela, des algorithmes sont réalisés afin d'extraire, via des accéléromètres, l'énergie cinétique du geste et la quantité des mouvements saccadés (*jerkiness*). La rétroaction sonore – un spectre harmonique « étiré » en fonction du degré de symétrie – est conçu comme système de récompense pour un étudiant auquel on demande de retrouver la symétrie dynamique d'un mouvement précédemment exposé par l'enseignant. La rétroaction sonore permet, dans ce cas, de véhiculer à l'étudiant des informations auditives concernant le niveau de coordination, de symétrie et de synchronisation de ses gestes en lui permettant de retrouver le mouvement du point de vue de sa qualité.

L'étude de la qualité du mouvement par retour sonore

- 12 La représentation auditive peut être utilisée comme outil de lecture du mouvement en répondant à l'une des préoccupations typiques de l'AFCMD, à savoir analyser « ce que l'œil ne peut capter d'emblée : mouvements internes invisibles, intentionnalité, projets de mouvement »²⁶. Une étude de 2014 présente une méthodologie originale intégrant la rétroaction sonore interactive dans le cadre de l'analyse des qualités d'effort issues du LMA (*Laban Movement Analysis*)²⁷. Un aspect remarquable de l'étude est l'utilisation de la vocalisation comme élément complémentaire à l'exécution du geste. Des exemples de qualités gestuelles, accompagnées par des vocalisations – l'étude se focalisant sur le Temps et le Poids – sont performés par deux enseignants Laban, et enregistrés par des systèmes de capture multimodale détectant la voix, les accélérations et la tension musculaire superficielle (EMG). Lors de l'atelier, conduit par des chercheurs et des enseignants Laban, les participants (danseurs professionnels mais sans connaissance spécifique du LMA) sont invités à exécuter des gestes en accord avec les qualités montrées par les enseignants. Le système interactif permettait d'analyser les gestes des danseurs en répondant avec des vocalisations spécifiques une fois que la qualité performée s'approche à celle enregistrée par les enseignants. Selon les retours des analystes-enseignants, ainsi que des participants à l'atelier, le système de sonification permettait aux danseurs de faciliter le repérage des idiosyncrasies audio-gestuelles en se laissant guider par le retour sonore dans l'exploration des qualités du mouvement.
- 13 Une autre étude sur la qualité du mouvement a été conduite par l'équipe du InfoMus Lab proposant une analyse de la notion de « fragilité » issue du vocabulaire chorégraphique de Virgilio Sieni²⁸. Cette notion a été étudiée à partir des ateliers et des expérimentations développés en collaboration avec le chorégraphe italien. Cette qualité a été mesurée par le biais de capteurs placés sur les poignets et les chevilles des danseurs ainsi que sur la bases de sous-descripteurs tels que le « *leg release* » (mouvements soudains de la hanche et du genou, petits mais brusques, vers le bas) et le « *upper body crack* » (une discontinuité isolée du mouvement, due à une

interruption soudaine et à un changement du plan moteur, se produisant généralement dans le haut du corps). La sonification interactive, se basant sur des bruits de crépitements, a été évaluée par les participants à l'atelier (à la fois des danseurs professionnels et amateurs) par le biais d'un questionnaire. L'étude démontre comment le training avec la sonification permet de renforcer la reconnaissance de la qualité de mouvement envisagée en s'avérant ainsi un outil de lecture précieux et complémentaire à la verbalisation, qui facilite le processus d'interprétation de qualités si spécifiques comme celles liées à un langage chorégraphique particulier.

