

Dans les années 1950 - 1970, l'essor de la technologie numérique a remis en cause les conceptions de la modélisation musicale fondées a priori sur une certaine logique de l'écriture. C'est avec le magnétophone, invention qui semblait maîtriser le temps, que la musique est devenue concrète, lorsque la peinture, elle, se réfugiait dans l'abstraction. Une telle prise de possession du matériau s'est accompagnée de nombreux bouleversements théoriques et pratiques. Avec l'apparition de l'électronique et de l'électro-acoustique, à la construction du sonore s'est jointe une réflexion sur sa réception. Finalement, plusieurs modèles théoriques et pragmatiques viendront suppléer la carence des anciennes conceptions de la musique fondées sur les rapports entre les paramètres classiques de hauteur, durée, intensité, timbre.

L'épuisement de la combinatoire de ces paramètres avait conduit à une crise théorique profonde. C'est dans ce contexte de crise que les musiciens aborderont, d'abord avec méfiance, un nouvel instrument dévolu tout autant à la construction du son qu'à son organisation. Les modèles proposés par l'électronique s'avérant pauvres, il fallait redécouvrir ce qui depuis vingt siècles avait fait la richesse communicative du son : sa vie. Le modèle proposé par la technique numérique semble avoir voulu prendre le problème à bras le corps en proposant cette double approche : dans l'une, le compositeur s'intéresse au son lui-même, c'est-à-dire à un phénomène dont il souhaite faire un matériau plus malléable. Dans l'autre, l'ordinateur prend directement en charge la composition même de la musique, d'abord au moyen d'une interface graphique qui transcrit les symboles des notes, puis directement par l'élaboration de ce qu'il est désormais convenu d'appeler un processus compositionnel. La typologie du modèle musical s'en trouvait donc considérablement élargie. Car si l'analyse paraît utile pour connaître comment des éléments qui entretiennent entre eux des relations sans liens de causalité univoque interagissent et fondent une nouvelle cohérence, une telle démarche, par nature rétrospective, semble inapplicable à la musique qui vit de l'évolution dans le temps. Tant au niveau microscopique, où l'oreille perçoit la moindre variation de chaque composante, qu'au niveau macroscopique où la musique reconstruit l'ordre dans l'écoulement entropique du temps, l'avenir est sans cesse réinventé et cette fausse bienveillance qui utilise le retour sur soi-même, rétrospectivement ou de façon introspective, contrecarre l'attitude artistique qui projette dans l'avenir. En réalité, cette erreur provient d'un amalgame entre deux types de modèle, le modèle scientifique et le modèle artistique, et d'une transcription erronée de l'attitude scientifique.

Un modèle scientifique est avant tout étudié pour servir d'intermédiaire entre une réalité objective observée ou prévue, et une action expérimentale qui fondera une nouvelle réalité observable. Ce type de modèle ne trouve sa pleine efficacité que s'il est cohérent, complet et souple d'utilisation. Ce critère d'efficacité se mesurera à l'aune d'une triple vertu : simplificatrice (le modèle est général), unificatrice (sa puissance de réalisation fonde des lois universelles) et prédictive (son utilisation permet à l'observateur de déduire de nouvelles lois). L'émergence de nouvelles sciences, dites humaines — et qui n'ont de science que le nom — va complètement détruire cette conception. Dans le modèle des sciences humaines (anthropologie, économie, sociologie, etc.), les relations

entre les variables ne s'expriment pas par des rapports mathématiques. Dans ces sciences, en effet, il n'y a plus de lien entre la cause et l'effet, entre le quantitatif et le qualitatif entre le système et la production. La notion de modèle n'est utilisée que pour observer un conglomérat de possibles, déduit des variations d'une structure complexe qui regroupe un ensemble important de phénomènes. Les liens logico mathématiques qui tissent le réseau de cette structure modélisée traduisent certaines émergences qui ne possèdent avec la structure originale aucune liaison causale. En transposant à l'expérimentation musicale cette typologie qui offre prise sur la complexité, la recherche a redéfini ses concepts. Au centre de ce traitement modélisé de la complexité, l'ordinateur fut l'instrument de cette redéfinition.

