

UNIVERSITÉ PARIS 8 VINCENNES SAINT-DENIS
ÉCOLE DOCTORALE ESTHÉTIQUE, SCIENCES ET TECHNOLOGIE DES ARTS
Laboratoire MUSIDANSE

Thèse de doctorat en musicologie

Agostino DI SCIPIO

**QU'EST-CE QUI EST « VIVANT »
DANS LA PERFORMANCE *LIVE ELECTRONICS* ?
Une perspective écosystémique
des pratiques de création sonore et musicale**

sous la direction de Makis SOLOMOS
(Université Paris 8 Vincennes – Saint-Denis, Laboratoire MUSIDANSE)

soutenue le 3 juillet 2020 devant un jury composé de :

Roberto BARBANTI (Professeur, Université Paris 8, AIAC)
Simon EMMERSON (Professor, De Montfort University, Leicester, Institute for Sonic Creativity)
Anastasia GEORGAKI (Anaplirotria kathigitria, Université Kapodistria d'Athènes, Music Lab)
Carmen PARDO SALGADO (Profesor Titular, Université de Girona, Teories de l'Art Contemporani)
Makis SOLOMOS (Professeur, Université Paris 8, MUSIDANSE)
Laura ZATTRA (Professore a contratto, Conservatorio di Bologna, chercheuse associée IRCAM)

QU'EST-CE QUI EST « VIVANT » DANS LA PERFORMANCE *LIVE ELECTRONICS* ?

Une perspective écosystémique des pratiques de création sonore et musicale

Résumé

Ce travail de thèse pose la question du caractère « vivant » (*liveness*) dans la musique électronique « en direct » (*live, dal vivo*), particulièrement en considération du fait que tout milieu d'art sonore performatif est aujourd'hui intégralement composé par des infrastructures technologiques hétérogènes. Les approches de la musique *live electronics* peuvent nous fournir des images éloquentes du processus d'écologisation générale de la technique à l'âge contemporain et de notre façon de vivre dans des milieux d'existence ainsi profondément refaçonnés.

Pour clarifier le sujet de thèse et caractériser certains aspects méthodologiques importants (**Prologue**), la thèse vise à illustrer les aspects fondamentaux d'une approche « systémique » de la question de la *liveness* (**Première Partie**) et décrire les détails opératoires de la démarche de recherche-crédation que l'auteur a développée depuis plusieurs années (**Deuxième Partie**). Enfin, en passant de la question du « vivant » à celle du « vécu », la thèse vise à traiter les conditions d'expérience du son et de l'écoute dans les pratiques de création qui connectent la dimension performative à une « conscience écosystémique » de l'environnement sonore (**Troisième Partie**).

Dans le **Prologue**, après quelques observations préliminaires concernant le contexte historico-musical et technique, nous allons reprendre certaines propositions importantes, à propos du caractère « vivant » de la performance, avancées par plusieurs auteurs. Nous soulignons cependant la nécessité d'intégrer ces propositions dans une perspective « systémique » sur le sujet. Cela demande d'aborder des questions méthodologiques importantes, et d'éclaircir le statut interdisciplinaire du travail ainsi que le statut métaphorique et heuristique de plusieurs repères conceptuels et opératoires empruntés à la pensée systémique (notamment à la cybernétique, à la biologie systémique, et à la phénoménologie des processus cognitifs). Ces questions méthodologiques acquièrent plus d'importance en considération d'une démarche de « recherche-crédation » telle que celle illustrée ici, conçue par l'auteur comme une forme d'épistémologie expérimentale de la musique.

Dans la **Première Partie – Le dispositif électroacoustique dans son environnement** – la question de la *liveness* est abordée à partir du contexte concret de la performance, de la « situation » dans l'environnement où les ressources performatives sont installées. Nous examinons les « conditions de performance » de l'unité systémique définie comme « dispositif performatif » (ou « écosystème performatif »), comportant un réseau d'interactions énergétiques et informationnelles entre « système » et « environnement », selon les contingences de l'action performative *ici-et-maintenant* (« en temps réel », naturellement, mais aussi « en

espace réel »). L'idée est que le caractère « vivant » relève du couplage et des interactions entre trois *agents*, à savoir « performeur(s) », « équipement », « environnement » – en d'autres mots : « homme », « technique » (appareils électroacoustiques + traitements audionumériques + instruments mécaniques) et « lieu ». Cela nous impose de traiter et caractériser les trois types d'agent, ce qui amène à la notion d'*agentivité écosystémique* – agentivité hybride qui dépasse la simple addition des ressources individuelles, humaines et non humaines, et qui revient à définir une unité systémique processuelle dont le comportement complexe (autonome et hétéronome à la fois) émerge des interdépendances entre les agents qui la composent. Le discours, finalement, aboutit à deux notions paradigmatiques de la *liveness*, l'une « faible » (capacités agentielles répandues de façon inégale parmi les ressources, voire uniquement accordées aux performeurs), l'autre « forte » (capacités agentielles accordées à toutes les agences performatives).

La **Deuxième Partie – L'écosystème performatif à l'œuvre** – décrit les critères opératoires à la base de quelques-unes parmi les œuvres récentes (soit des œuvres de concert en solo d'électronique *live*, soit des installations sonores), formant le noyau de la démarche de recherche-crédation de l'auteur. Cela pourra servir à regarder la question de la *liveness* sous une perspective strictement opératoire et expérimentale. La description est divisée en trois chapitres principaux : « circuits de génération du son » (CGS), « circuits de traitement du son » (CTS), et circuits « de génération et traitement des signaux de contrôle » (GTSC). Nous parlons justement de « circuits » parce qu'il s'agit d'agencements d'une structure essentiellement hybride, à savoir nécessitant non seulement quelques algorithmes de traitement audionumérique, mais aussi des transducteurs électroacoustiques (microphones, haut-parleurs, etc.) ainsi que certains phénomènes acoustiques (mécaniques) qui ont lieu dans l'espace environnant tout au long de la performance (propagation, réflexion, réverbération). Chacun de ces circuits n'est qu'un composant d'un réseau comprenant de nombreux circuits et sous-circuits, tous en interaction entre eux par la médiation permanente de l'environnement. Tant le réseau complet que les circuits partiels sont conçus comme des systèmes à rétroaction, capables de se nourrir du bruit ambiant, de s'autoréguler (de se contrôler soi-même) grâce notamment à quelques mécanismes audionumériques d'analyse du son et de détection de caractéristiques auditivement saillantes. Tout cela impose un approfondissement de certains points en apparence « simplement techniques » mais en réalité ayant des implications épistémologiques qu'il faut considérer comme fondamentales en traitant le caractère « vivant » de la performance (« *feedback* », « méthodes d'extraction de caractéristiques sonores », « construction de l'information », « autonomie » et « interdépendance » systémiques). À côté de cela, il devient possible de regarder la « performance » comme un processus de formation ou de croissance, à savoir comme une histoire, une succession d'événements d'« émergence » du son (« émergence synchronique ») aboutissant à la concrétion de la forme musicale (« émergence diachronique »). La notion de « forme » sera alors repensée comme « identité systémique », à la fois dépendante et indépendante des circonstances de temps et de lieu.

Dans la **Troisième Partie – Critique (crise) du son** – nous nous déplacerons du caractère « vivant » des conditions de performance vers le caractère « vécu » des conditions d'expérience du *son*, entendu comme médium matériel (mais « atmosphérique ») et également comme milieu de phénomènes cognitifs et de

communication. Nous allons introduire quelques observations critiques à propos de la notion d'« objet sonore » (au sens de l'ingénierie audio mais aussi au sens de la célèbre démarche théorique de Pierre Schaeffer), en l'opposant à la notion d'« événement sonore », c'est-à-dire à une perspective plus disponible à saisir le son comme *lien* de coappartenance et de connexion signifiante entre le sujet et son environnement. Le discours se focalise donc sur la dimension médiale et relationnelle du son et sur l'écoute comme participation active dans l'écologie des relations auditivement saisissables. Sur ces sujets, notre discussion va s'appuyer sur le débat à propos de l'« écologie sonore » (qui a été au cœur de ma participation aux activités de l'EDESTA, ces dernières années). Plus spécifiquement, la question ici se pose d'une *conscience écosystémique* du son et de l'écoute, à savoir la capacité cognitive (très commune mais systématiquement oubliée ou étouffée) de saisir les événements sonores comme traces audibles des interrelations entretenues par les entités matérielles (donc culturelles) actives dans les alentours. Cela relève évidemment d'une attitude d'écoute génériquement écologique, à entendre cependant surtout comme une forme de perception *énactive*, à savoir comme une *implication auditive dans l'exploration du monde* – une dimension cognitive à la fois sensorielle, éco-sémiotique et affective. L'écoute sera donc traitée en tant qu'*expérience participante du devenir-audible des relations dynamiques qui donnent lieu à l'événement sonore*. Ces « relations dynamiques » comprennent bien sûr les médiations techniques. Et l'auditeur sera, lui-même, regardé ici comme facteur constitutif de l'événement sonore et des conditions de production du son et de la musique. Nous parlerons alors d'*écoute irréductible* (ou écoute *impliquée*, à savoir fondée sur l'imagination et l'implication écosémiotique de l'auditeur dans son environnement sonore). D'évidence, cela implique un renversement de ce que Pierre Schaeffer appelait l'« écoute réduite » (visant à effectuer la « réduction à l'objet » du son).

Pour approfondir ces questions, nous allons suivre deux directions différentes : l'une portant sur la phénoménologie cognitive du « bruit » ; l'autre portant sur l'« économie de moyens » propre à certaines pratiques de création musicale et d'art sonore d'aujourd'hui. La notion d'écoute irréductible nous permet de regarder les différentes pratiques d'écoute comme différentes façons de vivre et de ressentir les conditions d'expérience et de production du son et de la musique. Ce qui nous conduit à nouveau à la question de la « condition technologique » de l'âge contemporain, c'est-à-dire à l'événement historique du *devenir-milieu de la technique* faisant la prémisse générale aux questions traitées dans les autres parties de la thèse.

Au cours de la **Troisième Partie**, la discussion s'entrecroise inévitablement avec des sujets d'intérêt plus général, se rattachant en dernière analyse à une *critique des dispositifs culturels et idéologiques concernant le son*, donc aussi à une *politique du son*. Notre discours souligne qu'une politique du *son* entraîne au fond une biopolitique de la *musique* : les savoirs concrètement impliqués dans l'expérience vécue *du son* constituent un dispositif de connaissance (idéologique et matériel) dont découlent les inclinations affectives, les dispositions cognitives et opératoires *de la musique*. En prenant en charge les conditions opératoires de l'expérience du son et de l'écoute, les artistes sonores, les musiciens, les chercheurs, de nos jours, ne s'engagent pas simplement à créer des « œuvres », à savoir des objets plus ou moins valables quant à leur

facture esthétique et à leurs propriétés formelles, mais à partager des formes de sensibilité auditive et par conséquent à créer les conditions d'existence de la musique à venir.

Mots-clés

- musique électroacoustique en direct, art sonore, *liveness* (notions *faible* et *fort* de la *liveness*), conditions de performance ; écologisation de la technique, dispositif performatif, écosystème performatif ;
- recherche-crédation, biocybernétique, épistémologie expérimentale ; émergence et causation, agents autonomes, interaction, interagentivité, agentivité écosystémique ;
- couplage structurel, *feedback*, systèmes à rétrocontrôle ; boucle action-perception, action située, cognition distribuée, énaction ;
- environnement sonore, objet sonore, événement sonore, écoute réduite, écoute irréductible (écoute impliquée) ; irréproductibilité du son (au-delà du paradigme de Benjamin) ; timbre (définition systémique de timbre), bruit (dimensions systémique et phénoménologique du bruit) ;
- écosémiose, conscience écosystémique du son et de la musique, économie des moyens.

REMERCIEMENTS

Cette thèse n'aurait pas pu être finalisée sans le soutien que plusieurs personnes m'ont généreusement apporté pendant ces dernières années. Je tiens à remercier avant tout Makis Solomos pour l'attention qu'il a portée sur mon travail, ainsi que pour le partage de plusieurs projets et, plus généralement, pour son fort soutien amical : je suis heureux de l'avoir rencontré (il y a plus de vingt ans maintenant...) et de jouir de son amitié.

Merci à Simon Emmerson, et à tous les membres du jury, pour avoir aimablement accepté l'invitation (un peu tardive) et pour leurs conseils.

Je voudrais remercier aussi les collègues et les (ex-)étudiants qui, en partageant avec moi leur temps et leurs idées, m'ont fourni le courage et la détermination nécessaires pour avancer dans mes recherches et mon travail de création même dans les moments difficiles. (Quelques-uns parmi eux vont retrouver leur nom ou leur travail cités dans ces pages ou dans la bibliographie.)

Je remercie enfin Maria Di Giulio, mon épouse et compagne, présence irrépressible et patiente. Un remerciement particulier à Annamaria, Antonietta e Angelo (ce dernier n'est plus ici, mais je sais que – où qu'il soit – il est très content de connaître ma démarche en doctorat).

TABLE DES MATIÈRES

Avertissement

0.	PROLOGUE	1
0.1	« En direct », « live »... Quelques repères préliminaires	2
0.1.1	Musique électroacoustique <i>live</i>	3
0.1.2.	Problèmes de définition	6
0.2	Encadrement général du sujet de thèse	8
0.2.1	Le vivant entre les machines (ou dans les machines ?)	9
0.2.2	La « condition technologique » contemporaine : le <i>devenir-milieu</i> de la technique	11
0.2.3	L'« émergence du son » : le <i>devenir-son</i> de la musique	17
0.2.4	Recherche-action, recherche-crédation : le <i>devenir-énigme</i> de l'auteur à soi-même	21
0.3	Questions méthodologiques	26
0.3.1	Une démarche inter-(multi)-(trans)-disciplines ? L'in()discipline ?	26
0.3.2	Biologisme, cognitivisme. Registres métaphoriques, reflets de la pensée systémique	29
0.3.3	Tentative d'une épistémologie expérimentale de la musique	33
1.	PARTIE I — LE DISPOSITIF ÉLECTROACOUSTIQUE DANS SON ENVIRONNEMENT	36
1.1	Introduction	37
1.1.1	Situation de travail « en studio »	37
	Un milieu à structure fixe et bien isolé	39
1.1.2	Situation de performance <i>live</i>	42
1.1.3	Le dispositif performatif	44
	L'espace de la performance	46
	Agencement systémique : « chaîne », « réseau », « écosystème », « assemblage »	47
1.2	Repenser la <i>liveness</i>	52
1.2.1	Le couplage « système ↔ environnement »	53
1.2.2	Action située, écologie de l'action, et médiation environnementalisée	54
1.2.3	Notions d'« environnement » et « milieu spécifique »	57
1.2.4	Le dispositif performatif comme unité systémique bio-cognitive	59
1.2.5	Boucle action ↔ perception. Notion d'« agent »	60
1.2.6	Trois caractères du « vivant » dans la performance électroacoustique en direct	62
	(i) Agent humain : le performeur « organe vital » du dispositif	62
	(ii) Agent technique : le dispositif « système dynamique autonome »	70
	(iii) Hybridation. Vers une notion d'« agentivité écosystémique »	77
1.3	Rendre audible la « condition technologique » du « vivant »	81
1.3.1	Paradigme « faible » et « fort » de la <i>liveness</i> . Esquisse d'un cadre analytique	82
2.	PARTIE II — L'ÉCOSYSTÈME PERFORMATIF À L'ŒUVRE	85
2.1	Introduction	86
2.1.1	Vue d'ensemble du projet <i>Écosystémique audible</i>	86
2.1.2	Autres œuvres	89
2.1.3	Tâche de la description	90
2.2	Circuits de génération du son (CGS). L'émergence du son	91

2.2.1	Circuit « Larsen autorégulé » (LAR)	92
2.2.2	Circuit « Larsen autorégulé, avec délai » (LAR-Del). Le <i>feedback</i> « au ralenti » ?	100
2.2.3	Sous-échantillonnage du bruit ambiant. « Modulation d'impulsions autorégulée » (MIAR)	104
2.2.4	Circuit « Larsen autorégulé par modulation de largeur d'impulsion » (LAR-Mod)	108
2.2.5	Note finale sur les circuits CGS	111
2.3	Circuits de traitement du son (CTS). La différenciation (l'émergence des différences)	113
2.3.1	Circuit « ré-échantillonnage et délai » (RED)	113
2.3.2	Circuit « granulation dynamique » (GRD)	116
2.3.3	Traitements composés « en cascade »	118
2.3.4	Circuit « déphasages multicanaux » (DMX)	120
2.3.5	Note finale sur les circuits CGS et CTS	123
	Notion d'émergence. La performance et la forme	125
	Le performeur et le dispositif écosystémique	127
2.4	Génération et traitement de signaux de contrôle (GTSC)	129
2.4.1	Méthodes d'extraction de l'information	132
2.4.2	Mécanismes d'extraction de caractéristiques primaires	134
2.4.3	Mécanismes d'extraction de caractéristiques secondaires	138
	Autres mécanismes d'extraction de l'information	143
	Vecteurs d'information et boucle informationnelle	144
2.4.4	Traitement des données extraites et achèvement du signal de contrôle	146
2.4.5	Mise en correspondance du signal de contrôle (<i>mapping</i>)	150
	Critères et stratégies de mise en correspondance	151
	Fonction systémique des signaux de contrôle	154
	Paramètres constants, fixés <i>in situ</i>	157
2.5	La « double boucle » et le caractère « écosystémique »	159
2.5.1	La construction d'information	160
	Digression : « principe de codification indifférenciée »	163
2.5.2	« Formation » et « histoire du réseau d'interactions »	165
	Notion processuelle de la forme	167
	Notion émergentielle de la forme et « identité systémique »	169
	Notion d'« agentivité écosystémique »	174
2.5.3	Registres métaphoriques et opératoires de notre recherche-crédation	180
	Limites de la métaphore biologique	180
	Analogie cognitive et irréductibilité à la machine	182
3.	PARTIE III — CRITIQUE (CRISE) DU SON	185
3.1	Introduction	186
3.1.1	Les enjeux d'une conscience écosystémique du son et de la musique	186
3.1.2	Critique et crise : « politique du son » ou « biopolitique de la musique »	188
	Le lien : le <i>vivant</i> de la performance et le <i>vécu</i> du son et de l'écoute	192
3.2	Objet sonore, événement sonore	193
3.2.1	L'objectivation « audio »	193
3.2.2	L'objet sonore : construction cognitive et dispositif culturel	195
3.2.3	L'événement sonore	198
3.2.4	Implication de l'auditeur. L'écoute « irréductible »	201
	Liaison écosémiotique avec l'environnement : le son comme médium cognitif	204

Filtres d'écoute	206
Notion systémique de « timbre ». Degrés de liberté et contraintes	207
3.2.6 Conséquences diverses	210
Pratiques atmosphériques et relationnelles	210
Au-delà du paradigme médiatique de la reproductibilité du son	212
La composition <i>soundscape</i> entre contexte et décontextualisation	214
3.3 Bruit et liberté dans l'implication de l'écoute	218
3.3.1 Ambiguïté, logique de seuil, information	218
Bruit et information	220
Le vivant bruiteur. Le bruit de fond incontournable	221
Cognition incarnée des marges de liberté d'action	223
3.3.2 Écologie des événements d'écoute et incursion du bruit	225
L'incursion du bruit dans la boucle cognitive « action ↔ perception »	227
Résumé : l'écoute irréductible comme imagination et « enactement » d'un monde ...	230
3.3.3 Dimensions descriptives et phénoménologiques du bruit	231
Complexité spectrale	231
Bruit blanc. Idéalisation et approximation expérientielle	232
Intensité, effort, contexte, excès	235
Saturation (espace)	239
Saturation (canaux)	241
Violence : (re)tomber dans une logique binaire	243
Bruit, chaos, forme	244
3.4 Pratiques sonores entre technologies musicales contemporaines et économie de moyens	246
3.4.1 Déterminisme, hyperproductivité, contre-productivité	248
Question de moyens et fins	249
Pratiques de création « en transition »	251
3.4.2 Tâche : relier économie de moyens et conscience écosystémique	254
Pratiquer ses moyens, pratiquer son environnement	256
3.5 Conclusion (pour en finir avec le jugement exclusivement esthétique)	259
ANNEXE I – Écrits publiés pendant les années d'inscription de doctorat	261
ANNEXE II – Œuvres (par l'auteur) citées dans le texte	263
ANNEXE III – Œuvres (par d'autres auteurs) citées dans le texte	265
ANNEXE IV – Partition d'Écosystème audible n° 4 - Étude du silence	267
BIBLIOGRAPHIE	279

Avertissement

Quelques passages de cette thèse sont repris, avec des révisions plus ou moins profondes, de textes que l'auteur a écrits et publiés ces dernières années (en italien, français ou anglais).