Pratiques somatiques et proprioception sonore

- 14 D'autres études s'intéressent davantage à la manière dont la rétroaction sonore permet d'induire une prise de conscience proprioceptive du corps en favorisant une réorganisation kinesthésique chez le danseur. Pour autant, ces études peuvent être désignées comme des pratiques de sonification somatique dans la mesure où le retour sonore permet d'amplifier le travail sur les sensations, sur l'imaginaire et sur la conscience du corps. Le premier exemple de ce genre est une étude de cas assez pionnière publiée en 2006 par Armando Menicacci et Emanuele Quinz²⁹. Cette étude, particulièrement importante puisque Hubert Godard faisait partie de l'équipe qui conduisait l'expérimentation, s'interroge sur la manière dont la transformation du geste en son peut constituer un dispositif capable d'enrichir la perception des mouvements chez le danseur³⁰. L'expérimentation proposée s'intéresse tout particulièrement à la sonification du pré-mouvement. Des capteurs de flexion sont placés sur les jambes de deux danseuses (Dawn Stoppiello et Julie Nioche) permettant une lecture sonore de l'état d'antéversion ou de rétroversion du bassin. Le système ainsi développé permettait en effet d'induire chez les danseuses une conscience accrue de ces petits mouvements qui accompagnent l'activité posturale, leur permettant ainsi de repositionner leur bassin sur le plan sagittal dans l'exécution de différents gestes.
- 15 Une autre étude, conduite à l'Université d'Oslo, s'intéresse aux micro-mouvements (mouvements qui se déroulent dans l'échelle de mille seconds) qui accompagnent les états d'immobilité apparente et qui restent souvent en-dessous du niveau de perception habituelle. Pour ce faire, les chercheurs emploient un système de *motion capture* (caméras+marqueurs), dont le réglage extrêmement fin permet de sonifier des mouvements involontaires, tels que les mouvements de la poitrine pendant la respiration, ainsi que tous ces mouvements, presque imperceptibles, qui accompagnent la position debout. Cette étude s'avère intéressante puisque la sonification permet de prendre conscience en termes auditifs de la relation gravitaire qui entrelace le corps, sa dimension tonique et le sol.
- 16 Une étude récente, conduite par Jules Françoise, Yves Candau, Sarah Fdili Alaoui, et Thecla Schiphorst³¹, s'adresse directement à la conscience kinesthésique via la sonification interactive. En s'inspirant des pratiques somatiques (méthode Feldenkrais et approche soma-esthétique), ils proposent une expérimentation dans laquelle les participants (à la fois danseurs professionnels et non) sont guidés dans l'exploration de micro-mouvements pendant qu'ils bougent librement dans l'espace en suivant des tâches motrices simples (marcher, rester debout). Les participants endossent des capteurs d'électromyographie (EMG) autour des chevilles permettant de sonifier les micro-tensions musculaires à travers l'utilisation d'échantillons sonores

d'environnements urbaines et d'eau. À la fin de l'expérimentation, des entretiens d'explicitation sont conduits par les chercheurs. Les retours des participants soulignent comment la rétroaction sonore permet d'induire un imaginaire spécifique lié à la qualité des sons proposés. Les participants observent également que l'interaction sonore permet d'accéder à une conscience kinesthésique autre en facilitant la découverte de nouvelles manières de créer le mouvement.

- 17 Entre 2015 et 2018, j'ai mené personnellement des expérimentations questionnant le rapport entre proprioception sonore et composition du geste. Ces études, conçues et conduites avec Federica Fratagnoli à l'Université Nice Sophia Antipolis (aujourd'hui Université Côte d'Azur), se sont déroulées au sein de l'enseignement d'analyse du mouvement de la Licence Danse. Du point de vue méthodologique, une structure tripartite permettant d'évaluer l'apport de la rétroaction sonore dans le processus de composition du mouvement est proposée. D'abord, les étudiant·es sont invité·es à explorer un certain mouvement dans l'espace en suivant des indications verbales. Ensuite une deuxième expérience est proposée en introduisant la rétroaction sonore. Enfin, les étudiant·es reviennent sur le mouvement initial en essayant d'intégrer les nouveaux éléments perceptifs découverts dans la deuxième phase. Dans une étude de cas³², la rétroaction est utilisée pour accompagner l'exploration des qualités d'un objet en sonifiant l'énergie musculaire mobilisée. Comme il émerge des entretiens menés à posteriori avec les étudiant·es, le retour sonore devient ici une trace sensorielle permettant de réveiller les sensations haptiques liées à l'objet en facilitant ainsi la ré-actualisation des mouvements liés à la manipulation. Dans une autre étude³³, les étudiant·es étaient invité·es à suivre le mouvement d'un·e partenaire, d'abord à travers le contact physique, et ensuite par le biais de retours sonores générés par les gestes du partenaire. Cette étude s'est avérée particulièrement intéressante dans la mesure où les étudiant·es ont été, dans certains cas, capables d'incorporer la qualité sonore liée à des trajectoires particulières du geste en arrivant à suivre les mouvements de l'autre par le seul moyen de l'image sonore produite. Ces deux études de cas démontrent comment la médiation sonore permet d'approfondir la nature stratifiée du geste et d'acquérir une connaissance somatique différente tout en sollicitant une mise en discussion des postures et schémas corporels habituels.