D'abord utilisé en transposant les modèles d'investigation provenant des sciences humaines (modèle statistique, modèle de l'information¹, modèle sémiotique et sémiologique²), ces modèles de composition devinrent une source de données émancipatrices. A partir de ce moment, le modèle traduit une donnée intérieure, intuitive, inspiratrice, transcrit les simulations d'un processus qui échappe à la conscience

Montée en puissance des formalismes

La notion de modèle pouvait dès lors s'emparer des apports du matériau nouveau, soutenir un style personnel. L'approche des généralités du modèle s'avérait réinventée par l'approche individuelle. Cette nouvelle forme d'expérimentation a même permis de soutenir la construction de l'objet de la recherche musicale. Mais du coup, elle obligeait les compositeurs à rendre explicite ce qui n'était qu'implicite, à dégager des invariants dans la formation du langage musical, à fonder une ontologie du sonore et du musical. Plutôt que de calquer certaines catégories de pensée qui relèvent d'une approche déterministe de la productivité et de l'effectivité, les compositeurs se sont vus obligés de redéfinir à la fois une nouvelle psycho-acoustique musicale débarrassée des conceptions linéaires de l'acoustique classique, et les exigences d'une poïétique qui conserve les critères fondamentaux d'immédiateté et de spontanéité. Réflexions sur le fond, réflexions sur la forme. Deux tendances qui n'ont jamais été aussi intimement liées dans les préoccupations fonctionnelles du compositeur, et que l'ordinateur a su réconcilier. Jouant le rôle tenu par les lois universelles dans la physique, des invariants formels et fonctionnels de ces deux niveaux d'observation ont dû être dégagés, surtout dans la logique d'une machine à états discrets (système fermé). Cette modélisation devait opérer en dehors de théories trop rigides, inadéquates à une logique du vivant (système ouvert). Comment l'ordinateur a-t-il apporté la preuve que la technique unit l'art et ne saurait le détruire ?

La matière première de la musique reste toujours le son musical, le "donné à entendre" dans sa diversité d'objet "créé". Nous ne reviendrons pas ici sur les déboires et les réussites de la synthèse numérique, élaborée à partir de 1957³, et retardée par la lenteur des techniques de l'époque. Mais nous noterons que c'est de ses investigations que sont

¹HILLER (Lejaren A.), *Informationstheorie und Computermusik*, Darmstädter Beiträge zur Neuen Musik, ..., (1964)

²NATTIEZ (Jean-Jacques), *Fondements d'une sémiologie de la musique*, ..., 1976.

³Cf. *Les cahiers de l'IRCAM-Recherche et Musique*, n° 2, "La synthèse sonore", 1er trimestre 1993.

nées les premières réflexion sur la psycho-acoustique. Les recherches sur la CAO (composition assistée par ordinateur) remontent quant à elles à 1955, et débouchèrent en 1956 sur le fameux quatuor à corde dit “Illiic Suite”, élaboré par Lejaren A. Hiller et Léonard M. Isaacson à l’université de l’Illinois⁴. Quels étaient les postulats de base des travaux d’Hiller et Isaacson ? Dans la mouvance des théories cybernétiques qui accordaient une grande confiance aux pouvoirs du calcul (intelligence artificielle), ils élaborèrent un modèle mathématique d’analyse - construction musicale qui, en adaptant un traité d’harmonie (en l’occurrence le traité de 1725 de Fux, *Gradus ad Parnassum*, et celui de contrepoint de Palestrina) servait de base à une reconstruction. Hiller était un scientifique, un chimiste, et pour lui la décomposition devait permettre la re-composition. Formaliser certaines règles d’écriture et rentrer dans l’ordinateur des schémas compositionnels classiques suffisait à traduire les côtés émotionnels ou passionnels de la musique par des jeux de règles et d’interdits. Puis, pour préserver un certain degré d’expression artistique, le programme simulait l’aspect auto-organisé des fonctions ordonnatrices de la création en introduisant quelques aspects des théories sur la formalisation du hasard (des chaînes de Markov — formulation des processus stochastiques et une méthode aléatoire de tirage des nombres dite de “Monte-Carlo”), très en vogue, elles aussi⁵. Ce qui a fait dire à Hiller que “la musique est un compromis entre la monotonie et le chaos.”, mais sans jamais se poser le problème de savoir qui effectuait ce compromis.