Plus précisément, dans la **Deuxième Partie**, il y a des passages repris des articles suivants :

- « Émergence du son, son d'émergence. Essai d'épistémologie expérimentale par un compositeur », dans *Intellectica* (revue de l'Association pour la Recherche Cognitive), numéro spécial *Musique et Cognition* (sous la direction d'Anne Sedes), n° 48-49, 2008 : 221-249.
- « Listening to Yourself through the Otherself. On *Background Noise Study* and other Works », dans la revue *Organized Sound*, vol. 16, n° 2, 2011 : 97-108.

Certains passages de la **Troisième Partie** sont repris de :

- « Il suono come dono *non* disinteressato. Spunti per una biopolitica della musica », dans le livre *I linguaggi dell'organizzare. Musica e testo tra dono e disinteresse* (sous la direction de L.M. Sicca), Napoli, Editoriale Scientifica, 2013 : 65-82.
- « The Politics of Sound and the Biopolitics of Music: Weaving together sound-making, irreducible listening, and the physical and cultural environment », dans la revue *Organised Sound*, vol. 20, n° 3, 2015 : 278-289.
- « Bruit et liberté. L'expérience incarnée du son dans ses dimensions écosémiotique et politique », dans la revue *L'Autre musique*, n° 4, 2016 : s.p. (en ligne : <http://lautremusique.net/images/Page/91/56f9464935944.pdf>)
- « Objet sonore ? Événement sonore ! Idéologies du son et biopolitique de la musique », dans le livre *Musique et écologies du son. Propositions théoriques pour une écoute du monde* (sous la direction de Makis Solomos, Roberto Barbanti, Guillaume Loizillon, Kostas Paparrigopoulos, Carmen Pardo), Paris, L'Harmattan, 2016 : 35-46.
- « Pratiques musicales, technologies contemporaines, économie de moyens. Quelques remarques générales », dans le livre *Transitions des arts, transitions esthétiques : processus de subjectivation et des-croissances* (sous la direction de Roberto Barbanti, Kostas Paparrigopoulos, Carmen Pardo Salgado, Makis Solomos), Paris, L'Harmattan, 2017 : 57-74.

Pour une liste complète des écrits publiés pendant les années d'inscription en doctorat, voir l'**Annexe I**.

Pour quelques détails concernant les œuvres de l'auteur citées dans le texte (dates de création, ressources performatives, etc.), voir l'**Annexe II**. Pour les détails plus importants concernant les œuvres d'autres auteurs, également citées dans le texte, voir l'**Annexe III**.

Sauf mention contraire, la traduction française des citations reprises de textes étrangers est celle de l'auteur.

PROLOGUE

*... chaque époque recrée un humanisme qui est toujours,
en quelque mesure, approprié aux circonstances...*

[Gilbert Simondon 1958-1969 : 101]

... factus eram ipse mihi magna quaestio...

[Augustin d'Hippone 386 apr. J.-C.]*

Toutes choses étant causées et causantes, aidées et aidantes, médiates et immédiates, et toutes s'entretenant par un lien naturel [...] qui lie les plus éloignées et les plus différentes, je tiens impossible de connaître les parties sans connaître le tout, non plus que de connaître le tout sans connaître particulièrement les parties.

[Blaise Pascal cité dans (Canguilhem 2009 : 193-194)]

* « Je suis devenu une énigme à moi-même » [Augustin 1981 : 57 = *Confessiones*, liber IV-4].

0.1 « En direct », « live »... Quelques repères préliminaires

Au cours de la seconde moitié du XX^e siècle, les pratiques musicales à base de dispositifs électroacoustiques et numériques en direct se sont multipliées, arrivant finalement à s'introduire dans presque tous les domaines de la création musicale. La locution *en direct* – en anglais *live*, en italien *dal vivo* – est depuis longtemps entrée dans le discours courant. Elle est régulièrement utilisée afin de distinguer les conditions de la performance musicale, instrumentale ou vocale, par rapport aux conditions de production *en studio* (presque synonyme de « au laboratoire »). Des locutions telles que « *live music* » ou « *musica dal vivo* » peuvent aussi impliquer, par métaphore, la différence entre des conditions d'expérimentation biologique *in vitro* (« sous verre », dans des contextes idéaux, bien formalisés et protégés) et les conditions réelles des phénomènes biologiques *in vivo* (à l'intérieur d'un organisme « en chair et en os », exposé aux conditionnements environnementaux). Si nous préférons parler, ici, de « *live electronics* » ou d'« électronique *live* », en lieu d'« électroacoustique en direct », d'abord ce sera du fait qu'un tel anglicisme ouvre un champ sémantique et conceptuel plus large et probablement plus fructueux pour notre réflexion. Par ailleurs, « en direct » peut se prêter implicitement à des malentendus importants lorsqu'il s'agit d'examiner des contextes d'expérience à structure par définition médiatisée où, évidemment, bien de choses arrivent effectivement de façon indirecte.

Ce type de terminologie remonte probablement aux années 1930. En ce temps-là, le terme anglais « *live* » était utilisé dans les stations d'émission radiophonique essentiellement pour signaler la différence entre la transmission de concert (anglais *live broadcast*, français *émission en direct*, allemand *Direktübertragung*) et la retransmission d'enregistrements phonographiques (parfois traités de « musique en boîte » à l'époque). Pendant les années 1950 et 1960, lorsque l'écoute de musique chez le grand public s'appuyait désormais plus fréquemment sur des enregistrements que sur des concerts, le terme a été repris de façon plus générale pour qualifier toute musique jouée en concert par des interprètes musicaux sur la scène – produite et écoutée « immédiatement » (idéalement sans médiations électroniques), en contraste avec la musique enregistrée et reproduite à distance par les moyens de communication de masse (radio, télévision, disque, bande magnétique, etc.).

À partir de cette époque-là, en outre, les concerts ont été de plus en plus souvent modelés sur la musique enregistrée (ça vaut évidemment pour les musiques populaires contemporaines, mais aussi pour certaines approches de l'exécution du répertoire classique-romantique) – rappelons le cas du pianiste canadien Glenn Gould. Les conditions de l'événement « en direct » étaient désormais profondément redéfinies par les médias de reproduction de masse. Alors, l'attribut « *live* » a été introduit dans le langage courant des médias en référence à des spectacles (musicaux ou pas) profondément technicisés, ayant lieu effectivement en studio ou dans n'importe quel endroit équipé, dont les sons et les images sont instantanément fixés et presque instantanément retransmis, apparemment sans opérations de montage et d'*editing* (« production ») – sauf quelques ajustements moindres (« post-production »). Rappelons aussi les disques de musique enregistrés justement « en direct », devant un public (mais bien souvent retravaillés en studio, avant la publication). On peut penser aussi aux émissions de télévision en direct ou par *streaming* internet, dites « *live* » même si elles sont en vérité retransmises peu ou bien après la prise de son et d'image. En bref, les termes comme « en direct » et « *live* » sont devenus des adjectifs assignés de façon tout à fait ordinaire à des contextes performatifs profondément médiatisés. À bon droit, alors, on a pu poser la question de savoir « s'il y a vraiment des différences ontologiques entre événements en direct et médiatisés » [Auslander 1999 : 7].

0.1.1 Musique électroacoustique *live*

La locution *live electronics* (au sens de « *live electronic music* ») semble avoir été inventée par John Cage en 1962 en parlant de son œuvre *Cartridge Music* (1960) [Sallis *et al.* 2018]. Elle fut régulièrement utilisée pendant les années 1960 et 1970 par les protagonistes de la musique expérimentale, aussi bien aux États-Unis (David Tudor, Gordon Mumma, Sonic Arts Union, etc.) qu'en Europe (on pourrait mentionner *Mikrophonie I* de Karlheinz Stockhausen, créée en 1964, et beaucoup d'autres propositions à l'initiative de musiciens tels que Franco Evangelisti, Hugh Davies, Mauro Bertoncini et bien d'autres). En ce temps-là, on appelait souvent « *live electronics* » les pratiques d'improvisation musicale collectives (Musica Elettronica Viva, à Rome ; AMM et Gentle Fire à Londres ; New Music Ensemble et Composers Inside Electronics

aux États-Unis ; GERM-Groupe d'étude et réalisation musicales, à Paris, etc.¹). Beaucoup, parmi les innombrables propositions de musique expérimentale et d'art expérimental de l'époque, visaient à « vitaliser la relation œuvre/environnement » [Centore 2011 : 63, d'après Popper 1980].

Ensuite, la locution « *live electronics* » a été adoptée pour plusieurs autres tendances de création musicale fondées à la fois sur des dispositifs d'électronique analogique ou d'informatique. On peut penser à plusieurs œuvres pour instruments d'orchestre et processeurs audionumériques en direct (comme les œuvres tardives de Luigi Nono créées à l'Experimentalstudio de Fribourg, ainsi que les œuvres de Pierre Boulez et d'autres créées à l'IRCAM de Paris depuis le début des années 1980²). Pensons aussi à l'électronique « faite à la main » par des musiciens et artistes sonores tels que Nicolas Collins, Ron Kuvila et beaucoup d'autres plus jeunes (Owen Green, John Bowers, Toshimaru Nakamura, etc.). En outre, depuis les années 1970, on a eu beaucoup d'installations d'art sonore basées sur des infrastructures électroacoustiques, souvent conçues comme installations *in situ* – il n'y a pas de sens d'essayer de dresser une liste, même très partielle : rappelons tout simplement que « les questions du contexte, des environnements, des milieux face aux œuvres, aux moyens et aux corps [...] ont émergé avec éclat aussi bien dans le domaine de la composition musicale que dans celui des arts plastiques » [Barbanti 2012 : 11].

Par tradition, les auteurs francophones distinguent deux catégories principales de la musique électroacoustique : « musique acousmatique » (sons fixés sur support) et « musique mixte » (jeu d'instruments musicaux en parallèle avec la diffusion de sons préfabriqués en studio ou issus d'appareils électroniques en direct). Très connu, gardé par plusieurs générations [Chion et Reibel 1976, Cont 2012, Tiffon 2018], ce schéma fait de la musique électroacoustique en direct une

¹ Simon Emmerson a justement observé que les collectifs d'improvisation des années 1960 et 1970 avaient pour habitude d'utiliser le terme « *live electronics* » de façon plutôt informelle, parfois indépendamment du fait de recourir aussi à des enregistrements [Emmerson 2007a : 104].

² Il faut préciser que, à l'IRCAM (ainsi que chez d'autres centres d'informatique musicale, en France et à l'étranger), on a habituellement préféré parler de traitements électroniques « en temps réel », en lieu de « *live electronics* ». Cela vaut par rapport aux œuvres créées dans les années 1980 [Manoury 2007] ainsi qu'à des créations plus récentes et actuelles [Cont 2012, Bonardi 2015]. À notre connaissance, le seul compositeur français qui, apparemment, préfère parler d'« électronique *live* » est Tristan Murail [Murail 1991, Béranger 2009]. Pour une réflexion approfondie sur les enjeux de la notion de « temps réel » voir [Barkati 2009a].

sous-catégorie de la musique mixte. Bien qu'elle soit partagée par de nombreux auteurs anglophones (cf. [Emmerson 2007a : 104]), une telle perspective comporte cependant des limites importantes, ne fût-ce que du fait qu'il existe de nombreuses œuvres plus et moins récentes dont l'exécution ne nécessite que des appareils analogiques ou numériques en direct (pas d'instruments musicaux). De manière générale, on peut bien affirmer que les enjeux techniques et esthétiques propres aux pratiques performatives avec électronique en direct, avec ou sans instruments, ne sont pas du tout équivalents aux enjeux des musiques mixtes « instrument(s) et support » [Di Scipio 2017 et 2018] (ce qui n'implique aucun préjudice de l'importance de ce répertoire, qui compte par ailleurs de vrais chefs-d'œuvre de la musique du XX^e siècle).

Enfin, selon quelques auteurs (parmi lesquels [Mumma 1975, Manning 1985, Bernardini 1986, Battier 1999]) la locution « *live electronics* » devrait également se rattacher à certaines créations musicales audacieuses de la première moitié du XX^e siècle (par exemple *Imaginary Landscape n° 1* par John Cage, de 1939) ainsi qu'à plusieurs œuvres de musique de chambre composées à cette époque pour les anciens instruments de « lutherie électronique » (par exemple *7 Triostücke* pour trois trautioniums, par Paul Hindemith, 1930 ; *Free Music n° 1* pour quatre thérémines, par Percy Grainger, 1936 ; *Suite pour ondes Martenot et piano* par Darius Milhaud, 1933 ; *Fêtes des belles eaux* pour six ondes Martenot, par Olivier Messiaen, 1937). Dans ce travail de thèse, nous ne partageons pas cette idée (ce qui, à nouveau, n'implique aucun préjudice sur l'importance de ces instruments électroniques et de ces œuvres). D'une part, c'est pour nous tout simplement une manière de circonscrire un peu notre sujet de recherche. De l'autre, c'est que l'essentiel dans les pratiques électroacoustiques « *live* » consiste à mettre de côté des dispositifs à structure fixe et entièrement prédéterminée et d'assigner au compositeur la tâche de dessiner l'infrastructure spécifique pour chaque œuvre particulière – ou mieux, l'infrastructure plus ou moins originale qui est en mesure de *spécifier l'œuvre* particulière. Il s'agit d'abord moins de « composer pour de nouveaux instruments » [Appleton 1990] que de « composer les instruments » [Davies 1981, Schnell et Battier 2002]. Il s'agit d'*étendre la responsabilité compositionnelle à la conception et réalisation des conditions techniques de la performance*. Ceci comporte par ailleurs une certaine remise en question de la division du travail normalement pratiquée dans des contextes musicaux [Green 2006 et 2013, Waters 2007, Di Scipio 2015 : 282]. D'autre part, c'est exactement un tel revirement de la tâche compositionnelle qui autorise à parler

de l'*œuvre en tant que dispositif* [Baranski 2009, Panaccio-Letendre 2011] ainsi qu'à préciser une notion d'« écriture » alignée sur les contextes de la création *live electronics* [Di Scipio 2018].

0.1.2. Problèmes de définition

À un premier niveau, plus général, il y a un « manque de certitude sur qu'est-ce qui est *live* » [Emmerson 2012b : 10]. Cela vient certainement de la nature « historiquement contingente » de toute notion et définition du terme [Auslander 1999 : 60]. Plus spécifiquement, l'hégémonie culturelle des mass media contemporains a imposé depuis longtemps une idée (une idéologie) du « *live* » surchargée d'une rhétorique de l'« immédiateté » – au sens d'une communication directe et paradoxalement « sans médiation » – par laquelle s'engendrent pas mal de confusions et de malentendus. Notons que certaines expressions d'argot telles que *live set* ou *live*, aujourd'hui utilisées comme substantifs dans le contexte des musiques électroniques populaires (« je vais écouter *un live* ») semblent signifier tout simplement la présence physique simultanée de l'artiste et du public, que les sons soient préfabriqués en studio ou qu'ils soient produits et traités en direct.

À un second niveau, plus particulier, la tentative même de préciser la locution *live electronics* semble « une tâche problématique et toujours plus difficile » [Bartolani et Sallis 2016 : s. p.]. Bien qu'utilisée de façon plutôt répandue, cette locution présente une « ambiguïté générale » à cause de l'incroyable diversité des pratiques correspondantes. Elle est censée « acquérir des signifiés différents selon les changements des conditions historiques, sociales et musicales » [Bernardini 1986 : 61].

Pour brouiller encore plus les pistes, dans le langage de tous les jours, il y a une tendance à utiliser de manière interchangeable « *live* » et « en temps réel » à propos de n'importe quel contexte de communication. La dernière est une locution d'origine technique, née du contexte de l'informatique musicale – plus précisément du contexte de la synthèse et du traitement des signaux audionumériques. Elle signifie, en termes simples, qu'il n'y a pas de délai perceptible entre le calcul du signal audionumérique et la conversion de ce signal en son. À la rigueur, cela n'a rien à voir avec le fait d'utiliser de tels processus audionumériques en studio ou en direct, sur la scène. Déjà, au début des années 1990, l'usage de « en temps réel » en lieu de « *live* » a été considéré comme abusif [Emmerson 1994], même si une distinction trop nette entre les deux peut se révéler problématique [Emmerson 2012b : 7]. Rappelons, d'autre part, qu'un grand nombre

Prologue

d'œuvres de musique acousmatique a été produit par synthèse ou traitement audionumérique en temps réel tout en demeurant des productions de studio, à savoir des musiques « sur support » (sur bande magnétique ou sur support numérique).

0.2 Encadrement général du sujet de thèse

En dépit des différences et des difficultés, les repères que nous venons de citer relèvent tous d'une circonstance fondamentale partagée, relevant d'un véritable renversement historique des conditions ordinaires de l'expérience : dans tout contexte de création hautement technicisé, l'événement *live* consiste en « un *produit* des techniques de médiation » [Auslander 1999 : 25, je souligne], au point que la notion même de *liveness* (le caractère vif ou vivant de la performance) implique la médiation technique : elle « n'a pas de sens sans médiation électronique » [Sanden 2013 : 34]. Dans cette thèse, la question est de saisir à quelles conditions les dispositifs électroacoustiques et informatiques, mis en place pour la performance d'une musique ou pour la présentation d'une installation sonore, peuvent produire un événement qualifié de « vivant ».

Si on a pu demander « qu'est-ce qui est *vivant* dans les musiques électroacoustiques *live* » [Sanden 2013 : 87, Emmerson 2012c : 152], c'est du fait qu'il y a peu d'accord sur la question [Emmerson 2007a]. En revanche, on est d'accord sur le fait que l'enjeu n'est pas marginal. D'un côté, la question s'avère d'intérêt pour l'esthétique musicale ainsi que pour la théorie de la musique, notamment afin de réfléchir sur l'« ontologie de l'œuvre musicale » [Croft 2007, Born 2012]. D'un autre côté, elle relève du thème plus général de la *liveness* – du caractère vivant de la performance, faisant l'objet de nombreuses recherches et réflexions théoriques dans les « études de la performance » (*performance studies*), à mi-chemin entre théorie des arts performatifs [Phelan 1993, Schechner 2002, Pape 2010, Janz 2011] et théorie des médias [Auslander 1999, Salter 2010, McCormick 2015].

Dans ce travail de thèse, nous posons la question *qu'est-ce qui est vivant ?* dans la performance de musique électroacoustique justement dite « *live* ». Nous voudrions donc interroger ***les conditions du vivant propres à des contextes si profondément technicisés que ceux de la création et de la performance électroacoustique et audionumérique en direct*** (Première et Deuxième parties de la thèse). À notre avis, c'est exactement dans le caractère dynamique – impermanent, « situé », fragile, précaire – de l'imbrication de l'*humain* et de la *machinique* que réside le potentiel de signification à la portée de telles démarches de création. En second lieu, nous voudrions interroger certaines lignes de référence générales valables pour ***penser le médium du son et l'expérience de l'écoute à la lumière d'une phénoménologie de la présence normalement rattachée à la dimension performative*** (Troisième Partie). Ce second

sujet, apparemment éloigné du premier, demande pour l'essentiel de relier les repères généraux de la phénoménologie de la perception [Merleau-Ponty 1945] justement à une phénoménologie de la présence [Gumbrecht 2010]. Plus précisément, à notre avis, il est nécessaire de reconnecter les « registres phénoménologiques du sonore » [Depraz 1998] à une *écologie du son et de l'écoute* alignée sur l'approche cognitive de l'expérience vécue (recherche sur l'« énaction », ou expérience cognitive incarnée, incorporée [Varela 1989a et 1992, Varela *et al.* 1993, Barbaras 2002]).