Inscription technique du geste et archives sonores

- 18 Un tout nouvel horizon de recherche a été récemment ouvert par l'introduction d'algorithmes d'apprentissage automatique (*machine learning*) pour la reconnaissance du geste. Entre 2018 et 2020, j'ai pu mener une série d'études utilisant ces techniques dont l'application dans le domaine de la danse est encore à l'état expérimental. Ces études ont été réalisées dans le cadre du programme *Gestures and Frequencies*, l'un des quatre axes de recherche du Performance Lab (Université de Grenoble Alpes). Travaillant sur un large spectre de gestes (de l'ordinaire à l'extraordinaire), cette recherche interroge la manière dont la capture multimodale du mouvement peut se développer à partir d'une plateforme collaborative impliquant la participation des performeurs. L'idée est que la diversification des techniques et méthodologies de représentation (à savoir, un cadre multicouche comprenant la rétroaction sensorielle en temps réel, l'analyse quantitative des données et la narration à la première personne) peuvent fournir une transformation matérielle de la connaissance du

mouvement, suggérant ainsi de nouvelles façons de prendre conscience des processus kinesthésiques et des techniques d'*embodiment* qui l'accompagnent.

- 19 En particulier, dans un atelier co-dirigé avec Gretchen Schiller et la chercheuse brésilienne Ivani Santana, nous avons expérimenté l'utilisation des algorithmes d'apprentissage automatique pour archiver³⁴ un certain nombre de gestes ordinaires (issus du quotidien), que nous avons ensuite associés à des échantillons sonores particuliers. Le système permettait d'évaluer en temps réel la cohérence entre le geste exécuté et le geste enregistré auparavant en produisant un retour sonore spécifique pour chaque geste. Dans le cadre de l'atelier, auquel ont participé une dizaine de membres du Performance Lab, nous avons pu expérimenter comment le son permettait aux participants de retrouver la qualité gestuelle souhaitée tout en fonctionnant comme une sorte de trace auditive sollicitant la mémoire incarnée du corps. Cette expérience suggère que l'auditeur se trouve impliqué dans une « boucle interactive » avec l'environnement sonore, dans laquelle le couplage action/prédiction – c'est-à-dire le rapport entre le geste et les *patterns* cognitifs de représentation de l'action, canalisés par l'écoute – est renforcé par le processus d'incorporation kinesthésique du son.
- 20 Dans un cours, cette fois-ci réalisé avec les étudiant·es du Master en Création Artistique à l'Université Grenoble Alpes, nous avons pu préciser le modèle méthodologique de l'expérimentation tout en implémentant la dimension participative de l'expérience. Dans ce cas, nous avons demandé aux étudiant·es de proposer eux- et elles-mêmes des fichiers sons (musiques, *field recording*, ambiances sonores) afin de solliciter une dimension (audio) affective dans la participation au processus d'expérimentation. D'abord, nous avons établi un répertoire de gestes ordinaires en partant des propositions de chacune et chacun. Les gestes ont été enregistrés avec la procédure déjà décrite. Par la suite, nous avons décidé quel son associer à quel geste à travers un processus collaboratif visant à l'évaluation de la cohérence audio-motrice des archives sonores et gestuelles. Enfin, tout le monde a pu expérimenter le système de reconnaissance afin de mesurer la capacité du son à faciliter l'exécution du geste. Dans ce cadre, nous avons pu observer comment le geste est affecté par le processus d'archivage numérique réalisé précédemment. En particulier, on remarque que le processus de reconnaissance automatique produit une forme d'inscription technique du geste en amenant l'étudiant·e à explorer les différentes nuances qualitatives du mouvement afin de retrouver l'image gestuelle enregistrée par la machine. Le son fonctionne ici comme une sorte de « guide » qui permet d'orienter cette exploration kinesthésique en facilitant le processus d'« accordage » ou de « réglage », entre le geste exécuté et le geste archivé.

Conclusion : la vibration sonore et la trace du geste

- 21 La sonification en temps réel des gestes peut s'avérer un outil précieux pour renforcer la perception du mouvement tout en sollicitant une ouverture vers une connaissance kinesthésiologique-sonore du corps. D'un point de vue phénoménologique, cette connaissance s'ancre tout d'abord sur une relation fondamentale qui entrelace le corps au phénomène vibratoire autant sur le plan perceptif que sur le plan symbolique. Selon les approches incarnées à la cognition musicale³⁵, l'écoute engendre toujours une activité au niveau gravitaire-musculaire ainsi que l'activation de processus de sélection et d'inhibition au niveau du système sensoriel. Pour autant, le couplage action/

prédiction – c'est-à-dire le rapport entre l'action musicale (le geste du musicien, le mouvement dansé sur la musique, ou la réaction physique et spontanée de l'auditeur) et les *patterns* cognitifs de représentation de l'action, canalisés par l'écoute – est toujours co-déterminé par les contraintes de l'environnement sonore et du corps. Le mouvement corporel est pourtant le véritable médiateur de l'expérience sonore : la représentation mentale, la sensation interne produite par le son et sa valorisation imaginative. Dans le cadre de cette « ontologie orientée vers l'action³⁶ », le geste est alors non seulement un moyen expressif mais, plus globalement, un médiateur pour la formation de la signification musicale.