Seules des lois universelles pouvaient dégager une supervision globale de ces productions musicales engendrées automatiquement. Une définition heuristique de la composition a donc été transcrite derrière des algorithmes (P. Barbaud, 1958, *Bull Gén. El.*). Tout autre système compositionnel reste à définir par l’artiste lui-même (exploration des modèles équilibrés d’A. Riotte). Il ne pourra le faire qu’en étant libre, souple, par rapport au logiciel de la machine. Alors les programmeurs ont dû mettre en place des pilotages de ces programmes. Le programme traduit les valeurs musicales en mesure quantifiées (par exemple le programme SCORE de Leland Smith traduit les calculs de trajectoires, complète des sections, ...). La CAO se transforme en aide à la composition. Ces formalisations discrètes de la pensée personnelle du compositeur s’apparentent à une déduction logico-mathématique, uniquement dans la mesure où elles ne constituent pas un cadre obligatoire, rigide, et inatteignable. (Cf. les travaux de G. M. Koenig, et l’assistance à la composition de Project I et II, 1964 - 1970).

⁴Dans leur célèbre ouvrage, HILLER (L.A.) et ISAACSON (L.M.), *Experimental Music - Composition with an electronic Computer*, McGraw Hill, 1959, les auteurs exposent les procédures mises en œuvre.

L’ordinateur Illiic tirait son nom de la contraction *ILLInois Automatic Computer*.

⁵Les théories sur les probabilités appliquées aux jeux furent découvertes par Borel de 1921 à 1928, étendues à la mathématisation de la contingence par Kolmogorov en 1931 (équations *forward* et *backward*), et théorisées dans les relations économiques par von Neumann (l’un des pères de l’ordinateur) et Morgenstern en 1944. De plus, la découverte de lois indéterministes dans les phénomènes physiques microscopiques (relations d’incertitude de Heisenberg) et macroscopiques (théorie de la relativité d’Einstein), complétait cet arsenal et augurait d’une science vouée à l’étude de l’indétermination.

Art sans conscience

Le musicien, s'il se sert inconsciemment ou consciemment de rapports entre les valeurs de ses paramètres, ou d'échelles graduées, toutes notions purement mathématiques, refuse pourtant de laisser son savoir-faire se transformer en une fonction (en un savoir) que l'on pourrait s'appropriier par des théories, et il nie l'immersion dans la sphère mathématique de son domaine artistique. Il veut préserver la nature immanente de ce matériau musical qu'aucune analyse ne saurait décrire, qu'aucune théorie ne saurait figer. La création est subjective. Le choix d'un modèle de calcul peut se révéler très fructueux s'il suffit à créer une métaréalité à partir de fonctions mathématiques. L'usage que Xenakis fera la même année de ces théories stochastiques, et l'application à la composition des règles de l'entropie pour construire des galaxies sonores à densités variables (par exemple dans *Pithoprakta*) nous semble à cet égard plus conforme à l'esprit de la musique. Le processus global y est prévisible, entretenu dans la représentation qu'en a le compositeur, même si les événements qui le composent sont laissés à l'aléa (ST/10). Par cette philosophie de la création, Xenakis essaie de se rapprocher des phénomènes biologiques et des événements du monde vivant. En fait, il ne suffit pas de donner à la machine certaines règles de construction pour édifier une représentation correcte de l'esprit créateur. La modélisation informatique n'est plus qu'un moyen et non une finalité en soi. Le libre arbitre du compositeur (ou de l'interprète) demeure vital pour la création et ne peut se remplacer par une suite de chaînes de nombres aléatoires. La modélisation devait donc essayer de demeurer une simple représentation des processus de création à l'œuvre chez le compositeur. James Tenney, dans *Dialogues opère* ainsi par des limitations de registres (1969)⁶. Elles l'aidaient à traduire le sens de la conscience musicale, à fournir un point de départ à la création.

Composition, conscience de vie

La construction de l'œuvre musicale apparaît désormais liée à l'union des caractérisations spécifiques dégagées par la théorie scientifique avec la mise en place de sémantiques particulières déduites des initiatives de la théorie musicale. Se conformer aux seules grandes lois scientifiques, elles-mêmes fort incertaines, reste toujours voué à buter contre l'échec d'une nature "incomplète". Ce qui nous porte à penser que copier des modèles biologiques, un peu comme l'a fait Xenakis, ou comme prétendait le faire Stockhausen dans *Sirius*, ne suffit déjà plus. Si la réalité artistique existe, c'est qu'elle vient du futur, d'un au-delà qui nous échappe et qu'aucune théorie ne saurait traduire. L'œuvre d'art demeurera donc le lieu privilégié où s'ébauchent tous les possibles, la matrice des genèses virtuelles, déduite de logiques tangibles et pragmatiques mais revisitée par des raisonnements gauchis dans le sens de l'art. Dans cette conquête du vivant, l'ordinateur semble pour l'instant incapable de fournir d'autre visite de l'organisation que négative. Milton Babbitt l'expliquait en disant que "Les règles du contrepoint disent ce qu'il ne faut pas faire, mais elles ne disent pas ce qu'il faudrait faire". Une logique des contraires, révélateur de nouvelles données sensibles et spirituelles, devrait donc désormais suivre une autre voie. Elle doit permettre au virtuel de représenter le