0.2.1 Le vivant entre les machines (ou dans les machines ?)

Les réflexions les plus importantes au sujet de la *liveness* semblent s'accorder sur l'idée que l'attribut de « vivant » renvoie à la présence concrète d'un être humain *au milieu, en contrôle et en interaction avec* des artefacts et des processus techniques, sans avoir recours (généralement) à des enregistrements préalables de signaux audio ou de signaux de contrôle [Small 1998, Emmerson 2007a, Sanden 2013]. Cela renvoie naturellement au caractère transitoire et fugace de l'action performative, ainsi qu'à l'implication des corps – deux éléments fondamentaux évoqués par toutes les études de la performance, même les plus incompatibles entre elles [Auslander 1995, Phelan 1993]. Ici cependant, nous souhaiterions soutenir que la présence active d'un performeur humain pourrait constituer une condition nécessaire mais pas suffisante. Il vaudrait mieux examiner la relation d'interdépendance entre :

- les dispositifs techniques (équipement, procédés audionumériques) et
- l'action des performeurs et des auditeurs (gestes, corps)

par rapport à

- l'environnement (l'endroit, la « situation » partagée par les performeurs, les appareils et les auditeurs).

La conjonction relationnelle « par rapport à » est décisive : l'idée serait que la dimension « vivante » relève de l'agencement dynamique de plusieurs ressources performatives dans des circonstances réelles de temps et de lieu – donc, non seulement *en temps réel* mais aussi *dans l'espace réel*. Le « *real time* » n'est pas le « *live* ». Comme nous l'avons suggéré plus haut, le fonctionnement en temps réel des dispositifs audionumériques dans des contextes performatifs n'est pas la seule condition pour atteindre une dimension « vivante » de la performance.

Quoique nécessaire, le seul critère du temps ne suffit pas : on a besoin de l'intégrer à un critère d'espace portant sur l'environnement physique donné (avec ses propres caractéristiques acoustiques, ses conjonctures techniques, ses connotations sociales et culturelles). Sanden parle justement de « *temporal liveness* » et de « *spatial liveness* », qu'il considère comme « pas toujours réciproquement dépendantes » [Sanden 2013 : 34]. Effectivement, à mon avis, il faut prendre en compte la manière selon laquelle peut *avoir lieu* le fonctionnement en temps réel de toutes les ressources impliquées dans la performance et, par conséquent, de relier « *temporal* » et « *spatial* ». Lors de la préparation d'un concert, la tentative de couper ou de neutraliser plus que possible les conditionnements du lieu et les problèmes découlant de l'installation technique (bruit de fond, sons d'ambiance, halo sonore, *feedback*, etc.) est compréhensible à bien des égards ; pourtant – à la limite – cette tentative reconduit inéluctablement à expérimenter l'espace de la performance selon le modèle du studio, isolé, bien séparé du monde extérieur (tout comme « au laboratoire »). Cette thèse propose de chercher les conditions du « vivant » au niveau de l'interrelation ouverte et constructive de toutes les ressources performatives (y compris l'équipement électroacoustique) avec l'espace performatif. Pour cela, notre approche consistera à penser :

- le dispositif performatif complet en tant qu'« unité systémique » ou « système »³ ;
- l'espace de concert (salle ou autre) en tant qu'« environnement » de l'unité systémique en question⁴ ;
- la performance en tant que « processus », bien sûr, mais aussi en tant que « situation », au sens phénoménologique (heideggérien) du « se situer », de l'être-là et de l'être-avec ce qui se passe dans les alentours.

³ Du grec *σύστημα* = réunion, assemblage, conjonction, latin *cum-ponere* (mettre ensemble). Définition générale de « système » : ensemble composé par plusieurs éléments en interaction entre eux [von Bertalanffy 1969 : 67, Vidali et Neresini 2015 : 47]. On peut spécifier les relations entre les composantes ainsi que la nature, les attributs et l'état instantané des composantes. L'état instantané d'une composante peut être spécifié en fonction de ses états passés, de l'état d'autres composantes et de l'état de l'environnement.

⁴ Définition préliminaire d'« environnement » : ensemble des unités systémiques autres que l'unité en question mais ayant des échanges physiques ou informationnels avec elle. Toutes les unités systémiques n'ont pas d'importance pour l'unité systémique donnée. Les plus importantes composent le « milieu spécifique » de l'unité systémique.

Nous proposons de regarder la *liveness* comme un attribut assigné à l'ensemble des interrelations entre ces trois éléments. À cette fin, nous allons infiltrer le discours sur le caractère vivant de la performance par des critères empruntés à la cybernétique (ou mieux à la biocybernétique) ainsi qu'à l'écologie, à l'anthropologie de la technique, et finalement aux sciences cognitives récentes (post-computationnelles). Dans l'ensemble, notre tentative consistera à approcher le sujet en suivant quelques repères généraux de la « pensée systémique », et plus précisément en suivant une perspective d'une épistémologie « écosystémique⁵ ».

Trois données d'ordre général font les prémisses et les repères fondamentaux de notre propos. La première concerne la *technologie*, ses mutations au cours de l'histoire moderne et son statut à l'intérieur d'une réflexion sur l'âge contemporain. La deuxième concerne le rôle du *son* dans la création musicale récente et contemporaine, conçu et vécu non plus comme matériel de construction ou de réalisation de la musique, mais comme dimension expérientielle (perceptuelle, cognitive) porteuse de sens, donc comme médium d'inscription de la subjectivité. La troisième concerne l'engagement personnel à la suite duquel cette thèse a été imaginée et élaborée, à savoir l'expérience de l'auteur en tant que compositeur et performeur d'œuvres électroacoustiques en direct (pièces de concert et installations sonores). Effectivement, cette thèse relève de l'implication de l'auteur dans le sujet de recherche ! Le but est d'éclaircir des questions d'intérêt plus général mais à partir d'une forme de recherche-action coïncidente avec une pratique de création tout à fait particulière, voire personnelle. Une telle circonstance cependant soulève des problèmes méthodologiques.

Nous voudrions maintenant illustrer l'enjeu de chacune de ces trois prémisses.

0.2.2 La « condition technologique » contemporaine : le *devenir-milieu* de la technique

Il est très commun de penser la *technique* comme l'ensemble des moyens et des procédures aptes à résoudre rationnellement certains problèmes dans un domaine d'action spécifique en vue de buts spécifiques. Pourtant, depuis longtemps, les objets et les systèmes techniques ne

⁵ Pour la notion de « pensée systémique », nous allons suivre soit des ouvrages désormais classiques [Morin 1977 et 1986, Le Moigne 1977], soit des contributions plus récentes mettant à jour la perspective cybernétique [Clarke et Hansen 2009]. On peut parler d'« épistémologie écosystémique » lorsqu'il s'agit de réunir l'approche systémique (remontant à [von Bertalanffy 1969]) et l'approche de l'« écologie générale » (à partir de l'« écologie de l'esprit » [Bateson 1977] et de l'« écologie des liens sociaux » [Miermont 2012]). On y reviendra plus loin dans ce prologue.

représentent plus uniquement une dimension d'intermédiation neutre, simplement instrumentale : ils ne sont plus de simples moyens, ni des « prothèses » du corps et de l'esprit (comme le disait Marshall McLuhan il y a quelques décennies). Si les innombrables systèmes techniques que nous utilisons à chaque moment échappent désormais à une telle interprétation « instrumentaliste », c'est qu'ils sont plutôt devenus, dans l'ensemble, de véritables conditions de possibilité de l'expérience humaine : ils se donnent en tant qu'environnement ou « milieu d'existence » de l'être humain [Simondon 1958-1969 : 57].

Une circonstance historique si importante ne peut pas être examinée en restant en deçà des confins d'un instrumentalisme naïf. Par ailleurs, elle transcende aussi une conception « substantialiste » de la technique, souvent discutée par la philosophie du XX^e siècle (Martin Heidegger, par exemple). Dans une conception substantialiste, les techniques et les artefacts que l'être humain construit et place autour de lui façonnent son « milieu extérieur » lequel, au cours de la modernité, gagne en importance jusqu'au point d'influencer et même de forger son « milieu intérieur » aussi⁶. Face à la complexité du phénomène, on a besoin plutôt d'une pensée sensible aux contacts et aux liens entre les deux milieux, capable de saisir la relation de réciprocité entre « intérieur » et « extérieur »⁷. On a besoin d'expérimenter le *nexus* – indissociable chez l'être

⁶ Sur les théories « instrumentalistes » et « substantialistes » de la technique, voir [Feenberg 1991 et 2004]. La théorie substantialiste a eu le mérite de penser les artefacts techniques en tant qu'*agents de subjectivation*, c'est-à-dire en tant que facteurs actifs dans le façonnement de la subjectivité psychique et cognitive. On retrouve une telle conception générique dans plusieurs traditions de pensée : pensons, par exemple, au précepte marxien selon lequel l'homme *est* (= est défini par, équivaut à) ses moyens d'action et de production ; pensons à l'interprétation heideggérienne de la *technologie* (justement le *logos* de la technique) comme « événement historique » comportant le triomphe de la métaphysique et comme *accomplissement de la pensée occidentale* [Heidegger 1958]. Pensons, tout simplement, aux pouvoirs formatifs et déformants que les mass media contemporains exercent sur la psyché individuelle et collective. Ou, *in fine*, aux biotechnologies contemporaines, ayant le pouvoir de modifier l'unité physico-biologique du « système vivant » humain.

⁷ La distinction « milieu extérieur/milieu intérieur » remonte au travail du biologiste Claude Bernard (moitié du XIX^e siècle). La biologie théorique contemporaine a tendance à considérer les deux non plus en opposition mais en relation de complémentarité, de façon à expliquer « la relative indépendance des processus biologiques par rapport aux phénomènes environnants, et leur nécessaire interaction avec ceux-ci » [Bich 2012 : 20]. On peut rapprocher une telle complémentarité de la théorie des « systèmes auto-poïétiques », c'est-à-dire, des systèmes vivants (de nature biologique ou sociale) en tant que « constamment engagés à se maintenir en vie ainsi qu'à croître et se développer par contact permanent avec leur milieu extérieur » [Bich et Arnellos 2012 : 79 et 98].

humain – entre technique et écologie. D'autant plus si l'on accepte l'idée selon laquelle « entre le technique et le naturel il y a continuité » [Simondon 1958-1969 : 244]. Comme l'avait noté le musicologue marxien Luigi Rognoni tout au début de la musique électroacoustique [Rognoni 1956], la création d'art peut s'offrir comme un territoire d'expérience approprié à ce défi, où il est possible d'expérimenter des pratiques à la fois individuelles et collectives ouvertes à la pluralité des compétences et des sensibilités. C'est en ce sens que, à notre avis, la création peut s'offrir comme domaine des pratiques informées au « paradigme esthétique » dont parlait Félix Guattari [1989].

Ces dernières décennies, de nombreux auteurs ont parlé d'« écologie » non seulement au sens étroit de l'écologie scientifique – au sens d'une écologie « restreinte » se focalisant sur les écosystèmes naturels, sur la gestion des polluants et des ressources énergétiques, etc. – mais aussi au sens d'une « écologie générale⁸ ». On a constaté que presque toute expérience quotidienne, dans le monde contemporain, se déroule à travers un dédale de processus de communication et médiations disséminées et distribuées dans d'innombrables agents techniques façonnant notre environnement. Par là, tous les milieux d'existence humaine sont transformés en réseaux techniques (que ce soient des réseaux de consommation, de communication, d'éducation, d'affectivité, etc.). On peut bien apercevoir le *devenir-milieu* de la technique : notre condition d'existence est (dé)composée par un grand nombre de dispositifs techniques, imbriqués en réseau les uns dans les autres, auxquels nous remettons nos capacités d'action et de relation (ceci entraîne le plus souvent également une rémission des responsabilités). Nous vivons presque constamment en contact avec des agents techniques auxquels nous avons délégué une (ou la plus) grande partie de notre existence. L'objet concret d'une telle délégation ou rémission est nos processus cognitifs, nos facultés de connaissance, et tout cela naturellement comporte des répercussions sur les dimensions émotionnelles, éthiques, etc.

La mass-médiologie désormais s'approche des systèmes de médiatisation en tant qu'« environnements ». De « sociologie des médias », elle devient « écologie des médias » [Strate 2004]. Une telle « environnementalisation de la technique » constitue un phénomène

⁸ Nous empruntons l'opposition « écologie restreinte/écologie générale » à [Hörl 2012]. Chez certains auteurs, les notions telles que l'« écologie générale » et « écologie généralisée » sont presque équivalentes à « écologie » – terme que l'on retrouve chez Guattari [1989 : 12 et 47] et auparavant chez le philosophe et militant écologiste norvégien Arne Naess [Naess 1989].

tellement important que l'effort de la saisir et de l'analyser peut apparaître comme une véritable « tâche de la pensée » de l'âge contemporain, comme le dit le poète Michel Deguy [2012 : 31]⁹.

Rappelons que – il y a trente ans maintenant – Félix Guattari avait parlé de « trois écologies », à savoir de la *physis* (écologie scientifique), de la *psyche* (écologie de l'esprit, de la subjectivité) et du *socius* (écologie des rapports sociaux). Aujourd'hui, l'Allemand Erich Hörl et l'Américain Ronald Bogue parlent de « mille écologies », pour dire l'inépuisable quantité des pistes relationnelles qu'une pensée de l'âge contemporain peut entrevoir [Bogue 2009, Hörl 2012 et 2013]. Jean-Luc Nancy avait proposé le néologisme « éco-technie » [Nancy 1996]. L'Américain Timothy Morton a posé la question provocante d'une « écologie sans nature » [Morton 2007], en soulignant que les espaces dont les différentes formes d'écologie (à la fois « restreintes » ou « générales ») s'occupent, sont tous profondément anthropisés, artificialisés, réduits à des modèles et représentations sans prise directe sur le présumé « état de nature » (ce dernier, alors, demeure une image abstraite et plutôt idéaliste, toujours plus insaisissable).

L'écologie scientifique naît autour de la moitié du XIX^e siècle dans le domaine des disciplines biologiques, et s'adresse très rapidement aux interdépendances matérielles et énergétiques entre les composantes des écosystèmes de la Terre [Odum 1953]¹⁰. Il faut noter que, sur le plan historique général, elle arrive lorsque la transformation industrielle du travail agricole et l'organisation scientifique du travail ouvrier commencent à avoir une incidence forte sur les écosystèmes de la Terre. C'est un peu paradoxal : l'homme a commencé à s'intéresser aux écosystèmes de la biosphère terrestre lorsqu'il s'est manifesté capable de les modifier (et de les détruire, éventuellement). Il a commencé à saisir la complexité de ses liens à la biosphère au

⁹ Les réseaux télématiques à très grande connectivité (Internet) nous offrent bien sûr une image concrète et largement partagée de cette situation historique. D'autre part, on ne peut pas absolutiser et les compter comme paradigme unique de cette situation, en vertu de l'énorme multiplicité des contextes au sein desquels, depuis longtemps, toutes sortes d'agents techniques, « désincarnés », se mêlent et se combinent au vécu individuel et collectif, de même qu'à l'expérience du corps (expérience incarnée et toujours relative aux lieux et aux conditions matérielles environnantes).

¹⁰ L'acte de naissance normalement reconnu est la publication du second tome de *Generelle Morphologie der Organismen* par Ernst Haeckel (Haeckel 1866), où le biologiste allemand invente le néologisme « *Ökologie* » : « Par écologie, nous entendons toute la science des relations de l'organisme avec l'environnement, y compris, au sens large, toutes les “conditions d'existence” [...] en partie organiques, en partie inorganiques » [Haeckel 1866 : 286]. Cette définition de base retourne dans l'écologie scientifique moderne [Odum 1953, Odum et Barrett 2005].

même moment où sa volonté de maîtrise arrive à frapper les équilibres fragiles propres aux interdépendances écosystémiques¹¹. D'ailleurs, ce paradoxe de la modernité semble se reproduire à d'autres niveaux, notamment à niveau de l'environnement sonore¹².

De nos jours, un siècle et demi après la naissance de l'écologie scientifique, la « condition humaine » (André Malraux) s'avère pleinement « condition technologique » [Hörl 2015]. D'un côté, il s'agit sans doute de l'hyper-technicisation de la vie, des lieux dans lesquels nous vivons et travaillons : l'interconnexion d'innombrables réseaux techniques différents est désormais vécue comme preuve d'existence, aussi bien dans le contexte social qu'au niveau biologique (rappelons la figure du *cyborg* [Haraway 1991]). Mais d'un autre côté, à un niveau plus profond, la nature humaine est elle-même pensée en tant que constitutivement liée au processus de *construction de l'environnement* : il n'y a pas d'environnement qui ne soit défini et construit par l'être humain. Comme l'avait souligné Gilbert Simondon [1958], tout milieu humain est un environnement façonné comme « ensemble technique », par définition mixte d'humain et de non-humain (« technique » et « naturel » à la fois). Les hommes sont des « *cyborgs* naturels » [Clark 1983].

De ce point de vue, la technique n'est que l'« extériorisation » des facultés de l'esprit et des capacités d'action de l'homme. Cette notion, avancée d'abord par l'anthropologue André Leroi-Gourhan dans les années 1940 [Leroi-Gourhan 1945], a été reprise et développée plus récemment par Bernard Stiegler (en termes d'*épihylogenèse*). Nous voudrions la rattacher à la notion de *cognition distribuée*, telle qu'utilisée aujourd'hui dans les sciences sociales pour exprimer la convergence entre l'idée d'« action située » (toute action est relative à un environnement physique ainsi qu'à un espace de possibilités) et l'idée d'« environnement cognitif » (l'environnement comme site des ressources cognitives) [Laville 2000 : 1302]. D'abord, « les capacités cognitives humaines ne sont pas celles d'un esprit individuel, isolé de son

¹¹ Rappelons les mots par lesquels René Descartes exprimait le but du réductionnisme et du mécanisme scientifique moderne : « Nous rendre comme *maîtres et possesseurs* de la nature » ([Descartes 1997] = *Discours de la méthode*, édition 1637, sixième partie, ligne 61 ; je souligne).

¹² On a commencé à prêter attention à l'environnement sonore au début du XX^e siècle (archives sonores de Dziga Vertov, 1916 [Smirnov 2013 : 25-28]), c'est-à-dire dès qu'on a pu percevoir et vivre les bruits d'origine mécanique, toujours plus envahissants dans les contextes urbains, comme déchets et polluants. Après la première moitié du XX^e siècle, l'« écologie acoustique » a vu le jour lorsque l'automatisation industrielle venait de changer le paysage sonore urbain et rural [Schafer 1977]. Il y a un schéma récurrent : l'homme ne s'aperçoit de l'environnement que lorsqu'il vient à le déformer de manière importante.

environnement... [mais celles d'un esprit] impliqué dans autres êtres » et « dans son environnement effectif » [Quéré 1997 : 175 et 165]. Après, une fois façonné et placé dans les environs, tout dispositif technique agit sur l'être humain « de l'extérieur », en fermant ainsi une « boucle de rétroaction » fondamentale pour les êtres humains – et pour les organismes vivants en général. Par une telle boucle, tout « le vivant inclut dans sa propre existence l'environnement où il vit » [Cappuccio 2009 : 22]. Comme l'avait souligné Heinz von Foerster dans les années soixante-dix, une telle boucle à travers l'environnement investit les mécanismes cognitifs à plusieurs niveaux, et constitue un « cercle créatif » dont l'émergence finalement est la conscience (l'esprit) [von Foerster 2015 : 2]. L'anthropologue anglais Tim Ingold note que « l'esprit n'est pas limité au corps » [Ingold 2011 : 86]. L'extériorisation des capacités cognitives d'un organisme vivant fait de l'environnement une source d'action, un « agent » – un facteur potentiellement actif dans le processus cognitif de l'organisme lui-même – et transforme l'environnement de manière de plus en plus spécifique jusqu'à en faire le « milieu associé » de l'organisme particulier. Le milieu associé (l'*Umwelt*, pour reprendre une définition célèbre [von Uexküll 1956]) concrétise les échanges dynamiques, les interdépendances et les coproductions spécifiques du couple « organisme – environnement ». Dans sa réalité matérielle et processuelle, ce « couple » équivaut cependant à une « boucle », à un système de relations biunivoques « organisme ↔ environnement ».

Par rapport aux organismes vivants qui l'habitent, tout environnement est à regarder en tant que facteur actif ou « agent » à l'intérieur des processus cognitifs de ceux organismes [Simondon 1958, Barthélemy 2015]. En général, toute unité biologique et toute communauté biologique sont constamment engagées dans la construction d'un milieu spécifique, en coévolution avec l'espace environnant. Plus spécifiquement, les facultés de perception et de cognition propres à l'être humain surgissent et se développent à travers ses interactions avec un ensemble d'êtres techniques fabriqués par lui-même et « distribués » dans les environs – à côté d'agents non humains dits naturels, propres à l'environnement en tant qu'ensemble composé par des éléments biotiques et abiotiques à la fois (conditions physiques, conditions climatiques, etc.).