- 22 La nature profonde et intime de cette réflexivité justifie l'intérêt d'une extension sonore du mouvement des gestes des danseurs par les technologies permettant d'étendre la « réflexivité des mouvements » du plan interne au plan externe. Du point de vue de l'AFCMD, la rétroaction sonore doit alors être interprétée comme un « écho moteur » ou comme une « inscription sonore » : une trace du geste permettant de creuser la réflexivité entre action et perception afin de solliciter une « réorganisation de l'expérience kinesthésique »³⁷.
- 23 Dans le contexte de la sonification, la rétroaction en temps réel permet en effet un enrichissement de la connaissance du corps à partir de tous ces mouvements subtils qui restent habituellement au-dessous du niveau de la perception consciente. En d'autres termes, la sonification permet de rendre audibles plusieurs phénomènes qui sont normalement invisibles ou qui ne sont perceptibles que de manière subjective et individuelle (par exemple à travers la proprioception). En ce sens, la représentation auditive présente un double intérêt pour l'analyse du mouvement : d'un côté, elle fournit un stimulus extéroceptif au danseur lui permettant d'interroger les conditions de possibilité sensori-motrices à la base de la création du geste, de l'autre, elle constitue une trace sensorielle complémentaire au regard qui, en amplifiant les nuances et les tonalités dynamiques du geste, permet d'ancrer l'analyse du mouvement sur la perception sonore et non pas seulement sur l'observation visuelle.
- 24 Du point de vue du danseur, la transformation des sensations intéroceptives et/ou proprioceptives en stimuli extéroceptifs, permet non seulement d'amplifier la conscience somatique du corps : par l'activation des processus projectifs et figuratifs liés à la perception sonore, le danseur devient capable de construire le mouvement à la fois sur la base des canaux proprioceptifs habituels et à partir des sensations acoustiques produites par le biais du mouvement. Dans ce contexte, la sonification interactive peut alors être utilisée comme un canal d'information pour expérimenter des nouvelles modalités de créativité corporelle. Une telle réorganisation de la géographie sensorielle permet au praticien de la danse de dépasser ce que Godard a souvent appelé une « névrose chorégraphique », c'est-à-dire la répétition des mêmes schémas corporels qui s'enracinent dans l'habitus culturel, émotionnel et chorégraphique du danseur.
- 25 Du point de vue de l'analyste du mouvement, enfin, la sonification constitue une « signature motrice » permettant d'articuler une lecture sonore du mouvement dansé. Sur cette base, les technologies s'avèrent non seulement un instrument de connaissance mais aussi un outil qui suggère des pratiques corporelles et d'écoute spécifiques, afin de solliciter chez le danseur sa capacité à explorer des formules inédites d'organisation perceptive du mouvement.

