



University of HUDDERSFIELD

University of Huddersfield Repository

Dufeu, Frédéric

Temps réel et temps différé dans l'instrument de musique numérique

Original Citation

Dufeu, Frédéric (2008) Temps réel et temps différé dans l'instrument de musique numérique. In: EMS08 - Electroacoustic Music Studies - Conference Theme: Musique concrète - 60 years later, 3rd - 7th June 2008, Paris, France. (Unpublished)

This version is available at <http://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/16369/>

The University Repository is a digital collection of the research output of the University, available on Open Access. Copyright and Moral Rights for the items on this site are retained by the individual author and/or other copyright owners. Users may access full items free of charge; copies of full text items generally can be reproduced, displayed or performed and given to third parties in any format or medium for personal research or study, educational or not-for-profit purposes without prior permission or charge, provided:

- The authors, title and full bibliographic details is credited in any copy;
- A hyperlink and/or URL is included for the original metadata page; and
- The content is not changed in any way.

For more information, including our policy and submission procedure, please contact the Repository Team at: E.mailbox@hud.ac.uk.

<http://eprints.hud.ac.uk/>

Frédéric Dufeu

« Temps réel et temps différé dans l'instrument de musique numérique »

EMS08

Electroacoustic Music Studies Network International Conference

3-7 juin 2008 (Paris) - INA-GRM et Université Paris-Sorbonne (MINT-OMF)

3-7 June 2008 (Paris) - INA-GRM and University Paris-Sorbonne (MINT-OMF)

<http://www.ems-network.org>

Temps réel et temps différé dans l'instrument de musique numérique

Frédéric Dufeu

1. Introduction. D'une musique sans instrument aux outils numériques d'exécution

Pour les musiques reposant sur l'écriture, la distinction des activités de composition d'une part et d'exécution instrumentale d'autre part peut être mise en correspondance, d'un point de vue global, à celle opposant le temps différé au temps réel. La réalité acoustique d'une œuvre dépend à la fois de sa partition, dont la construction lui est antérieure, et de son interprétation, qui lui est concomitante. L'intégration de l'enregistrement mécanique puis magnétique à l'acte de création introduit, pour les œuvres, une nouvelle modalité d'exécution. L'importance de l'avènement de la musique concrète est, à ce titre, soulignée par Marc Battier : « avec son *Étude aux chemins de fer* réalisée à partir d'enregistrements prélevés à la gare des Batignolles, lors d'une opération spécifique de "direction" des mouvements et des bruits divers, Pierre Schaeffer compose la première de ses cinq *Études de bruit*. La période qui s'ouvre alors, à partir de 1948, avec la musique dite "concrète", est caractérisée par un paradoxe : la musique, désormais, existe sans instrument. »¹

Deux types de rapports entre la composition des œuvres et leurs modalités d'exécution peuvent alors être dégagés. À la situation déjà existante de la musique instrumentale, pour laquelle la composition consiste en l'écriture d'une partition et l'exécution s'effectue par l'interprétation du texte musical que proposent un ou plusieurs instrumentistes, s'ajoute celle d'une musique sans instrument, dont les œuvres sont définitivement fixées sur support au moment de l'acte compositionnel puis exécutées par la diffusion du son enregistré sur un système d'amplification et de haut-parleurs. Mais les musiques électroacoustiques, au cours de 60 ans d'histoire, n'ont pas pour autant exclu le jeu instrumental. Par exemple, Peter Szendy écrivait en 1998 que « l'Ircam, à la différence d'autres institutions musicales, a d'emblée inscrit ses activités au sein d'une culture du concert. Dans le répertoire de l'institut, rares sont en effet les œuvres pour bande magnétique ou électronique seule. Au niveau des choix technologiques, c'est l'interaction entre les interprètes et les "machines" qui a toujours été privilégiée. »² L'opposition entre temps réel et temps différé peut ainsi être employée pour distinguer deux modalités d'exécution parmi les musiques électroacoustiques. Alors que la réalisation acoustique des œuvres dites « en temps réel » est régie par des instrumentistes et dépend dans une large mesure des circonstances liées à leur interprétation, les œuvres pour bande seule, élaborées en studio, sont diffusées en temps différé, sans incertitude essentielle au moment du concert.