⁶TENNEY (J.), *Computer Music Experiments, Electronic Music Reports*, n°1, 1969, p. 40.

concret, à l'artefact d'appréhender la vie. C'est donc bien d'une traduction du vivant, du stable dans le mouvant, de l'ordre dans le chaos, dont la musique a besoin. Dans cette logique, l'infinité des destins obéit à l'évolution anarchique des phénomènes sans chercher à les maîtriser. Recherches musicales et recherches "biologiques" vont donc se trouver converger les unes vers les autres dans la modélisation numérique (cette convergence fut facilitée par l'arrivée des microprocesseurs et des ordinateurs personnels dans les années soixante-dix). Or la vie ne se modélisera jamais à partir des modèles scientifiques : on le sait désormais, elle refuse obstinément de confier tous ses secrets. Les modèles de la complexité qui furent dégagés dans de nombreux domaines (aussi bien en biologie — Henri Atlan —, qu'en économie — Herbert Simon —, en psychologie — Max Pagès —, en physique — Heinz von Foerster —, en chimie — Ilya Prigogine —, en sociologie — Edgar Morin —, etc.) ont surtout permis de démontrer que l'auto-organisation n'est pas un phénomène purement aléatoire (comme le prétendait au début du siècle les théories de Darwin). L'auto-organisation reste une potentialité inscrite au cœur de nombreux systèmes vivants. La modélisation numérique d'un processus de création artistique n'a donc pu se trouver un sens qui lui soit propre qu'en apportant au créateur cette prise en compte a posteriori d'une immense variété d'interactions entre un environnement récepteur et une musique aux composantes démultipliées, et où les totalités font émerger des propriétés indécélables dans l'analyse des constituantes⁷. Ainsi, l'ordinateur plutôt que de réfléchir l'image technocratique qui lui a tant nui dans l'inconscient collectif, en a profité puisqu'il est parvenu, entre autre grâce à la musique et grâce à cette "biologie⁸ de la musique", à s'offrir une respectabilité. Cet apport d'un caractère "vivant" dans la création musicale a désormais atteint des échelons supérieurs dans la hiérarchie des réflexions fondatrices d'une évolution de la pensée créatrice. Le vivant réfléchit la diversité, traduit l'enrichissement, explore les relations avec l'environnement, définit ce qui communique. Du point de vue du compositeur, il présente un grand intérêt pour connaître les bases créatrices de la modélisation musicale : diversification, traduction d'une supraréalité, communication et don d'une parcelle de sens. Les programmes - outils qui procurent des modélisations musicales ne sont plus des systèmes fermés, mais bien des environnements ouverts. L'ordinateur ne sert plus d'instrument, mais d'atelier⁹. Cette conceptualisation à la fois facilitée et amoindrie par l'arrivée du temps réel influe sur le caractère du message artistique au travers d'une conscience particulière de la continuité propre à la vie. Du point de vue de l'auditeur, la modélisation prend en charge les fonctions de la réception grâce à des structurations physiologiques et psychologiques, des schèmes perceptifs, réorganisés par de nouvelles expériences de réception mieux analysées dans leur

⁷Cf. par exemple les travaux de Miller Puckette dans les années 85-87, et l'élaboration arborescente du programme *Max*.

⁸Nous voulons entendre par l'utilisation de ce terme, que la musique rentre dans le champ d'étude des phénomènes vivants. Il ne s'agit pas encore de lui conférer une biochimie, puisque l'ensemble de ses constituants n'est pas déterminable. Mais l'influence des affects qu'elle provoque chez l'homme, laisse à penser que la réception de la musique pourrait être analysée en terme à la fois chimiques, moraux et spirituels.