BIBLIOGRAPHIE

- BARAM Yoram, MILLER Ariel, «Auditory Feedback Control for Improvement of Gait in Patients with Multiple Sclerosis», *Journal of the neurological sciences*, n° 1-2, vol. 254, 2007, pp. 90-94.
- BERNARD Michel, *De la création chorégraphique*, Pantin, CND, 2001.
- BERTHOZ Alain, *Le sens du mouvement*, Paris, Odile Jacob, 1997.
- BIRINGER Johannes et al., *Nouvelles de Danse*, « Interagir avec les technologies numériques », n° 52, Bruxelles, Contredanse, 2004.
- CAMURRI Antonio, CANEPA Corrado, FERRARI Nicola, MANCINI Maurizio, NIEWIADOMSKI Radoslaw, PIANA Stefano, VOLPE Gualtiero, MATOS Jean-Marc, PALACIO Pablo, ROMERO Muriel, «A System to Support the Learning of Movement Qualities in Dance: a Case Study on Dynamic Symmetry», in *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, Adjunct, 2016, pp. 973-976.
- CORIN Florence et al., *Nouvelles de Danse*, « Danse et nouvelles technologies », n° 40-41, Bruxelles, Contredanse, 1999.
- EFFEMBERG Alfred O., FEHSE Ursula, SCHMITZ Gerd, KRUEGER Bjoern, MECHLING Heinz, «Movement Sonification: Effects on Motor Learning beyond Rhythmic Adjustments», *Frontiers in Neuroscience*, n° 219, vol. 10, 2016.
- FRANÇOISE Jules, FDILI ALAOUI Sarah, SCHIPHORST Thecla, BEVILACQUA Frédéric, «Vocalizing Dance Movement for Interactive Sonification of Laban Effort Factors», in *Proceedings of the 2014 conference on Designing interactive systems*, 2014, pp. 1079-1082.
- FRANÇOISE Jules, CANDAU Ives, FDILI ALAOUI Sarah, SCHIPHORST Thecla, «Designing for Kinesthetic Awareness: Revealing User Experiences through Second-person Inquiry», in *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2017, pp. 5171-5183.
- GIOMI Andrea, FRATAGNOLI Federica, «Listening Touch. A Case Study about Multimodal Awareness in Movement Analysis with Interactive Sound Feedbacks», in *Proceedings of the 4th International Conference on Movement Computing*, Genoa, ACM, 2018.
- GIOMI Andrea, «From Haptic Perception to Movement. A Phenomenological Study on Sound and Technological Mediation in Dance Pedagogy», *REPERTÓRIO: Teatro & Dança*, n° 28, 2017, pp. 342-361.
- GIOMI Andrea, « Pour une approche de l'écoute incarnée. Corps, technologies et perception », *Hybrid*, n° 6, 2019, [en ligne], <http://www.hybrid.univ-paris8.fr/lodel/index.php?id=1300>, page consulté le 02 janvier 2021.
- GIOMI Andrea, «Somatic Sonification in Dance Performances. From the Artistic to the Perceptual and back», in *Proceedings of the 6th International Conference on Movement Computing*, New Jersey, ACM, 2020.
- GORI Monica, SANDINI Giulio, BURR David, «Development of Visuo-auditory Integration in Space and Time», *Frontiers in integrative neuroscience*, n° 77, vol. 6, 2012.
- GROSSHAUSER Tobias, BLÄSIG Bettina, SPIETH Corinna, HERMANN Thomas, «Wearable Sensor-based Real-time Sonification of Motion and Foot Pressure in Dance Teaching and Training», *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 60(7/8), 2011, pp. 580-589.

HARBONNIER-TOPIN, Nicole, DUSSAULT Geneviève, FERRI Catherine, « Regards croisés sur deux pratiques d'analyse du mouvement. L'analyse du mouvement selon Laban (LMA) et l'analyse fonctionnelle du corps dans le mouvement dansé (AFCMD) », *Recherches en danse*, n° 5, 2016, [en ligne], <http://journals.openedition.org/danse/1404>, page consulté le 03 janvier 2021.

KUYPERS Patricia, GODARD Hubert, « Des trous noirs. Un entretien avec Hubert Godard », *Nouvelles de Danse*, « *Scientifiquement Danse* », n° 53, Bruxelles, Contredanse, 2006, pp. 56-75.

LEMAN Marc, *Embodied music cognition and mediation technology*, Cambridge, MIT Press, 2008.

LORENZONI Valerio, VAN DER BERGHE Pieter, MAES Pieter-Jan, DE BIE Tijl, DE CLERCQ Dirk, LEMAN Marc, «Design and Validation of an Auditory Biofeedback System for Modification of Running Parameters», *Journal on Multimodal User Interfaces*, n° 13.3, 2019, pp. 167-180.

MENICACCI Armando, QUINZ Emanuele, « Conversazione con Hubert Godard », in MENICACCI Armando, QUINZ Emanuele (dir.), *La scena digitale*, Bolzano, Marsilio Editore, 2001, pp. 371-381.

MENICACCI Armando, QUINZ Emanuele, « Étendre la perception ? Transferts intermodaux et biofeedback en danse », *Nouvelles de Danse*, « *Scientifiquement Danse* », n° 53, Bruxelles, Contredanse, 2006, pp. 76-96.

MERLEAU-PONTY Maurice, *Phénoménologie de la perception*, Paris, Gallimard, 1945.

MERLEAU-PONTY Maurice, *Le visible et l'invisible* [1964], Paris, Gallimard, 1979.

NIEWIADOMSKI Radoslaw, MANCINI Maurizio, CERA Andrea, PIANA Stefano, CANEPA Corrado, CAMURRI Antonio, «Does Embodied Training Improve the Recognition of Mid-level Expressive Movement Qualities Sonification?», *Journal on Multimodal User Interfaces*, n° 3, vol. 13, 2019, pp. 191-203.

PITOZZI Enrico, « De la constitution du corps de synthèse sur la scène performative. Perception et technologies », in BOURASSA Renée, POISSANT Louise (dir.), *Personnage virtuel et corps performatif. Effets de présence*, Montréal, Presses de l'Université du Québec, 2016, pp. 197-231.