Pourtant, cette opposition ne peut agir qu'au niveau de l'exécution des œuvres dans leur globalité. Le jeu instrumental, dans le répertoire du temps réel, n'exclut pas en lui-même la présence d'éléments relevant du temps différé. Les correspondances entre instrumentalité et temps réel d'une part et entre information enregistrée et temps différé d'autre part doivent être nuancées, dans la mesure où les deux temporalités peuvent coexister au sein des lutheries numériques destinées à l'exécution musicale.

2. Remarques générales sur les notions de temps réel et de temps différé dans les outils de création musicale

2.1. Acception informatique du temps réel

D'après le *Dictionnaire des arts médiatiques*, le temps réel est la « modalité temporelle des systèmes de traitement de l'information dans lesquels il n'y a pas de délai entre la sortie d'informations et l'entrée de données »³. Dans une définition plus spécifiquement informatique, Jean-Pierre Balpe soulève la concomitance entre entrée et sortie d'informations du point de vue de la perception : « il y a [...] interactivité dès lors qu'un perceuteur, agissant d'une façon quelconque sur les interfaces de saisie d'un système informatique, a la possibilité de vérifier une réaction réponse au travers des modifications provoquées par ses actes sur l'état apparent des interfaces de perceptibilité d'un dispositif. La perception du lien action-réaction doit ainsi s'effectuer dans un temps suffisamment court pour qu'une telle vraisemblance de rapport soit construite. »⁴ La possibilité d'entendre une réaction sonore immédiatement consécutive à une action gestuelle étant une condition de l'instrumentalité, l'intérêt de l'application du temps réel informatique à un outil d'exécution musicale est directement visible. Mais le temps réel présente également une utilité pour les outils de composition.

2.2. Importance du temps réel pour les outils de composition

Selon Karim Barkati et Mario Lorenzo, « la pratique habituelle amène à considérer globalement que le "temps réel" désigne les situations de concert ou de sonorisation où l'informatique intervient directement et activement, avec une instantanéité apparente, tandis que le "temps différé" désigne davantage les situations de studio associées au temps de

¹ Marc Battier, « Une nouvelle géométrie du son. Le paradoxe de la lutherie électronique », *Les cahiers de l'Ircam. Recherche et musique*, n° 7, *Instruments*, 3^e trimestre 1995, p. 50.

² Peter Szendy, « Musique, temps réel », *Résonance*, n° 14, octobre 1998, n. p.

Article consulté à l'adresse : <http://mediatheque.ircam.fr/articles/textes/Szendy98b/> (lien vérifié le 23 décembre 2008).

³ Louise Poissant (éd.), *Dictionnaire des arts médiatiques*, Université du Québec à Montréal, Groupe de recherche en arts médiatiques, 1996, n. p.

Article consulté à partir de l'adresse : <http://132.208.118.245/frames/termA.html> (lien vérifié le 23 décembre 2008).

⁴ Jean-Pierre Balpe, *Contextes de l'art numérique*, Paris, Hermes Science Publications, 2000, p. 160.

l'acte compositionnel et de la réflexion. »⁵ Pourtant, temps réel et temps différé sont tous deux présents dans les situations et les outils de composition. Dans un entretien avec Tod Machover daté de 1985, Giuseppe Di Giugno évoquait le souvenir suivant : « Je me rappelle bien le travail pénible que représentaient toutes les expériences devant être faites manuellement à l'époque. [...] Pour chaque expérience nous étions obligés d'écrire des centaines de numéros dans un cahier, de les transférer après sur l'ordinateur à l'aide d'une machine à écrire, et puis d'attendre parfois une semaine pour avoir un seul résultat. C'est à cause de cette lenteur de réaction que j'ai été convaincu de la nécessité d'avoir des ordinateurs spécialisés et beaucoup plus rapides, conviction qui m'a amené beaucoup plus tard à la machine 4x. »⁶ Si cette dernière, et plus généralement les progrès de l'informatique en matière de temps de calcul et de souplesse d'utilisation, ont pu trouver de nombreuses applications dans l'établissement de dispositifs numériques destinés à l'exécution musicale, l'expérience de Di Giugno témoigne des difficultés de tout travail reposant sur un dispositif informatique dont les réponses ne suivent pas immédiatement les propositions.