Parmi les questions les plus importantes de l'âge contemporain il y a précisément celle de saisir la relation triangulaire « *vivant – technique – environnement* » située au cœur des processus d'individuation biologique ainsi que des processus cognitifs et de subjectivation individuelle et sociale. En son temps, Simondon avait parlé d'une « relation à trois temps » [1958-1969 : 79],

c'est-à-dire d'un agencement linéaire « homme → machine → environnement ». Depuis longtemps, une telle relation s'est avérée être plutôt un véritable anneau récursif :



Comme plusieurs auteurs l'ont souligné, selon des perspectives tout à fait hétérogènes [Morin 1977 et 2005a, Guattari 1989, Clarke et Hansen 2009, Hörl 2012 et 2015], il s'agit d'une relation non linéaire et complexe, au sein de laquelle toute « interaction » équivaut à une structure d'interdépendance, c'est-à-dire de détermination réciproque permanente. Cet anneau récursif définit, à notre avis, le territoire sur lequel se déroule l'expérience vécue et vivante du son et de la musique, spécialement à l'heure actuelle. Son partage constitue l'enjeu majeur de la création contemporaine dans le scénario social général.

0.2.3 L'« émergence du son » : le *devenir-son* de la musique

Notre seconde prémisse générale concerne un phénomène plus circonscrit, mais d'importance capitale dans l'histoire de la musique. Au cours du XX^e siècle, aussi bien qu'au cours des années les plus récentes, le son a été expérimenté non plus simplement comme matériel de construction de la musique, mais comme dimension énergétique porteuse de sens. Et finalement comme un médium atmosphérique mais concret et partagé où il est possible d'inscrire la subjectivité. Il en a résulté une toute nouvelle phénoménologie de la musique. Dite de manière très (trop) concise, la création musicale contemporaine a été marquée par une attention spéciale vers les qualités sonores, vers les qualités du « timbre » et de l'« espace », vers le bruit. En parallèle, on a eu une forte relativisation de la hauteur (anciennement principale dimension du discours musical) et une re-conceptualisation du rythme et du temps. On a assisté à « l'émergence du son dans la musique » [Solomos 2013]¹³. En d'autres mots, le son a gagné son propre statut esthétique autonome. Cela équivaut à un vrai changement de paradigme : d'une « culture musicale centrée sur le ton à une culture du son » [*id.* : 34].

¹³ Ici « émergence du son » désigne tout un processus développé pendant plusieurs décennies au sein des pratiques de création musicale. Plus loin, nous allons utiliser la locution de façon plus particulière, à savoir pour désigner la singularité des circonstances opératoires dont surgissent (se produisent, surviennent) des phénomènes sonores. J'ai utilisé cette notion « sonologique » d'émergence depuis la moitié des années 1990 [Di Scipio 1994a, 2008a].

Deux points revêtent plus d'importance, à cet égard – deux points sans doute très spécifiques de la création électroacoustique, mais également significatifs dans certaines approches en composition instrumentale et vocale. En premier lieu, il y a l'idée de « composer le son¹⁴ ». Cela signifie, notoirement, que le compositeur s'occupe d'abord de forger les sons, de les concevoir et de les produire effectivement, soit par synthèse électronique, soit par transformation de sons issus d'autres sources sonores. Parfois on est arrivé à travailler au niveau microtemporel des vibrations acoustiques, de l'ordre des centièmes de seconde ou plus mince – par exemple, lorsqu'on a parlé de « microcomposition¹⁵ ». À ce niveau-là, le travail du compositeur peut s'assimiler à une tâche de synthèse du son, et le terme d'origine grecque « *syn-thesis* » prend alors son sens littéral, équivalant au latin « *com-ponere* » (mettre ensemble) : il n'est pas simplement question d'intégrer la production des matériaux sonores à des procédés de structuration de la forme musicale, mais plutôt d'attribuer une valeur musicale aux morphologies sonores en tant que formes dynamiques d'énergie acoustique. Dit autrement, le son est vécu (engendré, écouté) comme *forme*, non plus comme *matière*. C'est ça, au fond, son autonomie esthétique.

En second lieu, on a assisté aussi à un rapprochement de plus en plus étroit entre « son » et « espace », et parfois aussi à leur fusion ou intégration. Pensons naturellement à la « spatialisation du son », entendue comme synthèse d'espaces artificiels, comme simulation très raffinée des réflexions acoustiques et des mouvements des sources sonores [Blessier et Salter 2007]. Il s'agit là d'une approche en même temps de rationalisation géométrisante et de phénoménalisation du virtuel. En contraste, pensons à l'« activation acoustique » de lieux concrets, c'est-à-dire à l'idée de focaliser la création (et l'écoute) sur les caractéristiques audibles de l'espace physique partagé par les performeurs et les auditeurs – comme dans certains travaux des compositeurs américains Alvin Lucier et David Behrman (années 1960 et 1970), et dans

¹⁴ On parle génériquement de la possibilité de « composer les sons » depuis les débuts de la *musique concrète* et de la *musique électronique*. On trouve quelques clarifications initiales à ce sujet dans les écrits de Karlheinz Stockhausen et de Gottfried Michael Koenig dans les années cinquante [Koenig 1955, Stockhausen 1956 et 1963]. À la fin des années soixante-dix, le compositeur italien Walter Branchi (ancien élève de Franco Evangelisti) a introduit la locution « composer *dans* le son » [Branchi 1982] : là, implicitement, le son est devenu une sorte d'espace, un milieu dans lequel on peut agir pour composer.

¹⁵ Cf. les premières propositions d'Iannis Xenakis concernant la synthèse audionumérique [Xenakis 1977]. Ensuite, le terme « microcomposition » a été utilisé en référence à plusieurs approches de musique par ordinateur [Di Scipio 1994b, Roads 2001]. À côté de ça, on a parlé aussi de « micro-montage » [Vaggione 1996].

plusieurs installations sonores *in situ* (« *site-specific* »)¹⁶. D'ailleurs on pourrait penser aux pratiques par lesquelles on se met en écoute de l'environnement urbain ou rural, comme dans l'approche de l'« écologie acoustique » et du « paysage sonore » [Schafer 1969 et 1977]. Ou selon la notion d'« écologie sonore »¹⁷. On pourrait finalement mentionner les différentes propositions où la distance et la médiation spatiale sont déclinées par réseaux télématiques¹⁸. De toute façon, limitons-nous à constater que certaines pratiques contemporaines conçoivent « son » et « espace » de façon indissociable, et travaillent sur leur intégration en tant que catégorie opératoire et esthétique à part entière – pour la définir Makis Solomos a utilisé la locution « espace-son » [Solomos 1998, Solomos 2013 : 415-481].

À partir de l'évolution historique de l'« émergence du son », certains phénomènes sonores, habituellement réputés d'intérêt secondaire ou marginal pour la musique, ont acquis plus d'importance, tandis que les valeurs discrètes appelées « paramètres musicaux » (hauteur, amplitude, durée) sont devenues d'importance marginale, voire nulle. Cela a entraîné un départ du territoire des formes et des structures obtenues sur la base des paramètres habituels. Pour certains, une telle déterritorialisation du musical s'est avérée être l'occasion de s'affranchir des conventions de base de ce qu'on appelle musique, à savoir pour ouvrir un horizon *autre* de la musique. Selon certains auteurs, la circonstance est censée marquer la différence entre pratiques dites « musicales » et pratiques dites d'« art sonore » (par exemple, cf. [Demers 2010 : 69-89]).

Une distinction nette entre « musique » et « art sonore » sera pour le moins problématique, à notre avis. Il est vrai que l'art sonore, au contraire de la musique, est dispensé d'articuler la temporalité, de dramatiser la durée ; il est vrai qu'il offre la possibilité de se tourner vers un ensemble de facteurs, y compris ceux de type spatial et environnemental, pour mettre en valeur une perception plus vive et directe des lieux et pour favoriser une plus forte implication des

¹⁶ Sur la notion de « *site-specificity* » dans plusieurs pratiques d'art contemporain, voir [Kwon 2002].

¹⁷ Ici nous nous référons, un peu obliquement, à la distinction entre « écologie acoustique » à orientation scientifique, et « écologie sonore » à orientation phénoménologique – plus disponible, cette dernière, à écouter l'environnement en tant que construction, en tant que *lieu* [Barbanti 2012, Mayr 2012, Solomos *et al.* 2016]. C'est vrai, toutefois, qu'une telle distinction peut cacher « un dualisme réducteur » qu'il serait bon de dépasser [Barbanti 2016 : 231].

¹⁸ Comme dans de multiples exemples de « télémusique » [Joy 2012] et de « *net art* » [Fourmentraux 2005].

auditeurs dans le contexte d'écoute¹⁹. Cependant, l'art sonore pourrait ne représenter qu'une individuation historique particulière du concept de musique, même si très éloignée des notions plus communes et hégémoniques : au fond, l'art sonore vise le plus souvent à l'expérience vécue du son, en relation avec les sources impliquées dans la production du son, ainsi qu'en relation avec les lieux où cette expérience et cette manipulation sont gérées – tout ce qu'un esprit non réductionniste pourra, à juste titre, appeler « musique » [Di Scipio 2014 et 2015].

L'expérience de la musique – locution que nous utilisons ici sans besoin de séparer contextes de création, de performance et d'écoute – se nourrit toujours de la « dimension intrinsèquement relationnelle » du son [LaBelle 2006 : ix]. Affirmer une différence radicale ou ontologique entre « musique » et « art sonore », c'est un peu comme nier à la musique le statut d'une pratique relationnelle, et la réduire uniquement à un domaine purement esthétique-formel (comme dans certaines perspectives néokantiennes de la musique, telles que [Scruton 1997]). Par ailleurs, une telle négation va de pair avec une vraie réification, à savoir la transformation effective de la musique en « chose », en objet – voire en un produit asservi à une logique de consommation. Antoine Hennion a écrit que la musique est « l'art même de la médiation » [Hennion 1993 : 13]. Georgina Born a parlé de la dimension « intrinsèquement médiale » de la musique (« *inherently mediational* » [Born 2013 : 9], cf. aussi [Born 2005 et 2012]). Nous partageons ces suggestions, si cependant elles signifient que faire et écouter de la musique sont des processus de subjectivation impliquant une pluralité de médiateurs (interprètes, instruments, techniques, partitions, éditions, espaces, public, critiques, etc.²⁰). Toutefois, une telle perspective, à notre avis, ne peut que découler de la nature justement relationnelle du son, c'est-à-dire des conditions écologiques que tout le monde peut expérimenter, de manière plus ou moins consciente, lors de l'émission et de la réception des sons. À son meilleur, en travaillant dans le médium du son, la

¹⁹ Nous reprenons, de mémoire, la toute première définition d'« installation sonore » donnée par l'artiste sonore et percussionniste américain Max Neuhaus, autour de 1968.

²⁰ Aujourd'hui, Paulo de Assis regarde l'« œuvre musicale » en tant qu'« assemblage » de tous lesdits médiateurs [de Assis 2018]. Voir [Hennion et Latour 1993] pour un discours plus général sur l'œuvre d'art en tant qu'objet-réseau de médiations.

musique rend audible le fait que « l'être est relation » et que « toute réalité est relationnelle » [Debaise 2004 : 16]²¹.

Ici, cependant, il nous convient de laisser de côté la question de la différence entre « musique » et « art sonore ». Ce qui compte, c'est de constater une certaine continuité historique entre les deux, à rattacher aux développements des musiques et des arts expérimentaux des années soixante-dix [Saladin 2017], et caractérisée à notre avis du besoin d'un art fondé sur le son en tant que paradigme de relationnalité : à condition de ne pas l'enfermer dans des schémas réductionnistes, tout son est la trace audible des liens et des médiations entre les plus divers agents humains et non humains impliqués dans son émission et transmission (on reviendra sur ce sujet fondamental dans la Troisième Partie de cette thèse). C'est exactement sur le sujet de la dimension médiale et relationnelle (donc cognitive et politique) du son et des pratiques sonores que notre seconde prémisse générale – le *devenir-son* de la musique – rejoint notre première prémisse – le *devenir-milieu* de la technique, à savoir l'écologisation des médiations technologiques du monde contemporain. La façon dont nous vivons et expérimentons le milieu sonore reflète la façon dont, en tant que musiciens et auditeurs, nous prenons place à l'intérieur de l'anneau récursif *homme – technique – environnement*.

0.2.4 Recherche-action, recherche-création : le *devenir-énigme* de l'auteur à soi-même

La troisième prémisse générale de notre discours concerne le contexte personnel à partir duquel je me suis approché de cette thèse. Plus bas, je vais me focaliser sur certaines œuvres dont je suis l'auteur (et souvent le performeur aussi) : l'idée est de prendre en compte certains aspects opératoires de mon travail de création en tant qu'exemples pertinents et peut-être utiles pour réfléchir sur les questions faisant le sujet de cette thèse, notamment « *liveness* » et « écologie du son ».

Dans le monde académique, une double posture de « participant » et « observateur » peut se présenter comme une forme *sui generis* de « recherche-action » ou de « recherche fondée sur la pratique » (en utilisant les termes de la pédagogie [O'Brien 2001, Berger 2003, Saint-Luc

²¹ Selon le philosophe Didier Debaise, cette formule (empruntée à Simondon) actualise une démarche écologisante de la pensée qu'il fait remonter à Friedrich Nietzsche, Henri Bergson et Gabriel Tarde, parmi d'autres.

2012])²². Dans notre cas, il serait probablement plus exact de parler de « recherche impliquée » [Saint-Luc 2012 : 7] – impliquée par ailleurs dans une pratique de création n’ayant aucunement nécessité de répondre à des critères disciplinaires rigoureux. À l’impossibilité de modéliser un savoir qualitatif (tel qu’associé d’habitude aux pratiques artistiques) s’ajoute l’implication personnelle dans le sujet de recherche, en contraste avec la distanciation requise dans le contexte académique.

Le risque existe alors que mon discours manque de tout intérêt scientifique. Si le risque vaut la peine d’être pris, c’est principalement en vertu de l’attention que la thèse va porter aux aspects opératoires du travail de création. Comme l’a écrit le compositeur-chercheur belge Gottfried-Willem Raes, « l’art et la recherche ne sont pas la même chose » mais « ils peuvent se produire ensemble » [Raes 2014 : 56]. Cela n’est possible qu’en raison d’un travail portant justement sur l’opérateur, au niveau de l’implémentation et de l’organisation consciente de la pratique. C’est là que la création peut devenir éventuellement « production de connaissance » [Athanasopoulos 2016] et que la dimension esthétique peut être finalement vécue comme « expérience épistémique » [Mersch 2015].

La double posture de « participant » et « observateur » matérialise une approche « réflexive », une démarche d’auto-observation destinée à intégrer la « réflexion *en cours* d’action et *sur* l’action » [Schön 1996 : 46, je souligne]. Celui qui « réfléchit sur l’action devient un chercheur dans un contexte pratique » [Guillaumin 2009 : 93]. Il y a une *mise en tension* entre théorie et pratique – une mise en tension bénéfique autant au niveau des compétences pratiques que de la conscience théoricienne. Toute création, en quelque mesure, comporte une « pratique réfléchie » demeurant dans un « domaine hybride qui se situe entre théorie et pratique » [Icle 2012 : 1]²³. Le but ici sera moins de faire « de mon propre travail artistique l’objet de ma recherche » [*id.* : 1] que de réfléchir et d’examiner la portée de la recherche ayant lieu d’abord par et dans mon travail. L’objet sous observation n’est pas « la pratique » et son enjeu esthétique, mais la « recherche opérante dans la pratique » [Saint-Luc 2012 : 18] et son enjeu cognitif. Une recherche impliquée dans une pratique d’art équivaut alors à *continuer la praxis avec d’autres*

²² En suivant [O’Brien 2001], il y a peu de raisons pour distinguer de façon nette « recherche-action » (locution utilisée de préférence dans le contexte académique francophone) et « recherche fondée sur la pratique » (locution utilisée dans le monde anglophone : *practice-based research*).

²³ Ce sont des mots empruntés à une réflexion en anthropologie du théâtre.

moyens – à savoir par l’analyse et le traitement théorique des contextes et des dispositifs de création, au sens large.

La notion de réflexivité que je viens de mentionner a été décrite par Edgar Morin comme un « retour de l’esprit sur lui-même », une « pensée de soi capable de rétroagir sur soi » [Morin 1986 : 190]. Avec une telle boucle de rétroaction, une stratégie d’observation distanciée et objectivante du phénomène est remplacée par une stratégie d’observation participante (ou « *con-sciente* »), en favorisant ainsi une attitude de connaissance de type non réductionniste. L’implication de l’observateur va perturber soit l’objet observé soit le contexte d’observation (généralisation du principe de Heisenberg). Du fait d’admettre une telle possibilité, la recherche académique s’ouvre à une perspective compatible avec des démarches non réductionnistes, même si ces dernières inévitablement « s’éloignent d’une épistémologie positiviste » [Icle 2012 : 2].

Une « recherche impliquée » équivaut donc à une pratique réfléchie, à savoir une pratique centrée sur le retour de l’expérience vécue sur elle-même. Dans le contexte des sciences cognitives, cela pourrait ressembler à ce que Francisco Varela appelait « un récit en première personne » [Thompson 2009 : 79] (par contraste avec la « troisième personne » de la science réductionniste). En biologiste pratiquant, Varela incarnait un type de scientifique particulièrement emblématique, qu’on pourrait regarder comme le « vivant qui étudie la vie » [Gérard 2010 : 2]²⁴. En ce qui nous concerne, dans cette thèse il sera évidemment question de musique pensée et théorisée par un musicien pratiquant, de la dimension « vivante » de la performance étudiée par un pratiquant engagé dans la création et la performance *live electronics*²⁵.

La réflexivité n’est pas l’« introspection », nous dit Francisco Varela : « les introspectionnistes se contentent de penser sur leurs pensées » [Varela *et al.* 1993 : 65], tandis que la réflexion propre à la recherche impliquée s’attache davantage « aux *opérations* du sujet » (Jean Piaget cité

²⁴ « Les théories du vivant peuvent être conçues seulement dans la perspective fragile et impliquée du vivant lui-même » [Thompson 2009 : 89]. En 1966, Hans Jonas avait écrit : « la vie ne peut être connue que par la vie » [Jonas 2001 : 99].

²⁵ Notoirement, l’image générale du « musicien qui étudie et théorise la musique » n’est pas du tout nouvelle. À partir du XIV^e siècle (Philippe de Vitry) et du XVI^e siècle (Vincenzo Galilei) jusqu’au XX^e siècle, l’histoire de la musique est pleine de compositeurs devenus aussi théoriciens à l’occasion de changements profonds des conditions matérielles du faire de la musique – c’est-à-dire, à l’occasion de chaque *ars nova*. La distinction entre compétences professionnelles musicales (de composition et d’interprétation) et compétences professionnelles musicologiques ou théorico-musicales n’a émergé qu’après la deuxième moitié du XIX^e siècle.

dans [Guillaumin 2009 : 89, je souligne]). On passe de la conscience de ses pensées, à la conscience du contexte opératoire, en reliant le sujet de la connaissance à son milieu. La notion de « recherche impliquée » ou de « pratique réfléchie » comporte un anneau, le repliement du soi sur soi-même à travers les actions qu'il exerce dans ou sur le milieu de recherche, voire dans ou sur d'autres agents qui habitent un tel contexte environnant. Donc il s'agit moins d'auto-observation que d'« auto-éco-observation ». L'introspectionnisme (inauguré par René Descartes, au début des sciences modernes) ne présuppose aucun milieu extérieur, aucun environnement – comme le dit le mot, il s'agit de se regarder à l'intérieur. En revanche, la double posture d'une « pratique réfléchie » demande que ce soit justement à la pratique de répondre aux interrogations de niveau théorique qu'elle-même soulève. Lorsque les réponses arrivent d'une intervention concrète sur et dans le contexte de recherche, la double posture aboutit finalement à une dimension d'*auto-éco-référence* : le chercheur se regarde lui-même à travers le milieu circonstant, avec d'autres yeux.