SHULMANN Nathalie, « Analyse Fonctionnelle du Corps dans le Mouvement Dansé », in LE MOAL Philippe (dir.), *Dictionnaire de la danse*, Larousse, 1999.

SIGRIST Roland, RAUTER Georg, RIENER Robert, WOLF Peter Wolf, «Augmented Visual, Auditory, Haptic, and Multimodal Feedback in Motor Learning: a Review», *Psychonomic bulletin & review*, vol. 20.1, 2013, p. 21-53.

WALKER Bruce N., NEES Michael A., «Theory of sonification», in HERMANN Thomas, HUNT Andy, NEUHOFF John G. (dir.), *The Sonification Handbook*, Berlin, Logos Verlag, pp. 9-39.

ZATORRE Robert J., CHEN Joyce L., PENHUNE Virginia B., «When the Brain Plays Music: Auditory-motor Interactions in Music Perception and Production», *Nature reviews neuroscience*, vol. 8.7, 2007, pp. 547-558.

NOTES

1. MERLEAU-PONTY Maurice, *Le visible et l'invisible* [1964], Gallimard, Paris, 1979, pp. 187-188.
2. MENICACCI Armando, QUINZ Emanuele, « Conversazione con Hubert Godard », in MENICACCI Armando, QUINZ Emanuele (dir.), *La scena digitale*, Bolzano, Marsilio Editore, 2001, pp. 371-381.
3. KUYPERS Patricia, « Des trous noirs. Un entretien avec Hubert Godard », *Nouvelles de Danse*, « *Scientifiquement Danse* », n° 53, Bruxelles, Contredanse, 2006, pp. 56-75.

4. Cf. BIRRINGER Johannes *et al.*, *Nouvelles de Danse*, « Interagir avec les technologies numériques », n° 52, Bruxelles, Contredanse, 2004. CORIN Florence *et al.*, *Nouvelles de Danse*, « Danse et nouvelles technologies », n° 40-41, Bruxelles, Contredanse, 1999.
5. En se limitant au seul domaine de l'interaction entre danse et musique, on peut citer le travail des compagnies pionnières telles que Troika Ranch, Palindrome Intermedia Performance Group, Half Angel, Kondition Pluriel, AIEP, ou encore le travail *Sensuous Geographies* de Sarah Rubidge et Alistair MacDonald. Parmi les artistes récents dans ce domaine, on peut mentionner Isabelle Van Grimde, Isabelle Choinière et Jean-Marc Matos, ou la compagnie Istituto Stocos.
6. Cette tendance est aujourd'hui largement représentée au sein des communautés scientifiques telles que celle de la *International Conference on Movement and Computing* (MOCO), [en ligne], <https://www.movementcomputing.org/>, page consultée le 3 janvier 2020.
7. PITOZZI Enrico, « De la constitution du corps de synthèse sur la scène performative. Perception et technologies », in BOURASSA Renée, POISSANT Louise (dir.), *Personnage virtuel et corps performatif. Effets de présence*, Montréal, Presses de l'Université du Québec, 2016, p. 208.
8. Voir MERLEAU-PONTY Maurice, *Phénoménologie de la perception*, Paris, Gallimard, 1945, pp. 152-211.
9. Je fais ici référence à la notion de « fiction » élaborée dans BERNARD Michel, *De la création chorégraphique*, Pantin, CND, 2001, pp. 99-100.
10. Hubert Godard dans KUYPERS Patricia, *art. cit.*, p. 74.
11. WALKER Bruce N., NEES Michael A., «Theory of Sonification», in HERMANN Thomas, HUNT Andy, NEUHOFF John G. (dir.), *The Sonification Handbook*, Berlin, Logos Verlag, 2011, pp. 9-39.
12. Pour un aperçu détaillé voir SIGRIST Roland, RAUTER Georg, RIENER Robert, WOLF Peter Wolf, «Augmented Visual, Auditory, Haptic, and Multimodal Feedback in Motor Learning: a Review», *Psychonomic Bulletin & Review*, n° 20.1, 2013, p. 21-53.
13. LORENZONI Valerio, VAN DER BERGHE Pieter, MAES Pieter-Jan, DE BIE Tijl, DE CLERCQ Dirk, LEMAN Marc, «Design and Validation of an Auditory Biofeedback System for Modification of Running Parameters», *Journal on Multimodal User Interfaces*, n° 13.3, 2019, pp. 167-180.
14. BARAM Yoram, MILLER Ariel, «Auditory Feedback Control for Improvement of Gait in Patients with Multiple Sclerosis», *Journal of the Neurological Sciences*, n° 1-2, vol. 254, 2007, pp. 90-94.
15. ZATORRE Robert J., CHEN Joyce L., PENHUNE Virginia B., «When the Brain Plays Music: Auditory-motor Interactions in Music Perception and Production», *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 8.7, 2007, pp. 547-558.
16. GORI Monica, SANDINI Giulio, BURR David, «Development of Visuo-auditory Integration in Space and Time», *Frontiers in Integrative Neuroscience*, n° 77, vol. 6, 2012.
17. Le colliculus supérieur est une partie du cerveau consacrée à l'intégration des informations multimodales. Il est composé de trois couches (superficielle, intermédiaire et profonde) capables des recevoir des stimuli visuels, acoustiques et somatiques. Il est également lié aux mécanismes moteurs. Dans les couches profondes les neurones se projettent vers le tronc cérébral et la moelle en induisant, par exemple, le mouvement oculaire vers un cible et le mouvement d'orientation de la tête.
18. EFFEMBERG Alfred O., FEHSE Ursula, SCHMITZ Gerd, KRUEGER Bjoern, MECHLING Heinz, « Movement Sonification: Effects on Motor Learning beyond Rhythmic Adjustments », *Frontiers in Neuroscience*, n° 219, vol. 10, 2016.
19. BERNARD Michel, *op. cit.*, p. 114.
20. BERTHOZ Alain, *Le sens du mouvement*, Paris, Odile Jacob, 1997, p. 50.
21. HARBONNIER-TOPIN, Nicole, DUSSAULT Geneviève, FERRI Catherine, « Regards croisés sur deux pratiques d'analyse du mouvement. L'analyse du mouvement selon Laban (LMA) et l'analyse fonctionnelle du corps dans le mouvement dansé (AFCMD) », *Recherches en danse*, n° 5, 2016, [en ligne], <http://journals.openedition.org/danse/1404>, page consultée le 03 janvier 2021.