Tout en confirmant l'utilité des dispositifs informatiques interactifs, Jean-Claude Risset montre que les aspects musicaux liés au temps réel de l'exécution ne sont pas absents du travail de composition. « Dans la musique électroacoustique pour bande [...] le compositeur a le loisir de composer en s'affranchissant du cadre temporel de la musique. Mais il ne fournit pas seulement une partition comme un plan d'architecte, il construit le son et le plonge dans le temps : il lui revient donc d'animer un temps formel ou formulaire. Le compositeur assume la responsabilité de l'exécutant, et il est confronté directement aux problèmes d'expressivité : s'il présente une phrase mélodique voisine d'un style instrumental, il lui revient de la "phraser" – il ne peut se défaire sur un interprète absent. [...] Le compositeur électroacoustique, même s'il réalise une musique sur support, peut donc souhaiter disposer du "temps réel" pour pouvoir contrôler les nuances par des gestes. »⁷ Le temps réel existe ainsi au sein de l'activité de composition, dont la considération selon un détachement complet de l'inscription temporelle de l'œuvre n'est que théorique. Inversement, l'activité d'exécution et les instruments numériques eux-mêmes n'excluent pas certains éléments relevant du temps différé.

3. Temps réel et temps différé dans la configuration des instruments numériques

3.1. Définition d'un instrument numérique

En tenant compte des données introduites par l'avènement des lutheries numériques, Bruno Bossis donne d'un instrument de musique la définition générale suivante : « Un instrument de musique ne peut être considéré comme tel que s'il comprend la chaîne complète du geste à l'émission sonore ou au moins à un signal électrique analogue à cette émission. Un amplificateur n'est pas considéré comme un instrument de musique, contrairement à une guitare électrique, un synthétiseur avec clavier, un échantillonneur (*sampler*) ou un synthétiseur modulaire. Un ordinateur n'en est pas un, mais s'il est muni d'une entrée son ou d'une interface gestuelle, d'un logiciel de synthèse ou de traitement, alors l'ensemble du dispositif peut être considéré comme un instrument de musique. »⁸ Précisons que si la chaîne du geste au son est une condition de l'instrument d'exécution, elle ne suffit pas à le définir : elle peut également être constitutive d'un outil de composition. Mentionnons également que la considération d'un dispositif numérique d'exécution musicale en tant qu'instrument de musique n'est pas unanimement admise. Claude Cadoz exprime des réserves en ce sens, se basant sur la nécessité, pour la définition d'une relation instrumentale, d'une continuité énergétique entre geste effecteur et production sonore. « Ce que nous voyons là ne sont que des machines déguisées en instrument. [...] En effet l'énergie du geste s'arrête au périphérique gestuel, aussi performant soit-il. Passé la frontière, il n'y a que l'information, portée par des circuits qui tiennent leur énergie de l'alimentation secteur. De même, l'énergie acoustique émise par les haut-parleurs ou l'énergie optique qui vient de l'écran, ont leur source dans l'alimentation électrique. Elles viennent de la centrale, non du corps humain. [...] Les moteurs des systèmes à retour d'effort sont alimentés par les centrales électriques. En résumé, dans [une] situation même idéalisée, la relation serait multisensorielle, [...] mais la chaîne énergétique resterait discontinue. Soumise à cette "coupure ontologique", la relation ne serait pas instrumentale. »⁹ Malgré une telle restriction, le terme « instrument » est d'usage courant dans le

⁵ Karim Barkati et Mario Lorenzo, « CBox : entre temps réel et temps différé », Actes des Journées d'Informatique Musicale 2005, Saint Denis, Maison des Sciences de l'Homme Paris Nord, du 2 au 4 juin 2005, p. 2. La pagination est celle de l'article tel qu'il a été consulté à l'adresse : <http://jim2005.mshparisnord.org/download/30.%20CBox5-4.pdf> (lien vérifié le 20 février 2008).