Pour la pédagogie, « recherche-action » et « pratique réfléchie » viennent de deux perspectives différentes mais ayant tendance à se rencontrer, à se mêler [O'Brien 2001] : la recherche-action découle du besoin d'« examiner la réalité afin de la changer », tandis que la pratique réfléchie découle du besoin de « changer la réalité afin de l'examiner ». Elles sont, au fond, deux formes du constructivisme de Jean Piaget. On peut dire que « la connaissance vient en même temps que l'action transformatrice [et] *requiert* l'implication du chercheur dans l'évolution en cours » [Blanc et Lolive 2009 : 287, je souligne]. « L'implication dynamise la connaissance » [Saint-Luc 2012 : 18] (d'après Georges Bataille), elle favorise une dynamique cognitive circulaire et ouverte, voire spiraliforme. En dernière analyse, c'est une perspective qui vise à avoir prise non pas sur « les choses, mais [sur] les choses en train de se faire » [Blanc et Lolive 2009 : 287]. Ce qui est observé n'existe pas plus comme « objet », mais comme processus et comme membre d'une relation, comme « contexte » (ou comme « situation », si l'on veut).

Le jeu entre observation et participation nous amène à conceptualiser « la recherche-action [...] comme un système de *feedback* » [von Trier 1980 : 180], c'est-à-dire, comme une stratégie d'autoformation par laquelle théorie et pratique entrent « dans un dialogue profond » [Saint-Luc 2012 : 25]. Le dialogue aboutit éventuellement à une transformation du soi. À la limite, « pour un praticien [...] s'impliquer dans une recherche-action conduit à un changement d'identité » [*id.* :

17], en fonction de ce dédoublement grâce auquel la « pensée de soi » se révèle « capable de rétroagir sur soi » [Morin 1986 : 190].

Dans une conversation passionnante au sujet des défis de l'anthropologie de notre époque, Philippe Descola et Tim Ingold parlent d'*observation participante* pour décrire la démarche des ethnographes d'aujourd'hui [Descola et Ingold 2014 : 34]. Une telle locution nous paraît apte pour caractériser une perspective de recherche-action – comme on l'a dit auparavant : examiner la réalité afin de la changer. Sur un plan général, elle reflète le point de vue du chercheur conscient de son inévitable implication personnelle dans l'objet de recherche et dans le contexte de recherche. « La science, telle qu'instrumentalisée de nos jours, cherche à nier l'implication des praticiens dans le phénomène qu'ils étudient [...] Cette implication n'est pas moins une condition *sine qua non* de l'existence de la science » [*id.* : 54]. Comme l'a dit Edgar Morin, un observateur est toujours impliqué dans une praxis transformatrice, de sorte qu'« il n'y a et n'y aura jamais d'observateur pur » [Morin 1977 : 357].

Pour ma part, en compositeur intéressé par la recherche et la théorie, je crois que « la pratique efficace précède sa propre théorie » [Ryle 1978 : 30 ; Pape 2010 : 2]. Comme je l'avais suggéré plus haut, l'idée ici est que la pratique produit sa propre théorie et, après, la théorie rétroagit sur la pratique plus ou moins rapidement. On devrait alors renverser la formule de Descola et Ingold, et considérer la possibilité d'une démarche de *participation observante* – d'autre part, comme le dit Ingold lui-même [2011 : 129], « la participation [est] une condition de l'observation ». On pourra parler de « pratique réfléchie », bien sûr (comme nous l'avons dit auparavant : changer la réalité afin de l'examiner), mais surtout on pourra parler de « recherche-crédation » (en anglais *practice-led research*, « recherche guidée par la pratique ») [Stévance 2012, Stévance et Lacasse 2013, Crispin et Gilmore 2014, Paquin 2019].

En bref, à la question « qu'est-ce qui est vivant dans une musique électroacoustique *live* » on peut essayer de répondre d'abord par l'engagement pratique dans le faire de la musique électroacoustique *live* – ainsi que par une réflexion continuelle ou fréquente sur ce qu'on est en train de faire.

0.3 Questions méthodologiques

Comment nous venons de le souligner, la possibilité de concevoir la création musicale et d'art sonore en tant que pratique de recherche et parcours de connaissance vient donc du fait que théorie et praxis « ne se rencontrent pas au niveau du métalangage, mais au seuil même de l'activité créatrice [...] au moment précis de son opération » [Athanasopoulos 2016 : 86]. Théorie et praxis s'alimentent mutuellement au niveau de l'opérateur, c'est-à-dire, dans notre cas particulier, au niveau de quelques dispositifs électroacoustiques et numériques soigneusement dessinés et mis en place selon des circonstances et des conditions spécifiques.

Notons qu'aujourd'hui – à un stade historiquement avancé du *devenir-milieu* de la technologie – la dimension opératoire est si souple et complexe que toute division disciplinaire des savoirs est fondamentalement compromise. À l'aube de l'âge contemporain, Gilbert Simondon avait écrit que tout « ensemble technique » comprend « des machines dont les principes [...] relèvent de domaines scientifiques très différents » [Simondon 1958-1969 : 13]. Un peu plus tard (1966), le philosophe allemand Hans Jonas ajoutait que toute recherche à propos du « phénomène de la vie » se heurte à l'impossibilité de se conformer aux « frontières partageant habituellement nos disciplines et leurs champs » [Jonas 2001 : 10]. Il en découle de toute évidence que s'intéresser aux conditions du vivant (*live*) au milieu d'un environnement hautement technicisé (*electronics*) exige une approche capable de faire tenir ensemble des compétences disciplinaires multiples et hétérogènes, et des dispositifs de travail musical tout aussi hétérogènes²⁶.

Cependant, en quoi exactement notre recherche se fait *interdiscipline* ?

0.3.1 Une démarche inter-(multi)-(trans)-disciplines ? L'in()discipline ?

Par *interdisciplinarité* on entendra d'abord « échange et subsomption de chaque spécialité sous des concepts communs et des méthodes intégratives » (nous empruntons cette définition provisoire à une discussion au sujet des espaces architecturaux et urbains [Augoyard 1998 : 23]). Elle pousse à dynamiser la sectorisation des connaissances, voire à la remettre en question : c'est le contraire de l'« hyperspécialisation », le contraire de l'isolement d'une discipline par rapport aux autres ainsi que de la réduction du phénomène sous observation à un « en soi » et « pour

²⁶ Il va de soi que pour mettre et tenir ensemble des compétences techniques différentes et des dispositifs de subjectivation différents, il faut un effort littéral de « composition » – et cela n'est pas un calembour...

soi » [Morin 1994]²⁷. D'autre part, elle rend possible aussi l'analyse des pratiques « sous l'angle d'une économie politique du savoir » [Athanassopoulos 2016 : 75].

D'une certaine manière, il est tout à fait normal que des musiciens travaillant avec des dispositifs électroacoustiques informatiques doivent acquérir et mélanger plusieurs compétences techniques, même si elles sont limitées dans leur portée particulière (éléments fondamentaux d'acoustique et psychoacoustique, d'électrotechnique, d'informatique et traitement des signaux, etc.). Notons qu'une telle circonstance comporte d'abord une certaine remise en question de la division normale du travail musical et de l'ingénierie du son. Cependant, elle sera tenue pour acquise dans notre discours, tandis que la dimension *interdisciplinaire* qui nous trouble et nous concerne davantage se rattache plutôt à un éventail de repères d'autres types, dont la prémisse est une attitude générale de la connaissance alternative au réductionnisme ainsi qu'au déterminisme des technosciences contemporaines – une attitude souvent évoquée (nous l'avons déjà noté) en faisant appel à la « pensée systémique ». La pensée systémique vise à « écologiser les disciplines » [Morin 1994 : 4], à mettre en valeur les interconnexions et les interdépendances entre plusieurs perspectives des sciences humaines comme des sciences dures. C'est un « langage pour exprimer l'interdisciplinarité » [Le Moigne 1977 : 274] ainsi que la prémisse de l'« écologie générale²⁸ ». « Devenue ces dernières années le mot d'ordre des sciences humaines » [Athanassopoulos 2016 : 82], ce paradigme d'interdisciplinarité systémique « réactualise une ancienne question de philosophie, le souci d'une certaine unité du savoir et des connaissances » [Verner 2005 : 7].

Or, il faut admettre que l'interdisciplinarité comporte aussi le risque d'un discours profane, d'un discours en « amateur » (comme l'avait suggéré Pierre Schaeffer dans un passage de son « essai interdiscipline » [Schaeffer 1966 : 640]). Par ailleurs, de nos jours, quelques auteurs proposent de remettre en question l'interdisciplinarité lorsqu'elle n'équivaut presque plus à « une

²⁷ De plus, en tant que but de l'hyper-disciplinarité, l'hyperspécialisation a tendance à promouvoir « un esprit de *propriétaire* qui interdit toute incursion étrangère dans sa parcelle de savoir » [Morin 1994 : 1, je souligne].

²⁸ Au fil de l'histoire, l'« écologie générale » contemporaine semble reprendre et étendre le projet à vocation intrinsèquement interdisciplinaire que l'écologie scientifique elle-même se donna lors de sa naissance : à l'origine, la tâche de l'écologie scientifique était de coordonner une pluralité de disciplines (biologie, bactériologie, zoologie, botanique, géographie, météorologie, etc.). En 1866, Haeckel avait parlé d'*œcologie* d'abord pour remplacer « *allgemeine Anatomie* » et « *generelle Morphologie der Organismen* » [Haeckel 1866].

réelle remise en cause des lignes de démarcation entre les disciplines » [Athanassopoulos 2016 : 82], et devient plutôt « multidisciplinarité », ou « pluridisciplinarité ». La multidisciplinarité s'appuie sur maintes disciplines en parallèle, sans entraîner d'interactions ou de modifications [Piaget 1974 : 166]. En ce sens-là, elle est moins ambitieuse de l'interdisciplinarité (« un projet interdisciplinaire est toujours ambitieux » [Schaeffer 1966 : 640]). La multidisciplinarité « est *relationnelle*, mais non *interactionnelle* comme l'interdisciplinarité » [Verner 2005 : 5].

Nous sommes convaincu que toute création capable de susciter des germes de conscience du monde contemporain relève d'une sensibilité plurielle et multiforme, peu respectueuse des catégories disciplinaires prédéterminées. Plus précisément, les compétences pratiques dites musicales relèvent toujours d'une capacité d'agir « en liant », « en mettant en relation ». Elles relèvent d'une capacité à ne pas séparer l'expérience vécue des conditions concrètes d'expérience. D'une certaine manière, le faire de la musique implique toujours une dimension relationnelle et écologique, au sens élargi (par ailleurs cela demande que, à son tour, le discours sur la musique soit en mesure de saisir et de partager une perspective interdisciplinaire). Rappelons le « paradigme esthétique » dont parlait Félix Guattari il y a désormais quelques dizaines d'années : ce qui se passe dans les pratiques de création (lorsqu'elles ne sont pas normalisées aux fins de la consommation ou standardisées par « un consensus abêtissant et infantilissant » [Guattari 1989 : 44]) relève d'une profonde « interpénétration » entre différents régimes et constellations d'action, de relation et de sémiotisation. Les pratiques de création sont des dispositifs matériels d'ordre à la fois technique et esthétique : en s'adressant à « une gamme de registres expressifs en prise directe sur la vie sociale » [Guattari 1992 : 98], elles opérationnalisent finalement des processus de connaissance assez flous et dysfonctionnels par rapport au conformisme disciplinaire. Cela laisse « peu de place à une division et à une spécialisation du travail » [*id.*].

Le philosophe italien, Franco Berardi, a affirmé que tout processus de subjectivation équivaut aujourd'hui à une sorte de *bricolage interdisciplinaire* [Berardi 2005 : 1]. On peut regarder le domaine de la création artistique comme paradigme d'une telle situation historique de la construction de la subjectivité. D'ailleurs, la notion de « bricolage » autorise à parler plus précisément d'« in()discipline » – non pas au sens d'un travail amateur mais au sens d'un travail entre les disciplines, sur et à travers les interstices. Le philosophe Jacques Rancière [2006] parle précisément d'*indisciplinarité* pour indiquer une démarche qui vise à la construction de liens

entre les disciplines, et aussi à trouver « une position de la recherche entre l'art et la science » [Elshafei 2014 : 12].

Le mieux serait que notre démarche de recherche-crédation, en partant d'une position in()disciplinée, puisse marcher en direction de la « transdisciplinarité », vers la possibilité de traverser les disciplines, de les transcender et les dépasser. La recherche transdisciplinaire « ne se contenterait pas d'atteindre des interactions ou réciprocitys entre recherches spécialisées, mais situerait ces liaisons à l'intérieur d'un système total sans frontières stables entre les disciplines » [Piaget 1974 : 180]. Toutes les deux – in()discipline et transdiscipline – nous plongent en transition vers un *au-delà* de la partition disciplinaire des savoirs [Verner 2005 : 4], là où les compétences peuvent se (con)fondre de façon créatrice, à la fois constructive et destructive. Cela comporte évidemment une idée ouverte et justement systémique de la recherche et de la création aussi.

0.3.2 Biologisme, cognitivisme. Registres métaphoriques, reflets de la pensée systémique

Si la pensée systémique peut nous servir comme cadre épistémologique transdisciplinaire, c'est du fait qu'elle élabore la convergence de questions appartenant à « plusieurs ramifications de la science, de l'ingénierie [analyse et contrôle de systèmes], à la biologie et aux sciences sociales » [Hallowell 2009 : 145]. Dans l'ensemble, la pensée systémique pose toute une série de questions – résumées dans « la question de complexité » [Morin 1977, Le Moigne 1990] – s'avérant pouvoir fertiliser les plus différents sujets scientifiques, y compris ceux des systèmes d'interactions « biologiques ou sociaux » et même « neuronaux » [Erhesmann et Vanbremeersch 1989 : 315 et 337]. Il s'agit de questions portant essentiellement sur le traitement et la construction de l'information, faisant un sujet d'intérêt majeur dans les sciences cognitives, dans la biologie théorique et la biocybernétique (la cybernétique des systèmes vivants). On les retrouve en biologie expérimentale ainsi qu'en écologie [Varela *et al.* 1993 : 70], jusqu'aux tendances constructivistes de la psychologie [Miermont 1995]. Ces approches systémiques découlent effectivement de notions opératoires-cybernétiques telles que « causalité circulaire », « *feedback* », « couplage structurel », « bruit », « information », « auto-organisation », etc., notions d'abord introduites déjà dans les années cinquante et soixante par Heinz von Foerster et d'autres, intéressés aux « mécanismes à causalité circulaire et rétroaction dans les *systèmes biologiques et sociaux* » [von Forester 2015 : 2, je souligne]. Par là, ce type de recherche arrive à

infiltrer justement l'écologie [Bateson 1977, Naess 1989] ainsi que la sociologie et la théorie politique (comme dans le travail du philosophe et psychanalyste Cornelius Castoriadis [1980b, 1989]²⁹). Cette démarche de la connaissance a continué jusqu'à nos jours en direction des systèmes méta-biotiques tels que les systèmes nerveux, psychiques et sociaux [Clarke et Hansen 2009, Cappuccio 2009, Mancilla 2011]. En général, avec quelques exceptions, il y a eu très peu de recherches musicales fondées sur une perspective systémique³⁰.

Dans les années cinquante, Georges Canguilhem (maître de Michel Foucault) affirmait qu'il n'y a aucun sens dans une « science de la vie » (biologie) fondée sur le coupage du « bios » de son contexte physique et culturel [Canguilhem 1966 et 2009]. Dans le même esprit, dans les années soixante, Hans Jonas (ancien élève de Husserl et Heidegger), intéressé à « un changement radical du rôle des sciences et des techniques » [Bourg 1993 : 886], étudia la biologie en autodidacte, en parvenant enfin à une « biologie philosophique » [Jonas 2001]³¹. Récemment, on a désigné de « philosophie du vivant » la pensée de Gilbert Simondon, dont les écrits sont plus souvent tenus par une théorie de la technique [Barthélemy 2015]. L'anthropologie que Tim Ingold « aspire à voir émerger [...] combinerait les sciences sociales et la biologie » [Descola et Ingold 2014 : 57].

Selon le biologiste et scientifique cognitiviste chilien Francisco Varela, « la fracture qui sépare la science et l'expérience dans notre société » n'est pas acceptable par « une culture pluraliste qui sait accueillir [...] la réalité de l'expérience humaine » [Varela *et al.* 1993 : 41]. Varela cite

²⁹ Rappelons la « troisième écologie » de Guattari, celle du *socius*. Plusieurs directions des sciences humaines témoignent de leur origine systémique – parmi lesquelles on pourra mentionner la psychologie et la psychanalyse constructivistes [Watzlawick *et al.* 1971] et l'écologie des médias [Strate 2004] (ainsi que, dans cette dernière, les problèmes de l'« écologie de l'attention » [Citton 2014]). On peut rappeler aussi la doctrine politique de l'écologie sociale de Murray Bookchin [1994]. Dans le contexte des réflexions sur les arts, on parle parfois d'« écologie de la performance » [Kershaw 2007], en suivant les propositions initiales de Jerzy Grotowsky (fin des années soixante).

³⁰ Voir [Garcia Reyes 2014] pour un aperçu des approches aux « sciences de la complexité » dans la création musicale contemporaine, ainsi que [Pickles 2016] au sujet des expériences liées plus particulièrement aux notions opératoires de la cybernétique. Certaines approches de « recherche – création », plus personnelles, sont approfondies dans [Green 2013, Pirrò 2017, Kollias 2017].

³¹ C'est sur la base d'une telle démarche que Jonas développa ensuite le fameux « principe de responsabilité » [Jonas 1990]. La portée « écologiste » et « bio-éthique » du principe de responsabilité de Jonas a été bien analysée par [Mbungu Mutu 2010].

Maurice Merleau-Ponty : « la science [il veut dire la tradition réductionniste] manipule les choses et renonce à les habiter » [*id.* : 26]. Il ajoute : « la nature et la culture entretiennent entre elles une relation réciproque [où] chacune est à la fois processus et produit » [*id.* : 270]. Le discours de Varela évidemment va de pair avec ce que Morin nomme « science de la complexité », dont la perspective est effectivement écologique, relationnelle et réticulaire : chaque élément singulier est à examiner « en fonction de sa relation à l'ensemble du circuit ou du système » [Thibault 2012 : 282]³². Il s'agit de prendre en compte une attitude de recherche de type justement systémique et transdisciplinaire, qui « ne considère pas les éléments d'une question pour eux-mêmes et en eux-mêmes, mais plutôt en fonction de leur contexte et selon les relations en circuit dans lesquelles ils s'insèrent » [*id.*]. En outre chaque élément partiel d'un tel système est en mesure d'agir comme transducteur et transformateur d'énergie ou d'information – ou mieux comme « médiateur » [Latour 1996, Born 2013 : 9]. Voilà, en peu de mots, la dimension de la « complexité » dont ont parlé depuis longtemps les écologues (« tout est relié avec tout » [Commoner 1971]) ainsi que les psychologues constructivistes (pour lesquels les échanges interpersonnels – base des systèmes sociaux – sont « des circuits de rétroaction [où] chaque personne exerce son influence sur [et est influencée par] chaque autre personne » [Watzlawick *et al.* 1971 : 24]).

Pour combler le fossé « qui sépare la science et l'expérience », on a besoin d'aborder la « relation homme/environnement en termes philosophiques de la relation sujet/objet » [Iliescu 2016 : 219], en reliant observation de l'« objet » de la recherche et observation de l'observateur ainsi que son monde. C'est ainsi que des scientifiques, comme Francisco Varela justement, partent de la science « dure » pour aller à la rencontre de la philosophie [Barbaras 2002, Froese 2011]. Pour Varela, il s'agissait d'envisager une science de la cognition « phénoménologique et antipositiviste », à savoir une « phénoménologie de l'intersubjectivité » [Cappuccio 2008 : 61 et 63]. En définitive, si la science ne peut pas contourner ou éviter de rencontrer le monde de l'expérience, c'est que ce dernier représente « le nœud de la question » [Varela *et al.* 1993 : 10].