22. GIOMI Andrea, «Sonification in Dance Performances. From the Artistic to the Perceptual and back», in *Proceedings of the 6th International Conference on Movement Computing*, New Jersey, ACM, 2020.
23. SHULMANN Nathalie, « Analyse Fonctionnelle du Corps dans le Mouvement Dansé », in LE MOAL Philippe (dir.), *Dictionnaire de la danse*, Larousse, 1999.
24. GROSSHAUSER Tobias, BLÄSIG Bettina, SPIETH Corinna, HERMANN Thomas, «Wearable Sensor-based Real-time Sonification of Motion and Foot Pressure in Dance Teaching and Training», *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 60(7/8), 2011, pp. 580-589.
25. CAMURRI Antonio, CANEPA Corrado, FERRARI Nicola, MANCINI Maurizio, NIEWIADOMSKI Radoslaw, PIANA Stefano, VOLPE Gualtiero, MATOS Jean-Marc, PALACIO Pablo, ROMERO Muriel, «A System to Support the Learning of Movement Qualities in Dance: a Case Study on Dynamic Symmetry», in *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, Adjunct, 2016, pp. 973-976.
26. SCHULMANN Nathalie, *art. cit.*
27. FRANÇOISE Jules, FDILI ALAOUI Sarah, SCHIPHORST Thecla, BEVILACQUA Frédéric, «Vocalizing Dance Movement for Interactive Sonification of Laban Effort Factors», in *Proceedings of the 2014 conference on Designing interactive systems*, 2014, pp. 1079-1082.
28. NIEWIADOMSKI Radoslaw, MANCINI Maurizio, CERA Andrea, PIANA Stefano, CANEPA Corrado, CAMURRI Antonio, «Does Embodied Training Improve the Recognition of Mid-level Expressive Movement Qualities Sonification?», *Journal on Multimodal User Interfaces*, vol. 13.3, 2019, pp. 191-203.
29. MENICACCI Armando, QUINZ Emanuele, « Étendre la perception ? Transferts intermodaux et biofeedback en danse », *Nouvelles de danse n° 53: scientifiquement danse*, Bruxelles, Contredanse, 2006, pp. 76-96.
30. L'expérimentation s'est déroulée pendant le *Techlab* du Monaco Dance Forum 2004.
31. FRANÇOISE Jules, CANDAU Ives, FDILI ALAOUI Sarah, SCHIPHORST Thecla, «Designing for Kinesthetic Awareness: Revealing User Experiences through Second-person Inquiry», in *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2017, pp. 5171-5183.
32. GIOMI Andrea, «From Haptic Perception to Movement. A Phenomenological Study on Sound and Technological Mediation in Dance Pedagogy», *REPERTÓRIO: Teatro & Dança*, n° 28, 2017, pp. 342-361.
33. GIOMI Andrea, FRATAGNOLI Federica, «Listening Touch. A Case Study about Multimodal Awareness in Movement Analysis with Interactive Sound Feedbacks», in *Proceedings of the 4th International Conference on Movement Computing*, Genoa, ACM, 2018.
34. J'utilise le terme « archiver » car la capture du geste, réalisée par le biais des capteurs d'accélération, de vitesse et de tension musculaire, ne donne pas lieu à une sonification directe. En effet, les algorithmes d'apprentissage automatique permettent de générer des échantillons gestuelles qui sont réalisés à partir de plusieurs sessions d'enregistrement du même geste. Une fois l'archive gestuelle établie, chaque geste peut être ensuite associé à un son différent qui réagit en temps réel au mouvement exécuté.
35. Pour une introduction GIOMI Andrea, « Pour une approche de l'écoute incarnée. Corps, technologies et perception », *Hybrid*, n° 6, 2019, [en ligne], <http://www.hybrid.univ-paris8.fr/lodel/index.php?id=1300>, page consultée le 02 janvier 2021.
36. LEMAN Marc, *Embodied Music Cognition and Mediation Technology*, Cambridge, MIT Press, 2008, pp. 89-92.
37. Définition de l'AFCMD dans le site de l'association Accord Cinétique. Voir : Association Accord Cinétique, [en ligne], <http://afcmd.com/page/11/qui-sommes-nous>, page consultée le 02 janvier 2021.