⁶ Tod Machover et Giuseppe Di Giugno, « Entretien avec Giuseppe Di Giugno », dans Tod Machover (éd.), *Quoi ? Quand ? Comment ? La recherche musicale*, Paris, Christian Bourgois Éditeur et Ircam, collection Musique/Passé/Présent, 1985, p. 187.

⁷ Jean-Claude Risset, « Temps et musique numérique », dans Françoise Barrière, Nathalie Delaume, Sylvie Gauthier, Catherine Maury (éd.), *Le temps en musique électroacoustique*, Actes v des travaux 1999-2000 de l'Académie Internationale de Musique Électroacoustique, Bourges. Éditeur : Bourges, Mnémosyne, 2001, p. 142-143.

⁸ Bruno Bossis, « Écriture instrumentale, écriture de l'instrument », Actes du colloque international *Composer au XXI^e siècle. Processus et philosophies*, Montréal, du 28 février au 3 mars 2007, p. 2. La pagination est celle de l'article tel qu'il a été consulté à l'adresse : http://www.oiccm.umontreal.ca/doc/col_2007/textes_conferenciers/bossis/bossis_montrealcompos101env.pdf (lien vérifié le 23 décembre 2008).

⁹ Claude Cadoz, « Musique, geste, technologie » dans Hugues Genevois et Raphaël De Vivo (dir.), *Les nouveaux gestes de la musique*, Marseille, Éditions Parenthèses, collection Eupalinos, 1999, p. 89.

domaine des lutheries numériques. Un instrument de musique numérique peut être défini de manière très générale par sa constitution – la présence d’une interface d’accès gestuel, d’un environnement informatique et d’une interface de sortie sonore – et sa destination : l’exécution musicale. La précision de Claude Cadoz n’est pas pour autant inutile : c’est précisément parce que l’environnement situé entre l’acquisition du geste et la production du son est porteur d’information que ses configurations sont, potentiellement, infinies.

3.2. Programmation de l’instrument et détermination de l’équilibre temps réel – temps différé

L’environnement informatique constitutif des instruments numériques n’est pas nécessairement configuré de sorte à simuler le comportement des lutheries mécanico-acoustiques, pour lesquelles la production sonore est immédiatement consécutive à l’action de l’interprète. Hugues Vinet relève deux niveaux de complexité dans l’interaction mise en jeu dans les dispositifs numériques d’exécution : « la réalisation d’œuvres associant, en temps réel, parties instrumentales et électroniques [...] repose sur des concepts d’interaction immédiate [...]. Leur principe consiste en une extension de la métaphore de l’instrument, en tant que système produisant un résultat sonore en réaction immédiate à un stimulus d’entrée [...]. À un premier stade, le traitement du signal produit par les instruments acoustiques en démultiplie les possibilités sonores en matière de polyphonie et de timbre. Le caractère imperceptible du temps nécessaire au traitement donne l’illusion d’une simultanéité et donc d’une démultiplication polyphonique du son d’origine. À un second stade de complexité, notamment par l’utilisation de mémoires (retard, échantillonnage), les informations extraites de l’interprétation déclenchent des processus musicaux se déployant dans le temps. La limite des systèmes actuels tient aux possibilités d’articulation des temporalités respectives de l’interprétation et des processus électroniques. »¹⁰ Parmi les informations traitées par la partie virtuelle des instruments numériques, certaines sont issues du jeu en temps réel de l’interprète, tandis que d’autres sont élaborées avant l’exécution. En fonction du type d’information considéré, différentes catégories de configurations peuvent être dégagées. La préparation en studio de fichiers audionumériques destinés à être déclenchés et contrôlés par l’exécutant permet la mise en place du principe de l’échantillonneur. La mise en mémoire d’informations relevant de la représentation musicale destinées à être comparées au jeu de l’instrumentiste est nécessaire à la mise en œuvre d’un suivi de partition, à partir duquel le dispositif détermine son comportement sonore en fonction du moment de la pièce auquel il se trouve.