⁹C'est le concept de la *Toolbox* à l'œuvre dans les programmes Mosaic de Joe Morisson, ou dans l'environnement de preForm/Esquisse qui fournit la matière de Patchwork (initialement conçu par Mikaël Laurson).

environnement. Du point de vue du compositeur cette réflexion biologique permet de faire émerger de nouvelles esthétiques compositionnelles (par nature ouvertes¹⁰) à l'intérieur d'un écosystème. Les fonctionnalités musicales déduites du matériau redeviennent allo-esthésiques, c'est-à-dire que leurs perceptions pouvaient opérer différemment pour chacun des esprits qui la recevaient, tout en conservant une unité, une universalité¹¹. La correspondance des pluralités fonctionnelles et des fonctions psychophysiologiques a permis au compositeur de passer du simple savoir-faire de la connaissance à l'indispensable faire savoir propre à l'esthétique.

La composition, connaissance immédiate d'un univers métasensible que l'on cherche à retraduire, réclame, de fait, une réflexion sur le bien-fondé des relations sémiotiques entre diverses formes de représentation : celles innées à l'esprit créateur et celles induites chez le récepteur. L'usage du temps réel détruit ce genre d'investigation de la conscience du Moi. Dans un premier temps, la réflexion ontologique sur le musical s'est donc surtout appuyée sur la construction du matériau d'une part (son, instrument, timbre, ...) puis de l'œuvre d'autre part. Puis dans un second temps la réflexion des chercheurs s'est orientée autour des points forts de la structure musicale, dans une direction sémantique fonctionnelle¹². Des psychologues, des créateurs et des informaticiens ont alors propagé des recherches communes au travers d'institutions spécialisées dans la représentation numérique, et elles débouchent à l'heure actuelle sur des programmes informatiques rebaptisés composition musicale assistée par ordinateur (CMAO), ou aide à la composition, et où la représentation occupe tout à la fois le niveau local du matériau et le niveau global de la structuration de l'œuvre¹³. Mais, par-delà ces recherches, la particularité spirituelle de la création oblige la CMAO à ouvrir son domaine à un univers qui est en propre celui de l'art et où aucune recherche scientifique ne peut développer de raisonnement : un univers dévolu à la particularité de l'homme, à sa place dans l'histoire, et à sa projection dans l'immatériel. L'ordinateur individuel permet la mise en place de ce genre de productions où l'auditeur participe à l'élaboration de sa propre œuvre.

De nouvelles formes de modélisation musicale, ancrées sur la technique numérique, peuvent-elles réussir à conserver un caractère à la fois individuel et particulier, vivant et donc communicable ? Oui, si comme ces nouveaux programmes elles permettent d'introduire une évolution à l'intérieur du processus compositionnel, et par un jeu d'interactions entre le fond et la forme de distiller dans la vision numérique du processus musical une union du sensible et du virtuel. Non si comme tout programme informatique les logiciels d'aide à la composition ne réussissent pas à faire la mesure entre le particulier et le général. Les systèmes actuellement mis en œuvre essaient donc de rassembler, au sein d'un réseau ouvert, des connaissances et des apprentissages particuliers offerts par chacun pour fournir à tous une matrice universelle. En s'attachant à l'architectonique de l'œuvre, les compositeurs ont perçus comment la structuration s'effectue à la fois par des modèles plus ou moins proches (modèles théoriques ou modèles développés à partir du matériau ou de sa transformation

¹⁰Cf. la thèse d'Umberto ECO : 1962.

¹¹Cf. l'analyse du *Répons* de Pierre Boulez faite par J.-J. Nattiez in : *REPONS/BOULEZ*, (1988).

¹²Cf. l'apport des théories génératives de Lerdahl et Jackendorff.

¹³Un département, confié d'abord à A. Gerszo, a même été créé au sein de l'IRCAM pour poursuivre des recherches dans ce sens. Il s'appelle aujourd'hui Représentations musicales, et est dirigé par Gérard Assayag.