RÉSUMÉS

Dans les dix dernières années, la sonification du mouvement a fait l'objet d'un intérêt croissant dans le champ chorégraphique. Dans ce cadre, le retour sonore a été employé dans des pratiques très variées telles que l'enseignement de la danse, l'étude des qualités de mouvement et les pratiques somatiques, dans le but d'enrichir l'apprentissage sensori-moteur et la conscience kinesthésique du corps. En partant des intuitions d'Hubert Godard sur les bio-feedback (2001, 2006), cet article examine l'intérêt de la rétroaction sonore comme outil de lecture du mouvement dansé. De ce point de vue, la représentation auditive présente un double intérêt pour l'analyse du mouvement : d'une côté, elle fournit un stimulus extéroceptif et multimodal au danseur lui permettant d'interroger les conditions de possibilités sensorimotrices à la base de la création du geste, de l'autre, elle constitue une trace sensorielle complémentaire au regard qui, en amplifiant les nuances et les tonalités dynamiques du geste, permet d'ancrer l'analyse sur la perception sonore et non pas seulement sur l'observation visuelle.

During the last decade, movement sonification has gained currency in a variety of dance-related fields such as dance teaching, qualitative movement analysis and somatic practices, with the aim of enhancing sensory-motor learning and bodily kinesthetic awareness. Stemming from Hubert Godard's insights on bio-feedback (2001, 2006), this paper seeks to examine the role of interactive sonification as a tool for dance movement literacy. From this point of view, auditory representation has a twofold interest for movement analysis: on the one hand, it provides an exteroceptive and multimodal feedback allowing dancers to experiment new ways of composing gesture, and on the other hand, it represents an auditory footprint of movement, which amplifies the nuances and dynamic qualities of the gesture, thereby allowing dance scholars to base their analysis on auditory perception and not only on visual observation.

INDEX

Mots-clés : Godard (Hubert), perception du geste, rétroaction sonore, sonification du mouvement

Keywords : auditory feedback, gesture perception, Godard (Hubert), movement sonification

AUTEUR

ANDREA GIOMI

Chercheur, musicien et artiste numérique. Il est actuellement A.T.E.R. à l'Université Gustave-Eiffel (Marne-la-Vallée). De 2018 à 2020, il a été chercheur postdoctoral au « Performance Lab » de l'Université Grenoble-Alpes où il a mené des études approfondies sur la sonification du mouvement dans le cadre du projet Gestures et Fréquences : Somatique et Codage Créatif. Ses intérêts scientifiques portent sur la cognition musicale incarnée, la phénoménologie, l'interaction homme-machine, la danse et les nouvelles technologies, la conception sonore interactive, l'histoire et l'esthétique des arts numériques et de la performance, la philosophie de la technologie. En tant qu'artiste et interprète, ses intérêts tournent autour des relations émergentes entre le corps, le son et les environnements technologiques, en particulier dans le domaine de l'improvisation. Il a collaboré avec plusieurs chorégraphes français et italiens dont

Ariella Vidach, Raphael Bianco et Eric Oberdorff. Il est l'un des fondateurs du collectif artistique et théâtral Kokoschka Revival.