De plus, les éléments relevant du temps différé dans l’instrument numérique ne sont pas nécessairement déjà présents avant l’exécution. Le dispositif peut être configuré de sorte à permettre la mise en mémoire d’informations pendant le jeu de l’interprète. Pour le signal sonore, le retard constitue une application simple de cette procédure : un fragment sonore est enregistré puis réitéré. Mais la différenciation d’informations introduites pendant l’exécution peut également agir selon des interactions plus complexes et selon des échelles variables, aussi bien pour la dimension des matériaux mis en mémoire que pour la distance temporelle séparant la proposition de l’interprète de sa réintroduction dans le discours musical. Par ailleurs, l’enregistrement en cours de jeu n’est pas réservé aux seules informations sonores, mais peut également être appliqué à celles qui relèvent de la représentation solfégique ou de n’importe quel paramètre musical.

4. D’une instrumentalité singulière au déplacement de la fonction de l’interprète

4.1. Inscription temporelle de la relation causale de geste à son

Qu’ils soient mis en mémoire de l’instrument avant ou pendant l’exécution, les éléments sonores et musicaux relevant du temps différé sont soumis aux actions opérées en temps réel par l’instrumentiste. Si les réseaux reliant le geste et le son peuvent être démultipliés et complexifiés par la programmation de l’instrument, la relation causale s’inscrit dans un temps qui implique nécessairement une précédence de l’action de l’instrumentiste par rapport à la production sonore du dispositif. À propos de *Atem*, pour cor, clarinette basse, contrebasse, piano et dispositif électroacoustique (2003), Horacio Vaggione déclare : « Je m’éloigne de cette esthétique où un interprète joue et où une réponse intervient dans la partie électronique une première fois, puis une seconde, une troisième [...] de sorte que chaque figure s’éloigne dans le temps pour donner l’effet d’une causalité directe. Dans ce que j’écris, la figure électronique peut se présenter avant l’instrumental. »¹¹ Un tel ordonnancement, faisant apparaître une figure instrumentale après sa dérivation électroacoustique, n’est rendu possible que par le hors-temps compositionnel et la juxtaposition, pendant l’exécution, du jeu instrumental et de la lecture des sons fixés sur bande. Au contraire, dans une œuvre mixte pour dispositif temps réel, l’élaboration d’un instrument numérique permet le contrôle de la partie électroacoustique par l’interprète, mais l’interaction mise en place inscrit nécessairement la présentation des figures ou des processus générés par l’environnement informatique après les actions gestuelles qui en sont la condition. La relation, portée par l’instrument, entre le jeu en temps réel et les matériaux élaborés antérieurement, à plus ou moins long terme, pour être réintroduits en temps différé, reste soumise au déroulement téléologique de l’œuvre.

4.2. Possibilité d’une fonction d’invention pour l’interprète

Les configurations permises par la programmation des lutheries numériques n’ont pas pour seule conséquence le développement d’instrumentalités singulières, s’éloignant selon divers degrés du jeu associé aux outils traditionnels. Comme nous l’avons vu, le temps différé peut être mis en correspondance avec l’activité compositionnelle : le matériau, détaché des contraintes temporelles liées à sa réalisation acoustique, se prête à la manipulation. Si

¹⁰ Hugues Vinet, « Sur l’établi : geste, interaction, écriture du temps. Introduction », *L’inouï*, n° 2, mai 2006, p. 90-91.