Varela avait depuis longtemps conçu son propre travail en continuité avec le « programme de recherche [...] fondé il y a une génération par Merleau-Ponty » [*id.* : 19]. Pour Varela « une des intuitions les plus importantes de Merleau-Ponty » [Barbaras 2002 : 128] était l'idée de

³² Ce sont des mots empruntés à une réflexion sur le son comme dispositif culturel dans l'œuvre de John Cage, Raymond Murray Schafer et Zbigniew Karkowski [Thibault 2012].

l'inséparabilité et même de l'unité opérationnelle entre système sensoriel et système moteur dans les organismes vivants. L'idée c'est alors que, pour Merleau-Ponty comme pour Varela, « le vivant, loin de réagir mécaniquement et passivement [...] constitue son milieu » [Gérard 2010 : 2]. Varela a décrit l'« autonomie biologique » d'un système vivant en tant qu'*autopoïèse* : le processus d'une unité biologique en train de se construire, se conserver et se développer à travers des interactions continues avec l'environnement où elle est située et auquel elle est couplée [Maturana et Varela 1980]. Voilà la base de ce qu'on a récemment appelé « une approche systémique à la biologie » [Bich 2012]. Dans l'ouvrage de Varela, la propension à une biologie entendue comme *cybernétique des systèmes vivants* se rattache à une phénoménologie *des systèmes capables de cognition*, pour aboutir finalement à une sorte de « pragmatique phénoménologique » [Froese 2011] ou de « biologie philosophique » [Hallowell 2009]. Cela rapproche la démarche de Varela de celle de Hans Jonas, évoquée plus haut, ainsi qu'à la « phénoménologie de la vie » de Renaud Barbaras [2008]. Le vivant implique « nécessairement une activité d'exploration, c'est-à-dire finalement de connaissance » [Barbaras *et al.* 2011 : 166]. En se tournant vers un tout autre contexte de pensée, rappelons John Dewey : « le processus du vivant lui-même [*the very process of living*] » est impliqué « dans l'interaction entre créature et conditions environnantes » [Dewey 1934 : 205]. Comme on le verra, on devra cependant repenser cette notion d'interaction au sens plus large de *couplage structurel systémique*.

Le travail de recherche de Francisco Varela a été guidé par l'idée que « les enjeux [...] d'origine scientifique ou technique sont [...] inséparables de préoccupations profondément éthiques [concernant] la dignité de la vie humaine » [Varela *et al.* 1993 : 24]. Pour son maître, Humberto Maturana, les scientifiques ne sont pas des observateurs externes au monde de l'expérience vécue, mais des observateurs « responsables » de leurs observations [Maturana 2002 : 30]. C'est pourquoi « plusieurs concepts sur lesquels Maturana et Varela [ont travaillé] sont très controversés et mal acceptés par la science *mainstream* » [Hallowell 2009 : 143]. De façon plus ou moins directe, leur travail soulève des questions délicates pour une politique de la connaissance [Castoriadis 1980b et 1983, Protevi 2009].

L'« approche systémique à la biologie », telle qu'aujourd'hui soutenue par Leonardo Bich [2012] et d'autres, se pose en antithèse au paradigme hégémonique des sciences contemporaines du vivant, à savoir le paradigme computationnel de la biologie moléculaire et génétique. Elle se pose en contraste avec l'approche essentiellement réductionniste du « code génétique » et de son

traitement algorithmique. Intrinsèquement déconnecté de l'environnement physique, le code génétique « ne prend leçon de l'expérience » [Bernard Stiegler, cité par Barbanti 2017 : 34] (cf. aussi [Berardi 2005]). La biologie systémique est plutôt « une sorte de biologie relationnelle » [Descola et Ingold 2014 : 36]. Toute unité vivante « est en perpétuelle relation avec un environnement vis-à-vis duquel elle n'est pas neutre [...] mais intéressée » [Gérard 2010 : 127, à la suite de Canguilhem]. Au cœur du vivant, on retrouve un processus de *feedback* continu et permanent entre terminaux récepteurs (détecteurs, surface sensorielle) et terminaux effecteurs (actuateurs, surface effectrice) d'un système, à savoir une boucle opérant le couplage sensori-moteur d'un système cognitif avec son environnement. Ce que le système cognitif obtient de ce couplage permanent avec son environnement c'est l'« information » [von Foerster 2015] dont il a besoin soit pour changer l'environnement, en l'adaptant à soi, et soit pour changer lui-même, en s'adaptant à lui.

0.3.3 Tentative d'une épistémologie expérimentale de la musique

En résumant, c'est donc une perspective systémique-opératoire sur laquelle nous voudrions nous appuyer pour traiter de la dimension « vivante » de la performance électroacoustique dite *live*. Dans ses grandes lignes, le cadre théorique de la démarche repose sur deux équations générales :

- « perception = action » – à savoir l'implication mutuelle entre *action et perception*, est à regarder comme condition constitutive des processus cognitifs. Les spécialistes du secteur parlent d'*énaction*, d'« approche *énactive* » à la cognition [Varela *et al.* 1993, Thompson 2007, Froese 2011].
- « système vivant = système cognitif » – à savoir « vie = cognition » [Stewart 1992 et 1993, Thompson 2009 : 81].

À ces deux équations-ci, s'accompagnent deux postulats :

- « cognition = construction de l'information sur l'environnement », et
- « environnement = milieu façonné par des ressources cognitives externalisées ».

En suivant [Varela *et al.* 1993 : 266], il y a « trois conditions pour modéliser une unité vivante [c'est-à-dire cognitive] » :

- l'organisation de l'unité en réseau et sous-réseaux interagissant ;

- le couplage structurel de l'unité à un environnement (sa « situation » et ses « interactions » avec d'autres unités dans l'environnement) ;
- la diversité et même la complexité des processus et des comportements auto-organiseurs dont l'unité est capable à partir de son couplage structurel avec l'environnement.

Voici les directrices conceptuelles et opératoires par lesquelles on veut traiter des conditions opératoires du « vivant » propres à un dispositif de musique électroacoustique en direct. Si la tâche dépasse les frontières disciplinaires, c'est du fait que, à notre avis, *l'expérience musicale (création, performance, écoute) peut être considérée comme un paradigme de la complexité réticulaire-écologique*. On a donc besoin d'un éventail de plusieurs repères théoriques et de recherches pour tenter de saisir la complexité épistémique du régime de relations écosystémiques *homme ↔ technique / homme ↔ environnement / technique ↔ environnement*.

Nous tenons à souligner, s'il était besoin, que ce travail de thèse ne s'intéresse pas aux démarches qui visent à musicaliser ou esthétiser des notions paysagistes ou d'écologie scientifique, ni à formaliser des structures musicales à partir de suggestions empruntées aux sciences cognitives ou aux « sciences de la complexité³³ ». Il n'est pas question de produire une « sonification » des données scientifiques³⁴ ni de développer une modélisation algorithmique d'écosystèmes³⁵. Bien sûr il n'est même pas question d'algorithmes génétiques et de « vie artificielle³⁶ ». Ce qui nous intéresse est de saisir la dimension pleinement écologique du faire et écouter de la musique, en la reconnectant aux contingences techniques, de connaissance et de subjectivation qui structurent les milieux d'existence individuelle et collective de nos jours. D'un côté, comme l'a souligné le compositeur Horacio Vaggione, toute approche strictement formelle

³³ Voir [Darbon 2006 : 79 et suivantes] pour un aperçu des approches de création musicale marquées par la formalisation des « systèmes dynamiques non linéaires » (« chaotiques »).

³⁴ Comme dans certaines propositions plus formalistes et naturalistes – parmi lesquelles l'installation par John Luther Adams *The place where you go to listen* (2004-2006), fondée sur des données recueillies par les stations sismiques et météorologiques de l'Alaska [Feisst 2012].

³⁵ Comme dans les très raffinés travaux multimédias de Jon McCormack et son équipe [McCormack *et al.* 2009, McCormack 2012].

³⁶ Face aux démarches informatiques de la « vie artificielle » et aux « algorithmes génétiques », on a pu bien se demander « qu'en est-il du vivant ? » [Bersini 2005 : 447]. La question retourne dans certaines propositions de *bio-art* portant sur « le vivant à l'ère du post-naturel » [Abergel 2011].

« ignore [...] l'existence d'un environnement interactif dont le compositeur fait entièrement partie » [Vaggione 2008 : 160]³⁷. De l'autre côté, la performance d'une œuvre est « une articulation complexe de données, informations, connaissances » connotée par l'agencement de « composantes techniques, artistiques, esthétiques et épistémiques » à la fois [de Assis 2014 : 41]. Il s'agit donc d'expérimenter – dans la pratique de création de même que dans la pratique de l'écoute – « l'enchevêtrement matériel des œuvres musicales avec la perception, la performance, l'acoustique et le discours » [Döbereiner 2019 : 9-10].

Nous l'avons suggéré plus haut : à la base de cette thèse il y a l'idée que les musiques électroacoustiques *live* donnent une forme audible à l'expérience vécue et vivante des milieux hypertechnicisés, réticulaires et hybrides où se déroule la vie de nos jours. À un niveau d'intérêt plus large, l'hypothèse à examiner consiste à lier le caractère « vivant » à la possibilité ***d'expérimenter les relations – normalement précaires et transitoires – entretenues par les multiples agents physiquement, subjectivement et culturellement impliqués dans le faire et écouter de la musique.***

En conclusion, notre démarche de « recherche-crédation » pourrait être regardée comme une tentative d'*épistémologie expérimentale de la musique*. En ce sens, les œuvres issues de l'engagement de création personnel vont servir avant tout de dispositifs épistémiques : avant d'être proposées en tant qu'objets ou processus caractérisés par certaines qualités esthétiques particulières, elles sont mises en jeu en tant que « systèmes expérimentaux » (notion empruntée à Hans-Jörg Rheinberger, dans [de Assis 2014]). Plus que de « théorie de la musique expérimentale » [Pousseur 1970], il s'agit alors justement d'épistémologie expérimentale³⁸, c'est-à-dire d'un travail sur des dispositifs concrets, opératoires, dont le fonctionnement peut être vécu et partagé (écouté) dans sa stricte liaison avec la « condition technologique » de l'âge contemporain.

³⁷ En reprenant les mots de l'informaticien et philosophe américain Terry Winograd, Vaggione note que, dans des contextes de création, « les ordinateurs ne sont pas utilisés pour résoudre des problèmes bien structurés, mais plutôt, ils constituent des composantes au sein de systèmes complexes [...] » [Vaggione 2008 : 160].

³⁸ Nous empruntons la locution « épistémologie expérimentale » à quelques contributions fondamentales dans l'histoire de la cybernétique [McCulloch 1964], ensuite reprise dans les sciences cognitives [Varela 1986, van de Vijver 1992]. Voir aussi [Miermont 1995 : 264], où la notion d'« épistémologie expérimentale » est évoquée par rapport aux approches de la psychologie et de la sociologie constructivistes.

PARTIE I

LE DISPOSITIF ÉLECTROACOUSTIQUE DANS SON ENVIRONNEMENT

Le propre du vivant, c'est de se faire son milieu ; de se composer son milieu.

(Georges Canguilhem 1952, dans [Canguilhem 2009 : 184])

Yo soy yo y mi circunstancia

(Ortega y Gasset, cité dans [Spitzer 1942 : 465])

1.1 Introduction

La Première Partie est consacrée à préciser les données générales des contextes de performance électroacoustique *live*, à résumer certaines propositions importantes au sujet de la *liveness* (le « caractère vivant » de la performance), et finalement à proposer un traitement original du sujet.

Nous allons commencer par un encadrement à la fois systémique et phénoménologique du milieu de travail musical, soit « en studio » (« *production* ») soit « en direct » (« *performance* »). Ensuite, nous allons définir une notion générale de *dispositif performatif*, en tant qu'ensemble composé d'agents différents, plus ou moins interdépendants, et tous opérant en conditions concrètes, c'est-à-dire dans l'unité de temps et lieu – « en temps réel » et « en espace réel ». Le traitement de l'idée fondamentale du « *couplage structurel* d'un système à son environnement », nous conduira à une notion d'*agent* – ou, plus en général, d'*agentivité* – en mesure de caractériser les ressources composant un dispositif performatif, à la fois humaines (performeurs) et « non humaines » (techniques et environnementales). À cette fin, notre discussion s'appuiera sur des équivalences fonctionnelles entre les mécanismes cognitifs de base d'un « système vivant » tout à fait générique, et les mécanismes d'interaction opérationnalisés par les agents du dispositif performatif. En découleront trois notions de *liveness*, que nous allons connecter avec un certain nombre de pratiques de performance à titre d'exemple.

1.1.1 Situation de travail « en studio »

Au début de la musique électroacoustique (années 1940 et 1950), les compositeurs s'installent dans le *studio*, un atelier bien isolé de l'extérieur, insonorisé et silencieux, équipé de plusieurs appareils pour la production, la transformation et le montage de sons enregistrés ou synthétisés¹.

¹ Sur le plan historique, on peut faire remonter une telle situation au Studio d'Essai de Pierre Schaeffer (ORTF, Paris, 1942-1950). Toutefois, il ne faut pas oublier les quelques expériences précédentes de « musique gramophonique » (Paul Hindemith et Ernst Toch, à Berlin, en 1930 ; Roger Désormière à Paris, avec Antonin Artaud, en 1935), ni les musiques « sur bande magnétique » produites au début des années 1950 au Studio pour la Musique Électronique de Herbert Eimert (NWDR, Cologne) ainsi que dans certains studios privés américains (studio de Raymond Scott, studio de Louis et Bebe Barron, tous les deux à New York). Finalement, n'oublions pas les

Au cours des décennies, plusieurs notions de « studio » sont apparues, selon plusieurs exigences de travail professionnel et selon différentes étapes de développement technique [Chanan 1995]. Les fonctions ont été redéfinies et différenciées à plusieurs reprises. Avant le début de la musique électroacoustique, on avait déjà des « studios d'enregistrement » et des « studios d'émission radio ». Après, on a eu une grande variété des « studios de production audio » ainsi que de « post-production ». Une classification détaillée n'est pas nécessaire ici (elle n'a jamais été réalisée, à notre connaissance) : ce qui compte est de remarquer que ces ateliers se structurent par différents agencements entre systèmes et sous-systèmes, dont la configuration complète reflète certains critères et certaines procédures de travail professionnel. Il s'agit généralement d'infrastructures techniques établies pour rester accessibles longtemps, dont l'arrangement peut être modifié de temps en temps au niveau du détail, tout en restant stable dans son ensemble à long terme.

Comme c'est souvent le cas dans la « genèse et concrétisation des objets techniques » [Simondon 1958-1969], le développement des studios électroacoustiques obéit généralement à un schéma récurrent au sein de l'économie capitaliste moderne : comme l'a montré Patrick Flichy [1995], toute nouvelle infrastructure technique prend normalement son origine à un moment de « conception participative » (collaboration entre forces de production et travailleurs), à la suite duquel démarre un processus à plus fort déterminisme technico-industriel, aboutissant finalement à une forme stable d'un dispositif, fermée à d'autres remaniements possibles². De nos jours – à l'époque du « travail cognitif et du capitalisme recombinaut » [Berardi 2003] – un tel schéma est systématiquement remis en question par une sorte d'innovation permanente où les conditions de travail changent de façon très fréquente, sans jamais se stabiliser vraiment. Les formes d'agencement des appareils et les structures des milieux de travail sont de plus en plus souples et semblent demeurer toujours en devenir. Dans ce contexte, refaçonné entièrement en forme de logiciel, le studio devient « portable » et ses fonctions principales sont reprises et rendues accessibles par des équipements électroacoustiques de niveau semi-professionnel, voire d'usage commun. En ligne de principe, cela veut dire pour un musicien qu'il reste toujours « en studio ».

nombreux « drames radiophoniques » créés et fixés sur support phonographique chez les studios d'émission radio pendant les années 1930 et 1940 (surtout en Allemagne, Angleterre, et Suisse).

² Ce modèle « à deux temps » s'avère généralement applicable à l'analyse génétique des technologies modernes du son et de la musique [Di Scipio 1997a et 2013].

Ou mieux, que les conditions de studio minimales sont aisément réobtenues n'importe où, chaque fois que l'on veut. Une telle réorganisation permanente va de pair avec la profonde désorganisation qui accompagne aujourd'hui « les conditions d'émergence de la déprofessionnalisation » [Maubant *et al.* 2013 : 91] à l'intérieur du cadre d'extrême flexibilisation et de précarisation du travail³.

Un milieu à structure fixe et bien isolé

En tant qu'environnement équipé, le studio de création de musique électroacoustique et informatique est un « environnement électronique » [Schnell et Battier 2002] composé par plusieurs systèmes et sous-systèmes, interconnectés ou pas. Otto Laske l'avait décrit comme « *task environment* » [Laske 1989]⁴. L'idée vient des sciences sociales, elles suggèrent que tout accomplissement d'un plan d'action – toute « tâche » – s'appuie sur la « structuration de l'environnement » [Quéré 1997 : 173 ; Laville 2000 : 1319]. Le studio identifie alors un contexte d'action conçu *pour* et *par* des musiciens pratiquants. Son infrastructure technique n'est jamais complètement surdéterminée : elle est à la fois la cause et l'effet de plusieurs activités de planning et d'expérimentation, conduites par différents acteurs directement ou indirectement impliqués (musiciens, assistants, institutions, industries). À la limite, la configuration des appareils est démantelée et redessinée de façon *ad hoc*, afin d'accomplir des tâches rares ou très particulières. Cela remet en cause la standardisation de l'infrastructure du studio, en l'« instrumentalisant », au sens musical. Par exemple, pour la fabrication de la bande magnétique de *Kontakte*, de Karlheinz Stockhausen, en 1959, les appareils du Studio WDR de Cologne furent réarrangés pour faire des courtes « performances en studio », sous la direction du compositeur⁵. Des situations similaires, avec plusieurs musiciens ou assistants engagés dans une petite

³ Ce phénomène a des implications psychologiques importantes également au-delà du monde du travail. Comme le dit Berardi [2003 et 2005], l'extrême flexibilisation et précarisation des conditions concrètes de travail produit des situations individuelles et collectives qu'on a défini à juste titre de « psychopathiques ».

⁴ On peut traduire *task environment* par « environnement des tâches ». Ancien élève d'Adorno (années 1960), Laske a été un pionnier de la « musicologie cognitive » [Laske 1976]. Au cours des années 1980, il a développé une « théorie de la composition » [Laske 1989] qu'il est possible de regarder, rétrospectivement, comme un discours sur les processus de création situés dans l'environnement du studio électroacoustique.

⁵ Pour le détail des œuvres mentionnées dans le texte (ressources performatives, etc.), voir l'Annexe.

performance sur les appareils de studio, se sont répétées d'innombrables fois, déjà à la fin des années 1950 et au début des années 1960.

Bien que son intérieur puisse être reconfiguré de façon plus ou moins profonde, le studio demeure cependant structurellement découplé des conditions extérieures, fermé au bruit du monde ambiant, de la « vie réelle ». La notion-base est la « réduction du bruit », au sens littéral et métaphorique de stériliser acoustiquement l'espace intérieur et d'annuler ou réduire autant que possible l'impact des perturbations extérieures sur la relation entre homme et machine – ou mieux, entre homme et soi-même à travers des machines – ainsi que, évidemment, sur les produits finaux résultant du travail. Cela signifie que l'équipement équivaut au total de l'environnement et devient lui-même l'intermédiaire entre les actions et les perceptions du compositeur. Au-delà de travailler *avec* l'équipement, le compositeur *y* travaille (justement, il travaille « en studio », « en labo »).

Dans les écrits et les mémoires des pionniers de la musique électroacoustique, on retrouve parfois l'image du pratiquant solitaire, assis au milieu des machines⁶. En avril 1948, Pierre Schaeffer écrit : « C'est là que je me suis finalement réfugié [...], parmi les tourne-disques, le mélangeur, les potentiomètres. » [Schaeffer 1952 : 14] ; « Je me vois entouré [de plusieurs] tourne-disques » [*id.* : 15] ; en 1950, en suivant une des premières émissions publiques de musique concrète, Schaeffer parle de « l'intervention de l'humain au milieu des machines » [*id.* : 74] ; quelques mois plus tard, il se retrouve « au studio, parmi les machines et les sons » [*id.* : 196] et s'interroge « sur les machines qu'il a lui-même fabriquées », « qui lui apparaissaient tout à coup comme des êtres étrangers » [*id.* : 172]. Pour le compositeur allemand Gottfried Michael Koenig, au milieu des années 1950, entrer « dans le calme du studio électronique » veut dire entrer « dans un des lieux les plus appropriés afin d'analyser [...] l'interdépendance perpétuelle entre musique et technique » [Koenig 1995 : 92 et 94].