progressive) et par des intuitions immédiates de leurs métamorphoses. L'homogénéité du formalisme déduit de ces modèles tendrait alors à fournir le miracle d'une création, unique par nature et pourtant déjà jointe aux révélations de l'univers. Une telle création contrecarre la vision linéaire que nous avons forgé d'un temps qui s'écoule perpétuellement dans le même sens. En introduisant cette notion de processus compositionnel, de sémantique processuelle ouverte, les compositeurs sont parvenus à intégrer l'évolution temporelle de l'œuvre ; non pas tant celle qui concerne la procédure elle-même, la stratégie du changement, mais bien les phases continues de ce changement. Les nouvelles modélisations musicales d'un processus, à l'œuvre dans la musique en devenir, traduisent cet affrontement permanent du sonore informel et de son organisation musicale. Le peintre Dubuffet, théoricien de l'art brut qui travailla la matière pour en dégager l'essence même de l'œuvre d'art, a dit un jour : "L'art doit naître du matériau et de l'outil et doit garder la trace de la lutte de l'outil avec le matériau. L'homme doit parler mais l'outil aussi et le matériau aussi." Ne retrouve-t-on pas dans l'histoire des modélisations musicales par ordinateur ce dialogue incessant de la matière et de la forme, dialogue du nécessaire et du contingent, de la théorie et de l'esprit de la musique.

Bibliographie

Les cahiers de l'IRCAM- Recherche et Musique, n° 2, "La synthèse sonore", 1er trimestre 1993.

Les cahiers de l'IRCAM- Recherche et Musique, n° 3, "La composition assistée par ordinateur", 2ème trimestre 1993.

BARRIERE (Jean-Baptiste), Devenir de l'écriture musicale assistée par ordinateur : formalismes, forme, aide à la composition, Analyse musicale, 3e trimestre 1990, Paris, 1990, pp. 52-68.

ECO (Umberto), Opera aperta, Milan, Bompiani, 1962. Tr. fr. de ROUX DE BEZIEUX (Chantal) avec le concours de BOUCOURECHLIEV (André) : L'oeuvre ouverte, Paris, Le Seuil, 1965, coll. Points, 315 p.

GERZSO (Andrew), tr. de l'angl. par MIKRIAMMOS (Philippe), De nouveaux environnements musicaux, Les cahiers de l'IRCAM-Recherche et Musique, n° 1, automne 1992, Paris, IRCAM - Centre Georges Pompidou, 1992, pp. 49-55.

HILLER (Lejaren A.), Informationstheorie und Computermusik, Darmstädter Beiträge zur Neuen Musik, Vol. 8, Mainz, B. Schott's sohne, 1964, 66 p. Repris en partie in : WINCKEL (Fritz), Computermusik, Musica, n° 19, 1965, p. 45.

HILLER (Lejaren A.), Music composed with computers : an historical survey, in : LINCOLN (Harry B). [éd.], The Computer and Music, New York, Cornelle University Press, Ithaca, 1970, pp. 42-96.

HILLER (Lejaren A.), Composing with computers : A progress report, 1ère parution in : Computer Music Journal, Vol.5, n° 4, Hiver 1981, 2de parution in : The Music Machine, ROADS (Curtis) éd., Cambridge, Massachussets, London, the MIT Press, 1989, 725 p., pp. 75-89.

LERDAHL (Fred) et JACKENDOFF (Ray), *A Generative Theory of Tonal Music*, Cambridge/London, MIT Press, 1983.

LERDAHL (Fred) et JACKENDOFF (Ray), An overview of hierarchical structure in music, *Music Perception*, Vol. 1, n° 2, 1983-1984, pp. 229-252.

NATTIEZ (Jean-Jacques), *Fondements d'une sémiologie de la musique*, Paris, U.G.d'E., coll 10/18, 1976, 448 p.

NATTIEZ (Jean-Jacques), Répons et la crise de la communication musicale contemporaine, In *Harmoniques* n° 2, Paris, Centre Georges Pompidou, Christian Bourgois - I.R.C.A.M., mai 1987, pp. 191-210, 2de parution in : REPONS/BOULEZ, Paris, IRCAM-Centre Georges Pompidou/Fondation Louis Vuitton pour la musique, Actes-Sud, diffusion P.U.F., 1988, pp. 23-43.

RISSET (Jean-Claude), Genèse et perception des sons musicaux : défense de l'acoustique subjective, Publication du L.M.A., n° 128, octobre 1991, "Rencontres scientifiques du cinquantenaire du LMA, 16 - 17 - 18 octobre 1991", LMA/CNRS, pp. 9-27.

REPONS/BOULEZ, Paris, IRCAM-Centre Georges Pompidou/Fondation Louis Vuitton pour la musique, Actes-Sud, diffusion P.U.F., 1988.