¹¹ Pascale Criton, Paul Méfano, Makis Solomos, Horacio Vaggione, « Entretien autour d’*Atem* », dans Solomos, Makis (dir.), *Espaces composables. Essais sur la musique et la pensée musicale d’Horacio Vaggione*, Paris, L’Harmattan, collection « Esthétiques », 2007, p. 146.

l'instrument de musique permet, en plus d'accueillir des informations créées en amont de l'exécution, de donner à l'interprète les moyens de différer et de traiter les matériaux qu'il crée par son jeu, l'hypothèse d'une fonction d'invention propre à l'instrumentiste doit être posée. Certains travaux de l'équipe Représentations musicales de l'Ircam, relatifs à l'application de modèles de simulation stylistique aux situations de jeu en temps réel, mettent en jeu un tel équilibre entre propositions par l'instrumentiste et recombinaisons de ces propositions à l'aide d'un dispositif informatique. Gérard Assayag, Georges Bloch et Marc Chemillier résumant ainsi les enjeux d'une telle configuration : « L'objectif visé par [...] ces études [est] d'utiliser la simulation stylistique dans un cadre de composition ou d'improvisation, comme une machine générative qui puiserait ses matériaux dans des musiques existantes ou dans le jeu vivant d'un improvisateur. Les séquences engendrées sont des recombinaisons de *patterns* appris, selon les règles d'inférence induites. L'hypothèse sous-jacente pose que si les matériaux appris sont assez vastes, la recombinaison devient un vrai moyen d'invention, d'une part, et qu'elles ressortent d'un style d'autre part. Il y a donc réinjection d'un certain passé, mais réinjection altérée et porteuse d'invention. »¹² La recombinaison des informations issues du jeu d'un instrumentiste est ici uniquement opérée par l'environnement numérique. Mais la possibilité de manipulation d'éléments créés et différés au sein même de l'exécution ouvre la perspective, pour l'instrumentiste, d'un dépassement de sa fonction initiale par la participation à l'invention des matériaux eux-mêmes, déplaçant ainsi l'équilibre des rôles du compositeur et de l'interprète dans la création de l'œuvre musicale.

5. Conclusion

Le 21 avril 1948, Pierre Schaeffer notait dans son premier journal de la musique concrète : « Si j'ampute les sons de leur attaque, j'obtiens un son différent ; d'autre part, si je compense la chute d'intensité, grâce au potentiomètre, j'obtiens un son filé dont je déplace le soufflet à volonté. J'enregistre ainsi une série de notes fabriquées de cette façon, chacune sur un disque. En disposant ces disques sur des pick-up, je puis, grâce au jeu des clés de contact, jouer de ces notes comme je le désire, successivement ou simultanément. Bien entendu la manipulation est lourde, inapte à toute virtuosité ; mais je possède un instrument. Nouvel instrument ? Je me méfie. »¹³ 60 ans plus tard, les développements de nouvelles lutheries ont donné lieu à des instruments dont l'utilisation est souple et favorise la virtuosité. Mais la prudence quant à la considération de ces dispositifs d'exécution selon un modèle instrumental traditionnel reste de mise. Pour certains d'entre eux, la coprésence d'éléments relevant de différentes temporalités implique non seulement une instrumentalité particulière, par laquelle la production sonore n'est pas toujours soumise au principe de concomitance entre geste et son, mais peut aussi appeler une reconsidération de la fonction de l'interprète, qui peut se voir investi d'une part d'invention sur les matériaux sonores et musicaux. Pour les développements toujours en cours de mise à l'épreuve des réalités musicales et des nécessités esthétiques des compositeurs, il appartient aux pratiques contemporaines de montrer dans quelle mesure les perspectives ouvertes par les instruments d'exécution intégrant temps réel et temps différé donneront lieu à des situations musicales se rapprochant ou s'émancipant du modèle instrumental traditionnel.