Quelques années après, en 1958, le philosophe et anthropologue Gilbert Simondon a convoqué l'image du technicien « entre les machines plutôt qu'au-dessus des machines » [Simondon 1958-1969 : 138], voire de l'homme « organisateur permanent [et] interprète vivant des machines l'une par rapport aux autres » [*id.* : 11], « le vivant [...] entre les machines » [*id.* : 143 et 144]. L'être humain prend le rôle d'un transducteur, il devient l'interface des (entre les) machines. Cette idée

⁶ La même image se retrouve (bien plus souvent !) dans les campagnes publicitaires des producteurs d'appareils électroacoustiques et informatiques.

– nous pouvons la nommer l'« homme-interface » – est plus radicale et probablement plus exacte que l'idée de l'« homme-pilote », du *kybernètès* (gouverneur)⁷. De toute façon, dans les deux cas, l'essentiel est que l'être humain « utilise son propre sens de l'autorégulation pour opérer celle de la machine » [*id.* : 79]. Le studio électroacoustique constitue alors le scénario où se déroule une confrontation serrée entre le sujet-compositeur et son *alter ego*, à savoir l'« ensemble technique » constituant son milieu de création. Vingt ou trente années plus tard, cet *alter ego* prendra les formes particulières de l'ordinateur [Laske 1990].

D'un côté, le studio isole les processus de génération et de traitement du son, en permettant ainsi d'en optimiser le fonctionnement ; de l'autre, il isole le musicien en lui donnant la possibilité de se concentrer sur les « objets sonores », voire sur la musique « en soi ». Les « conditions extérieures » représentent l'environnement au sens plus large, le contexte « non professionnel » – c'est-à-dire, en général, « le monde » (comme le disait Simondon [1958-1969 : 79]). En mesure non marginale, la facture et l'originalité de la musique deviennent fonction de l'auto-ségrégation (ou du refuge, selon Schaeffer) des musiciens et des techniciens. Cela exige une situation d'écoute correspondante, naturellement, à savoir une infrastructure technique bien isolée, conçue de façon apte à la reproduction et diffusion professionnelle des sons fixés sur support, en public – un « studio d'écoute » voué à l'auto-ségrégation d'une petite communauté d'auditeurs. Au-dedans il y aura musique et son « en eux-mêmes » ; au-dehors, le monde, ou mieux, un milieu « non spécifique » où musique et son ne seraient plus ni les mêmes, ni « en soi ».

Nous extrémisons un peu, par souci de clarté, c'est vrai. Tout comme on ne doit pas idéaliser la rigidité des agencements techniques à l'intérieur du studio, on ne doit pas idéaliser l'isolement ni absolutiser la séparation entre le dedans et le dehors du studio : assis dans le studio, un musicien n'est pas simplement entre les machines, il est également à mi-chemin entre les machines (milieu spécifique, niche) et l'environnement au sens plus large (le monde ambiant, justement – milieu social, contexte géographique et culturel). On doit élargir l'angle

⁷ L'image du pilote implique effectivement une instrumentalisation du studio comme « cabine de pilotage », comme système ou mieux comme « instrument de composition » que le pilote est en mesure de maîtriser, de gouverner. Au début des années 1950, Schaeffer lui-même avait évoqué la cybernétique au cours d'une réflexion sur les changements que les machines du studio électroacoustique apportaient à l'intérieur de la relation entre le sujet-musicien-technicien et l'objet-son [Schaeffer 1952 : 171-172].

d'observation : d'un côté, le studio est dessiné pour accomplir des tâches qui sont déterminées, oui, mais qui souvent sont remises en question par des approches de création originales demandant finalement de remanier la structure technique ; de l'autre, le périmètre du studio est habituellement fermé, oui, mais il est fermé *pour qu'il s'ouvre*, pour en sortir et pour y entrer n'importe quand. La sensation auditive d'entrer et sortir d'un endroit si bien insonorisé et équipé n'est pas anodine – l'oreille s'aperçoit très bien du changement de milieu : l'isolement par insonorisation est audible, aussi bien que le niveau de standardisation des actions et des processus musicaux qu'il rend réalisables.

1.1.2 Situation de performance *live*

En quittant le studio, l'espace extérieur se présente à son tour comme un énorme réseau d'ensembles techniques imbriqués les uns dans les autres à plusieurs niveaux d'interdépendance. Scène de théâtre ou autre – toute situation particulière éventuellement choisie pour un concert ou une installation sonore se présentera sûrement comme structurée par des systèmes et sous-systèmes hétérogènes, destinés à servir les buts les plus différents. Cependant, hors du studio, les conditions de travail musical ne sont plus rigidement prédéterminées, contrôlées *in vitro*, tandis qu'elles sont exposées à des circonstances contingentes, à toutes sortes de facteurs contextuels, *in vivo*⁸. Tandis que la situation du studio vise à *fabriquer* du son et de la musique (on parle justement en ce sens de « production »), la situation de performance vise à *agir* pour générer du son et de la musique⁹.

Aux débuts des années 1960, la possibilité de performer en public avec des appareils électroacoustiques a été saluée comme une chance d'« animer » la présentation d'œuvres électroacoustiques [Pousseur 1976 : 242 et suivantes]. Il y avait la possibilité de sortir « *out of the*

⁸ Pour Henry Atlan, pionnier de la biocybernétique, la locution *in vivo* implique une « sous-détermination » du contexte d'expérimentation, lorsqu'évidemment *in vitro* implique les conditions bien contrôlées du laboratoire [Atlan 2011, Bich 2012]. Gilbert Simondon avait décrit le « laboratoire » comme un « ensemble technique » dont le rôle fonctionnel est d'assurer le « blindage » de l'intérieur par rapport à l'environnement extérieur [Simondon 1958 : 63]. L'opposition *in vivo/in vitro* ainsi que la stérilisation des conditions de laboratoire sont thématiques par certaines propositions de *bio-art* (voir, à ce sujet, la discussion dans [Abergel 2011] et les pistes de réflexion dans [Barbanti 2017]).

⁹ Nous empruntons l'opposition « fabrication vs. action » à Hannah Arendt (cf. [Arendt 1983 : 246, Amiel 2007 : 7]).

studio » [Chadabe 1997 : 81 et suivantes] et d'entrer sur la scène, au nom d'une dimension performative plus immédiate, plus flexible et variée en comparaison avec la diffusion de musique sur support (ainsi qu'avec l'exécution de musique mixte). Il y avait également la chance de travailler le son pas simplement « en direct » mais aussi « en rapport », à savoir en relation à des espaces différents, comme dans le cas des installations d'art sonore dites *site-specific* – visant à expérimenter des lieux particuliers pour leurs connotations acoustiques et sociales à la fois. Avec quelques précautions, on peut justement parler des installations sonores comme d'une forme d'art née (entre les années 1960 et 1970) en continuité avec la performance musicale *live electronics* [Saladin 2017]. Enfin, parmi les aspects ayant un intérêt majeur à l'époque (et donc souvent remarqués), il y avait la circonstance que les compositeurs eux-mêmes se produisaient fréquemment en performeurs (et ingénieurs et régisseurs du son...), en brouillant les conventions liées à une ancienne division de rôles¹⁰, même au risque d'une approche informelle et peu professionnelle.

Aujourd'hui, plusieurs décennies après – après le développement des appareils basés sur l'électronique à l'état solide (années 1960 et 1970), de l'informatique musicale (depuis les années 1960 et 1970) et du logiciel audio (depuis les années 1990) – la possibilité de bricoler avec les sons « sur le vif », sur le moment, est devenue tout à fait commune, bien au-delà des contextes professionnels. À un niveau général, effectivement, le *devenir-milieu* de la technique a favorisé une déspecialisation des pratiques de production dans d'innombrables secteurs – nous l'avons déjà souligné : l'hyper-technicisation des milieux d'existence s'est accompagnée d'une vraie déspecialisation et précarisation des métiers créatifs, en contraste avec l'hyperspecialisation des secteurs de production industrielle et de consommation (la multiplication des « marchés de niche »). D'ailleurs, pour ce qui nous concerne ici, les solutions d'ingénierie audio les plus raffinées et les plus performantes habituellement sont loin d'être à la portée de la majorité des pratiquants de musique ou d'art sonore. En ayant recours à des logiciels particuliers, conçus comme « studios virtuels », les fonctions génériques du studio sont transposables n'importe où, dans des contextes non spécialisés, équipés de manière minimale et même approximative, et pourtant acceptable. La distinction entre l'au-dedans et l'au-dehors du studio devient floue. Ainsi, on est pratiquement toujours à l'intérieur du studio, au sens où l'essentiel du « studio électroacoustique » peut être déplacé et réinstallé virtuellement partout. Depuis que le numérique

¹⁰ « Ancienne » mais historiquement moderne, à savoir bourgeoise.

est devenu omniprésent (« *ubiquitous computing* »), l'audio numérique aussi s'est répandu partout, au bénéfice soit du partage des pratiques de production bien connues, soit des pratiques musicales ou d'art sonore tout à fait nouvelles et particulières (on parle parfois de « *ubiquitous music systems* » [Keller *et al.* 2014]).

Face à l'affaiblissement de la différence nette par rapport aux conditions de travail en studio, l'idée, à présent, d'une musique électroacoustique *live* perd de toute signification lorsqu'il s'agit de l'entendre simplement comme une musique qui n'est pas fixée sur support et qui est jouée face à un public. Par contre, elle pourrait acquérir de l'intérêt et de la signification lorsqu'il s'agit de la considérer comme un territoire de pratiques de création en mesure de suggérer – à l'oreille aussi bien qu'à l'esprit – que ***c'est désormais au milieu d'un environnement profondément ou entièrement technicisé et médiatisé qu'il nous faut identifier les conditions d'existence de la musique*** (tout comme les conditions de l'humain en général). D'un certain point de vue, le discours sur la *liveness* de la performance musicale pourrait s'assimiler à un discours en « biopolitique de la musique » [Di Scipio 2014 et 2015] : qu'en est-il de la musique lorsque la possibilité de la faire et de la vivre – de l'expérimenter comme quelque chose de « vif » ou « vivant » – repose sur des conditions d'existence restructurées par toutes sortes de dispositifs électroacoustiques et audio numériques ? (Nous y reviendrons plus loin, dans la Troisième Partie, lorsqu'il s'agira de passer d'une interrogation sur le caractère « vivant » de l'action performative au caractère « vécu » de l'expérience de l'écoute.)

1.1.3 Le dispositif performatif

Pendant les années, les appareils dont les musiciens s'étaient de plus en plus entourés en studio, se retrouvent eux-mêmes déplacés dans le contexte de la performance. Ils forment alors des infrastructures spécifiques mais provisoires, composées par des systèmes électroacoustiques analogiques et audio numériques, placées à l'intérieur d'endroits (salles de théâtre ou autres) qui, à leur tour, sont connectés à des réseaux d'usage plus général. N'oublions pas les plus divers accessoires mécaniques et analogiques – le digital ne vaut rien sans transducteurs et outils analogiques et mécaniques. On doit aussi prendre en compte les instruments musicaux, naturellement – et parfois d'autres objets mécaniques de type générique mais manipulés de façon musicale par des performeurs. Dans notre discussion, nous ne prendrons pas pour acquis que

« performeur » signifie instrumentiste ou vocaliste : il pourrait être un performeur électronique, un « régisseur du son », etc.

Dans l'ensemble, tout cela compose un *dispositif performatif*, le plus souvent esquissé ou dessiné par le compositeur lui-même, de façon plus ou moins originale, conçu comme l'infrastructure spécifique pour une certaine œuvre¹¹. Loin de répondre à des exigences pratiques standardisées, ce dispositif identifie, voire *spécifie*, une praxis particulière d'exécution musicale. Sa structure pourra éventuellement inclure des solutions et des arrangements techniques inhabituels, expérimentaux et peu conformes aux standards de l'ingénierie audio – signe supplémentaire d'une certaine friction avec la division normale du travail¹².

Normalement, un tel dispositif est censé être installé dans une salle, ou un autre site clos (ou pas) auquel il doit s'ouvrir afin de produire du son, mais *duquel* il doit également prendre les distances, pour ainsi dire, afin de se garder et de maintenir son efficacité face aux perturbations sonores surgissant de la salle elle-même (ou des alentours, en cas de défaut d'isolement acoustique). De plus, par définition, il est censé être réinstallé chaque fois à nouveau dans un lieu différent. Cela exige toujours des précautions et des adaptations provisoires, avec une marge significative d'approximation fonctionnelle. C'est une situation beaucoup plus instable et précaire que la situation « en studio ». Les conditions de travail « demeurent à être spécifiées *in situ*, localement » (comme le dit [Quéré 1997 : 167] dans une discussion au sujet de l'organisation des lieux de travail). L'infrastructure technique complète demeure, sinon fragile dans son fonctionnement, sujette à des facteurs à tout le moins peu prévisibles – tels que les caractéristiques acoustiques de l'endroit, les bruits d'origines diverses, le halo sonore, etc. Tout

¹¹ Sandrine Baranski [2009] a parlé de « dispositif musical » ainsi que de « dispositif expérimental » (à la suite de quelques indications préalables de [Beyer 1987]). Selon nous, la première locution demeure trop générique (elle se rattache également aux infrastructures de production en studio), tandis que la seconde pourrait être trop spécifique (Baranski la rattache au travail de John Cage et des *post-cageans*). C'est pourquoi nous préférons « dispositif performatif », locution qui se prêtera, plus loin, à introduire aussi la notion d'« écosystème performatif » [Waters 2007].

¹² La circonstance est à connecter aux questions de l'interdisciplinarité et de la « déprofessionnalisation » accompagnant la technicisation générale de la société au cours des décennies récentes. Plusieurs auteurs ont souligné que les compétences mises en place par les compositeurs et les performeurs de musique *live electronics* échappent souvent aux schémas de division du travail musical, consolidés sous l'impérative esthétique du modernisme (cf. [Davies 1981, Green 2006 et 2013, Waters 2007, Emmerson 2007b, Di Scipio 2015]).

cela soulève plusieurs problèmes techniques, à partir de la difficulté de bien séparer le champ de prise des microphones du champ de diffusion des haut-parleurs, aux deux pôles de l'entière chaîne électroacoustique. Dans une approche professionnelle d'ingénierie audio, on devra essayer de résoudre ces problèmes ou d'en minimiser les effets indésirables – en d'autres mots, on devra essayer de répliquer la situation du studio, afin de s'approcher aussi bien que possible des conditions idéales pour la production et l'écoute du son (du son « en soi-même », indépendamment de la situation matérielle contingente). L'ingénierie audio fournit des solutions professionnelles très efficaces (pour un résumé, cf. [McCarthy 2007]). D'autre part, dans des contextes plus expérimentaux, on se contente de solutions plus improvisées et grossières. En tout cas, toute tentative d'annuler les traces audibles de l'environnement fait de celui-ci un étranger et une potentielle source d'ingérences indésirables. C'est le rôle du sujet lui-même qui se replie en définitive sur la situation expérimentée en studio : par ses actions et ses perceptions, le sujet « exerce [...] une réaction négative stabilisante » sur l'ensemble technique qui l'entoure (pour le dire encore une fois avec Simondon [1958-1969 : 79 et 80]). Bref, le pratiquant-performeur devient l'opérateur de l'autorégulation des machines.

L'espace de la performance

Une fois installé dans un espace particulier, le dispositif performatif électroacoustique est finalement « en place ». La circonstance n'est aucunement d'importance marginale, nous l'avons déjà noté : l'enjeu n'est rien moins que le *son* que la performance pourra générer et la *musique* qui pourra et devra en émerger. La diversité des timbres, des nuances dynamiques, des allures, des directions de rayonnement spatial du son – tout cela sera conditionné par le lieu, par la manière de l'occuper, et par les sources sonores éventuellement présentes dans le lieu lui-même.

Il s'agit d'*espace acoustique*, bien sûr. Alors, il est question d'acoustique (ou d'acoustique musicale, si l'on préfère). Mais pas uniquement. Formes et matériaux d'un espace construit reflètent aussi un contexte social, des conventions, des dispositifs culturels (cela vaut même pour un espace « trouvé », démantelé et n'ayant plus aucune destination d'usage particulière). De façon subtile, la manière de se placer et de rester dans un endroit – la manière de jouer des instrumentistes, de manipuler les appareils, de faire attention et de tendre l'oreille au son et à la parole (à savoir la manière de se mettre à l'écoute) – tout cela est lié au contexte environnant, bien que de façon implicite, le plus souvent. Les propriétés géométriques d'une salle sont des

facteurs acoustiquement importants, mais elles désignent aussi et souvent une polarité relationnelle entre le proche et l'éloigné, entre l'échange et le refus. On ne peut pas réduire l'espace performatif uniquement à l'acoustique : il s'agit d'un contexte partagé, historiquement déterminé et pourtant ouvert aux changements et toujours subjectivement vécu. Il s'agit donc d'un « lieu », d'un *espace de relations vécues*, d'un territoire d'interactions et d'échanges sociaux [Small 1998]. Par sa forme et par ses matériaux, l'architecture d'un lieu construit influence évidemment les comportements qu'on peut y avoir, elle favorise des actions admissibles et empêche d'autres. Parmi ces actions et ces comportements, il y a naturellement des gestes dits « musicaux », visant à causer l'apparition et la disparition d'événements sonores. Parmi ces événements, certains seront perçus en tant que « voulus » et faisant partie d'une musique, tandis que d'autres sont perçus comme appartenant à l'ensemble des sons et bruits d'ambiance.

Dès qu'on y introduit un système électroacoustique, l'espace va changer de façon importante, soit comme espace acoustique, soit comme espace de relations. Pour l'essentiel, la position et l'orientation des terminaux du système – micros (ou autres capteurs) et haut-parleurs (ou autres effecteurs) – sont à regarder comme des facteurs cruciaux, de pair avec leurs caractéristiques techniques de transduction électroacoustique. Le placement de l'équipement demande des mesures techniques et des arrangements particuliers, visant tant à maximiser l'obtention de certains phénomènes sonores qu'à minimiser les problèmes que toute installation électroacoustique comporte. En tout cas, l'espace disponible pour accueillir la performance devient désormais *espace électroacoustique*.

Agencement systémique : « chaîne », « réseau », « écosystème », « assemblage »...

Du point de vue de l'ingénieur du son, l'équipement mis en place pour une performance musicale constitue toujours une *chaîne électroacoustique*. La locution implique un dessin linéaire : une « chaîne » est une ligne de connexions et transductions ordonnées en série, dont les terminaux d'entrée (microphones ou autres points d'entrée du signal) et de sortie (haut-parleurs ou autres sorties du signal) sont idéalement bien séparés. Entre les deux terminaux il y a des stades d'amplification et d'autres processus de traitement du signal. Il s'agit d'un schéma générique, indépendant des ressources performatives particulières et de la situation particulière. Pour l'essentiel, une telle infrastructure peut être assimilée à celle du studio, dûment déplacée sur la scène pour la performance en direct.

Parfois il s'avère difficile et même impossible d'assurer une bonne séparation acoustique entre les terminaux d'entrée et de sortie du système : les champs de prise et de diffusion du son se chevauchent, de sorte que le son retourne des haut-parleurs aux micros, en quantité plus ou moins considérable. Alors, la ligne devient un cercle : la chaîne s'enferme sur elle-même et devient effectivement une boucle en rétroaction (*feedback*). Cela pourra déterminer plusieurs épiphénomènes, à savoir un certain nombre d'effets indirects normalement tenus pour indésirables (deux exemples classiques sont le « halo sonore » et l'« effet Larsen¹³ »). Pour atténuer ou annuler de tels effets secondaires, on devra limiter, à la main, le niveau d'amplification de la chaîne entière, ou recourir à des processus de traitement un peu spéciaux (« limiteurs »), interposés quelque part entre les deux terminaux de la chaîne.

L'installation et l'activation de plusieurs chaînes électroacoustiques à l'intérieur d'un même environnement produisent un *réseau*, à savoir une structure d'agencements multiples entrecroisés. Cela implique une multiplication des facteurs fonctionnels mis en jeu, spécialement lorsque ceux-ci sont interconnectés pour former une structure globale densément réticulaire, avec de multiples sous-structures interdépendantes. S'il y a du *feedback* dans une ou plusieurs chaînes partielles du réseau, les processus interposés entre les entrées et les sorties pourraient interférer avec la (les) boucle(s) en rétroaction, apportant finalement des répercussions positives (amplification) ou négatives (affaiblissement) sur les possibles effets secondaires.