6. Références bibliographiques

- ASSAYAG, Gérard, BLOCH, Georges, CHEMILLIER, Marc, « Improvisation et réinjection stylistiques », Actes des Rencontres Musicales Pluridisciplinaires 2006, Lyon, Grame, 17 et 18 mars 2006.
<http://mediatheque.ircam.fr/articles/textes/Assayag06c/> (lien vérifié le 23 décembre 2008).
- BALPE, Jean-Pierre, *Contextes de l'art numérique*, Paris, Hermes Science Publications, 2000.
- BARKATI, Karim et LORENZO, Mario, « CBox : entre temps réel et temps différé », Actes des Journées d'Informatique Musicale 2005, Saint Denis, Maison des Sciences de l'Homme Paris Nord, du 2 au 4 juin 2005.
<http://jim2005.mshparisnord.org/download/30.%20CBox5-4.pdf> (lien vérifié le 20 février 2008).
- BATTIER, Marc, « Une nouvelle géométrie du son. Le paradoxe de la lutherie électronique », *Les cahiers de l'Ircam. Recherche et musique*, n° 7, *Instruments*, 3^e trimestre 1995, p. 43-56.
- BOSSIS, Bruno, « Écriture instrumentale, écriture de l'instrument », Actes du colloque international *Composer au XXI^e siècle. Processus et philosophies*, Montréal, du 28 février au 3 mars 2007.
http://www.oiccm.umontreal.ca/doc/col_2007/textes_conferenciers/bossis/bossis_montrealcompos101env.pdf
 (lien vérifié le 23 décembre 2008).
- CADOZ, Claude, « Musique, geste, technologie » dans Hugues Genevois et Raphaël De Vivo (dir.), *Les nouveaux gestes de la musique*, Marseille, Éditions Parenthèses, collection Eupalinos, 1999, p. 47-92.
- CRITON, Pascale, MÉFANO, Paul, SOLOMOS, Makis, VAGGIONE, Horacio, « Entretien autour d'*Atem* », dans Makis Solomos (dir.), *Espaces composables. Essais sur la musique et la pensée musicale d'Horacio Vaggione*, Paris, L'Harmattan, collection Esthétiques, 2007, p. 135-153.
- MACHOVER, Tod et DI GIUGNO, Giuseppe, « Entretien avec Giuseppe Di Giugno », dans Tod Machover (éd.), *Quoi ? Quand ? Comment ? La recherche musicale*, Paris, Ircam et Christian Bourgois Éditeur, collection Musique/Passé/Présent, 1985, p. 185-196.

¹² Gérard Assayag, Georges Bloch, Marc Chemillier, « Improvisation et réinjection stylistiques », Actes des Rencontres Musicales Pluridisciplinaires, Lyon, Grame, 17 et 18 mars 2006, p. 79. La pagination est celle de l'article tel qu'il a été consulté à l'adresse : <http://mediatheque.ircam.fr/articles/textes/Assayag06c/> (lien vérifié le 23 décembre 2008).

¹³ Pierre Schaeffer, *À la recherche d'une musique concrète*, Paris, Éditions du Seuil, collection Pierres vives, 1952, p. 15.

POISSANT, Louise (éd.), *Dictionnaire des arts médiatiques*, Université du Québec à Montréal, Groupe de recherche en arts médiatiques, 1996. <http://132.208.118.245/frames/termA.html> (lien vérifié le 23 décembre 2008).

RISSET, Jean-Claude, « Temps et musique numérique », dans Françoise Barrière, Nathalie Delaume, Sylvie Gauthier, Catherine Maury (éd.), *Le temps en musique électroacoustique*, Actes v des travaux 1999-2000 de l'Académie Internationale de Musique Électroacoustique, Bourges. Éditeur : Bourges, Mnémosyne, 2001, p. 141-146.

SCHAEFFER, Pierre, *À la recherche d'une musique concrète*, Paris, Éditions du Seuil, collection Pierres vives, 1952.

SZENDY, Peter, « Musique, temps réel », *Résonance*, n° 14, octobre 1998.
<http://mediatheque.ircam.fr/articles/textes/Szendy98b/> (lien vérifié le 23 décembre 2008).

VINET, Hugues, « Sur l'établi : geste, interaction, écriture du temps. Introduction », *L'inouï*, n° 2, mai 2006, p. 89-93.