En règle générale, ces infrastructures électroacoustiques sont des dispositifs « hybrides », c'est-à-dire composés par des sous-systèmes hétérogènes, de type mécanique, analogique, numérique – aujourd'hui aussi « sans fil » (radio-transmission). Chacun de ces sous-systèmes a des caractéristiques propres de transduction et transmission électroacoustique, fonctionnant rarement de façon parfaitement linéaire. Alors, en tant que nœud d'un réseau plus large, chaque sous-système pourra parfois se comporter plus en « médiateur » qu'« intermédiaire » : tandis qu'un intermédiaire laisse inchangés les éléments qu'il connecte (transmission linéaire), un médiateur engendre une transformation dans les éléments qu'il connecte (transmission non linéaire). Comme le dit Bruno Latour en traitant des systèmes de type complètement différent, la

¹³ Du nom de Søren Absalon Larsen (Norre Aaby, Danemark, 1871 – Gentofte, Suisse, 1957) qui observa le premier les effets d'accumulation par *feedback* électroacoustique. Par le passé, la locution « effet Larsen » a été utilisée presque uniquement dans le discours technicien. Dans cette thèse, nous l'utiliserons lorsqu'il faut éviter la confusion parfois causée par les différentes significations du mot « *feedback* ».

différence entre intermédiaire et médiateur est « une différence capitale » pour examiner la complexité d'un réseau (Bruno Latour, cité dans [Engell 2014 : 146]).

La nature « hybride » de ces dispositifs concerne également la circonstance qui, en raison du couplage structurel dont nous venons de parler, inclut l'espace environnant dans leur organisation systémique. Ouvert ou clos qu'il soit, l'espace physique de la performance comporte une pluralité de facteurs matériels, géométriques et architectoniques. Globalement, de tels facteurs donnent au site particulier une signature acoustique particulière (et aussi une certaine allure, une certaine respiration temporelle), à côté de tout un éventail de connotations sociales et culturelles (y compris évidemment de possibles connotations musicales). En principe, du fait du couplage structurel, plusieurs de ces facteurs sont en mesure d'échanger l'énergie acoustique avec l'équipement, et donc d'en influencer activement le comportement au cours de la performance.

Simon Waters [2007] a introduit la notion d'« écosystème performatif » (*performance ecosystem*) pour indiquer l'ensemble total des agencements d'une infrastructure pour la performance de musique électroacoustique *live* – composée par plusieurs sous-systèmes à la fois mécaniques, analogiques, numériques, et comprenant les compétences incarnées par le performeur. Nous avons nous-même utilisé la locution plus spécifique d'« écosystème audible » [Di Scipio 2003, 2008a], particulièrement par rapport à quelques œuvres dont nous allons discuter dans la Deuxième Partie. Paul Sanden a parlé de « réseau de performance interactive » (*interactive performance network*) [Sanden 2013 : 104 et *passim*].

Pour l'instant, ici nous nous limiterons à parler de « dispositif performatif » (comme nous venons de le faire plus haut), pour éventuellement revenir sur la notion d'« écosystème » un peu plus loin. Toutefois, il faut éclaircir, dès à présent, un point à propos de cette notion. En écologie, « écosystème » dénote naturellement une « unité systémique écologique », c'est-à-dire un ensemble cohérent composé d'un environnement (naturel ou construit) et des systèmes (vivants ou pas) qui s'y nourrissent et s'y reproduisent [Odum 1953]. Cependant, les écologues eux-mêmes observent que *les écosystèmes peuvent faire l'objet de planning et de dessin* [Jørgensen et Müller 2000, Orr 2002, Prominski 2007] et arrivent même à parler de « techno-écosystèmes » (*techno-ecosystems* [Odum 2001]). Loin de viser à naturaliser forcément des questions technico-musicales, ici nous allons parler d'« écosystème performatif » justement pour évoquer des techno-écosystèmes de type particulier : s'il y a métaphore – translation du sens – c'est d'abord une translation du médium opératoire et non pas d'un médium de représentation naturaliste.

Autrement dit, dans notre discours, la métaphore « écosystème » se fonde sur des équivalences fonctionnelles entre systèmes tout à fait différents¹⁴.

Les sciences sociales adoptent parfois la notion d'*assemblage* pour signifier qu'un ensemble de relations opératoires entre groupes d'êtres humains et non humains se transcende en unité complexe¹⁵. On a pu parler aussi de « réseau » (Bruno Latour), d'« ensemble technique » (Gilbert Simondon) et d'« équipement collectif » (Félix Guattari). Plus récemment, la nature composée et hybride de ces « collectifs d'agents humains et non humains » [Latour 1999 : 174-215] a été traitée en termes de *system-environment hybrids* [Hansen 2009]. Comment on vient juste de le rappeler, l'écologie scientifique parle parfois de *techno-ecosystems* [Odum 2001]. Par ailleurs, ces locutions, pour ainsi dire ensemblistes et réticulaires, peuvent nous rappeler certains termes philosophiques plus anciens, probablement plutôt génériques et abstraits, mais déjà associés à l'idée d'un inextricable mélange d'humain et de non-humain¹⁶.

Réseau, écosystème ou assemblage – l'environnement hypertechnicisé qui nous entoure implique une constellation de niveaux d'interaction entre médiateurs différents, humains ou pas. L'« écosystème performatif » des pratiques électroacoustiques *live* n'est qu'un des innombrables agencements socio-techno-environnementaux du monde contemporain. Sa spécificité est de

¹⁴ Dans d'autres contextes de discours, le mot « écosystème » prend une valeur métaphorique encore plus abstraite – par exemple « écosystème industriel », « écosystème logiciel », etc.

¹⁵ Par « assemblage » on entend « un ensemble [*collection*] d'entités hétérogènes » et de « circuits de transmission [...] interconnectés par combinaisons multiples et imprévisibles » [Bogue 2009 : 45]. Bien qu'utilisé par de nombreux auteurs anglophones et francophones, le mot à l'origine était la traduction anglaise du mot français « agencement » utilisé par Deleuze et Guattari de façon un peu spéciale (« pas d'agencement machinique qui ne soit agencement social, pas d'agencement social qui ne soit agencement collectif d'énonciation » [Deleuze et Guattari 1975 : 147]). Ici, nous préférons maintenir la distinction, en écrivant « agencement » au sens plus habituel de « manière d'arranger ou de configurer » des éléments autrement séparés, et « assemblage » au sens plus emphatique d'« ensemble complexe de médiations et d'interactions » (généralisation de la locution d'« ensemble technique » chez Simondon).

¹⁶ Rappelons le *Gestell* de Heidegger, le « dispositif » de Foucault, les « complexes composites » de Gabriel Tarde [Thrift 2006 : 140], la « méga-machine » de Lewis Mumford et de Jacques Ellul (reprise par Serge Latouche [1995]). Selon [Lamarre 2012], il y a des similitudes entre le « dispositif » de Foucault et l'« ensemble technique » de Simondon.

Première Partie

rendre sensible cette dimension réticulaire et complexe du monde contemporain à travers l'expérience « vécue », « vivante » et « incarnée » du son et de la musique.

1.2 Repenser la *liveness*

Comme nous l'avons rappelé dans le Prologue, la locution *live electronics* évoque avant tout des pratiques performatives de musique en direct, très hautement technicisées mais pas fondées – en règle générale – sur des préalables enregistrements de signaux audio ou de signaux de contrôle. Depuis très longtemps, dans la création de musique à l'ordinateur, le rôle des ressources audionumériques en temps réel a été le sujet d'un corpus important de recherches et de réflexions plus ou moins approfondies. L'attention majeure a été accordée aux processus informatiques, aux interfaces d'interaction homme-ordinateur, ainsi qu'aux stratégies et techniques de composition auxquelles ces ressources se prêtent. Plus récemment, on a remarqué la nécessité d'élargir la perspective et de viser « une notion de musique *live electronics* entendue comme stratégie de performance, pas comme technique compositionnelle » [Bertolani et Sallis 2016 : s.p.], pour déplacer ainsi le sujet plus près des « études sur la performativité » – même si ces dernières s'intéressent à des contextes de performance médiatisée d'autres types, ainsi qu'à des thématiques d'ordre plus général [Auslander 1999, Schechner 2002, Salter 2010, Pape 2010].

Mis à part quelques exceptions [Emmerson 2007a, Waters 2007, Croft 2007, Emmerson 2012a], peu d'attention a été accordée aux critères qui autorisent à définir comme « vivante » une performance de musique électroacoustique. Pourvu que l'ensemble des ressources impliquées constitue un dispositif performatif de nature composée (performeurs + équipement + espace) et hybride (organique *et* machinique, donc métabiologique ou biocybernétique), on peut poser la question : à quelles conditions un tel dispositif, potentiellement générateur de son et de musique, est à considérer comme « vivant », pas seulement *vif* ou *vivace* au sens musical ? D'où vient la *liveness*, le « caractère vivant » d'un tel dispositif ? Quand la *liveness* se présente-t-elle, à partir de quelles conditions ?

Nous proposons de regarder la *liveness* comme un attribut phénoménologique assigné à l'ensemble des interrelations entre le dispositif performatif (unité systémique ayant sa propre structure dynamique) et l'espace de la performance (salle ou autre, en tant qu'environnement de l'unité systémique). Cela nous permettra de penser la performance pas uniquement comme processus temporel, mais aussi comme « situation », au sens justement phénoménologique (heideggérien, merlau-pontien) du « se-situer », de l'être-là et de l'être-avec tout ce qui se passe dans les alentours.

Pour avancer dans notre discours, cependant, un petit détour s'impose afin de fixer quelques notions particulièrement importantes.

1.2.1 Le couplage « système ↔ environnement »

D'abord, nous voudrions revenir sur ceux qu'on a appelés, plus haut, « terminaux » du dispositif électroacoustique. Indépendamment du dessin particulier, micros et haut-parleurs sont des dispositifs ayant effectivement la fonction soit de capter des variations de pression dans l'air, soit d'engendrer de variations de pression dans l'air. Au cœur de ces transducteurs, il y a des surfaces plutôt minces, à savoir des membranes ou pellicules plus ou moins petites et subtiles qui sont en contact direct avec la masse d'air environnante.

Or, une telle observation peut sembler absolument triviale. Il faut souligner cependant que c'est exactement ce contact-là qui réalise le *couplage systémique* entre le dispositif performatif et l'espace physique environnant : une fois installés et allumés, les terminaux de transduction demeurent en interaction permanente avec l'espace sonore environnant, de sorte que tout changement voulu ou aléatoire dans l'un produira un changement dans l'autre (naturellement, pour l'oreille, lesdits « changements » sont des événements sonores, des sons¹⁷). Cette fonction transductive est une condition *sine qua non* pour qu'un dispositif puisse être qualifié justement d'« électro-acoustique ». Elle accomplit un véritable *couplage structurel*, c'est-à-dire d'une *relation de réciprocité permanente* réalisant l'*interdépendance* entre le dispositif et l'environnement sonore autour de lui¹⁸. En deçà de la surface mince d'un transducteur, il y a le « milieu intérieur » du dispositif, au-delà le « milieu extérieur », à savoir l'environnement au sens large. Ces subtiles membranes sont littéralement des interfaces « à double paroi » [Latour 2007 :

¹⁷ Notons aussi que, à son tour, l'oreille externe de l'homme fonctionne grâce au « tympan », qui est lui-même une membrane ayant la fonction de « senseur » des changements de pression de l'air.

¹⁸ Nous empruntons la notion de *structural coupling* particulièrement à la cybernétique des systèmes biocognitifs (à savoir vivants) – cf. [von Foerster 1974, Maturana et Varela 1980, von Foerster 2003, von Foerster 2015]. Simondon parle de « récurrence de causalité dans un milieu » [Simondon 1958 : 57]. Maturana d'« interactions récursives » [Maturana 2002 : 24].

39], des « mécanismes de frontière » [Clarke 2009 : 53] connectant et séparant l'unité systémique du dispositif électroacoustique et son environnement – le « soi » et le « monde »¹⁹.

On ne doit pas confondre « couplage » et « interaction ». Le couplage entre deux ou plusieurs systèmes est évidemment la précondition pour que ces systèmes puissent interagir, tandis que l'interaction désigne plutôt un échange effectivement délimité dans le temps et l'espace (même lorsque se produisent des effets qui rétroagissent sur les conditions d'action successives, en *feedback*). Le couplage est une condition, une liaison ininterrompue, à penser comme une « interaction » uniquement dans le sens d'« interaction perpétuelle » [*id.* : 42], ou bien d'« interrelation permanente » [Morin 1972a : 11]. Du fait de leur couplage, « le milieu intérieur et le milieu extérieur [d'un système] se *modulent* l'un l'autre » [Maturana 2002 : 15, je souligne]. Il y aura causation réciproque, ou mieux « congruence opérationnelle » (*operational congruence*) entre les deux [*id.* : 26]²⁰.

1.2.2 Action située, écologie de l'action, et médiation environnementalisée

Soigneusement installés dans l'espace donné, les appareils disponibles à la manipulation directe sont pour le(s) performeur(s) des « scripts pour l'action », quelque chose qui est là pour solliciter certaines actions et pour en empêcher d'autres [Green 2006]. Ils équivalent à ce que la recherche sur les lieux de travail appelle « sièges d'opérations et de contraintes » [Quéré 1997 : 176]. Par rapport au corps du performeur, ainsi que par rapport aux propriétés architecturales et acoustiques de l'espace, la position particulière des outils prend une importance capitale. La performance est une *action située*, à savoir confortée ou gênée par le contexte spécifique partagé

¹⁹ Il va de soi qu'il y a une autre forme de couplage vraiment essentiel, à savoir le câblage électrique ! Pourtant, pourvu qu'il n'y ait de *blackout*, la fourniture électrique ne change rien dans le déroulement de la performance, elle ne comporte aucun vrai échange entre milieux différents et ne change en rien le fonctionnement d'un dispositif performatif. Bref, bien que nécessaire, la fourniture électrique ne *spécifie* pas la structure particulière du dispositif.

²⁰ Dans un contexte de discussion esthétique-philosophique, Massimiliano Cappuccio a rapproché la notion de couplage structurel de ce qu'Edmund Husserl avait appelé *Paarung*, à savoir la relation structurelle entre le « soi » et l'« autre » [Cappuccio 2008 : 51]. En reprenant le travail d'un pionnier de la pensée phénoménologique, Erwin Straus, on peut dire que « se sentir et se bouger, agir et percevoir [...] sont un tout » [Leoni 2009 : 211]. On pourrait étendre le discours, en le déplaçant dans le médium du son : du point de vue phénoménologique, produire et ouïr un son vont de pair, ils ne font qu'une chose. Une « conscience auditive » ne peut qu'être « produisante et écoutante » [Depraz 1998 : 6]. On y reviendra plus loin, au sujet de l'écoute.

avec les auditeurs et structuré comme un réseau de médiateurs techniques²¹. Le performeur n'est jamais une entité abstraite : en tant que responsable de ses actions, il est toujours un agent « inséré dans une situation [c'est-à-dire] dans des conditions écologiquement situées » [Varela *et al.* 1993 : 268]. En dernière analyse, toute performance s'avère *site-specific*, quoique seules certaines approches tiennent compte de la circonstance et peu parmi elles la mettent en valeur en tant que telle. Agir de façon musicale n'est pas uniquement construire ou exécuter un plan, c'est avant tout « s'ajuster à la situation, répondre aux contingences » [Quéré 1997 : 168]. Il n'est pas question de se consacrer à une approche d'improvisation musicale, mais de saisir et mettre en valeur les conditions concrètes de l'action performative, même la plus déterministe.

Le caractère « situé » de l'action va de pair avec un certain niveau d'« agentialité » (capacité d'action) qu'il faut attribuer à l'environnement. Cela ne veut dire que l'action du performeur est surdéterminée par les forces et les agents qui habitent l'environnement, mais que ses buts restent « purement nominaux tant que n'a pas eu lieu un engagement effectif dans l'effectuation de l'action » [*id.* : 171]. Face aux contingences qui surgissent du cours même de la performance, il y a toujours nécessité de faire des compromis, plus ou moins moindres. Se situer équivaut toujours à « agir au sein d'une pluralité » [Baranski 2009 : s.p.], donc aussi « prendre le risque de s'exposer » [Amiel 2007 : 7] et finalement accepter de « se limiter » dans son agir. Ayant lieu dans un contexte concret, chaque action particulière produit des conséquences qui peuvent modifier le contexte où l'action pourra continuer. Toute approche performative, même déterministe, comporte l'ouverture d'un horizon des relations de cause-et-effet au-delà duquel il s'avère difficile de prévoir la portée des actions et d'en « rester les seuls maîtres » [*id.* : 9]. L'action s'insère toujours dans un réseau de circonstances assez peu déterminables, dans une véritable « écologie de l'action » – locution utilisée par Edgar Morin pour signifier généralement la dimension toujours relationnelle et réticulaire des actions humaines et leur nature en même

²¹ Ici, nous empruntons la notion d'« action située » à Louis Quéré [1997], qui en assigne la paternité à la sociologue anglaise Lucy Suchman. C'est « un concept développé simultanément dans les sciences sociales (sociologie, anthropologie) et les sciences cognitives (psychologie cognitive, intelligence artificielle) » [Quéré 1997 : 1310].

temps individuelle et collective²². « Agir c'est toujours être dépassé par ce qu'on fait. » [Latour 2007 : 51]. Perte de contrôle et ouverture relationnelle sont deux facettes de l'agir *in situ*.

La notion d'« action située » s'accompagne d'autre part aussi de celle de « cognition distribuée », à savoir l'idée que l'esprit n'est pas une faculté d'un cerveau isolé de tout contexte, mais une faculté répandue et justement « distribuée » à travers le corps aussi bien qu'à travers les supports et les outils configurant l'environnement. Une action est « située » dans la mesure où « l'environnement n'intervient plus seulement comme contrainte [mais qu'] il fournit également des ressources cognitives » [Laville 2000 : 1311]. Au nombre de telles « ressources cognitives » il faut compter, naturellement, les artefacts techniques dessinés et construits pour rendre disponibles certaines connaissances autrement au-dehors de la portée du titulaire de l'action. Cela implique par ailleurs que les phénomènes cognitifs ont toujours une dimension supra-individuelle, sociale [Varela 1989a, Varela *et al.* 1993].

Notons que, dans le cas particulier de la performance électroacoustique, ce qui est effectivement « situé » n'est pas simplement « l'action » (jeu d'instruments, manipulation des appareils, participation des auditeurs, etc.) mais un ensemble de médiations et de médiateurs – à savoir le réseau entier des processus et des agencements composant le dispositif performatif. On pourra dire que, cependant, en régime de technicisation extrême et de médiatisation profonde, la technique nous re-situe [Hörl 2013]. Il est vrai que le devenir-milieu de la technique produit des situations nouvelles et différentes, mais non moins concrètes dans leur dimension vécue, phénoménologique. Finalement, les ressources cognitives disponibles au performeur, « distribuées » à travers l'ensemble de médiateurs, s'avèrent être des « ressources environnementalisées » : elles façonnent le contexte dans lequel l'action du performeur va « se situer », mais elles sont elles-mêmes situées dans un environnement particulier, historiquement déterminé, parfois n'ayant aucune destination d'usage musical. « *In situ*, la variabilité n'est pas accidentelle [...] Le même son, la même lumière, ne sont jamais les mêmes » [Augoyard 1998 : 13]. Il faudra donc penser la fugacité de la performance – le *hic et nunc* – pas uniquement par

²² Écologie de l'action : « Dès qu'une action entre dans un milieu donné, elle échappe à la volonté et à l'intention de celui qui l'a créée, elle entre dans un jeu d'interactions et rétroactions multiples et elle va donc se trouver dérivée hors de ses finalités, et parfois même aller dans le sens contraire » [Morin 2005a, s.p.]. Pour Hannah Arendt, la perte de contrôle sur les conséquences de son action « n'est que le corrélat [...] de la capacité à établir des rapports » (citée par [Amiel 2007 : 8]).

rapport à l'action humaine directe, mais également par rapport au réseau des médiations et des appareils mis à l'œuvre. Le tout et les parties de l'infrastructure technique sont exposés, eux aussi, à la précarité et à l'incertitude des conditions de performance. En définitive, ce qui est partagé dans un tel contexte de performance c'est une manière justement de « se situer », une manière de vivre dans un milieu composé presque entièrement de médiations électroniques. « Faire preuve » d'une situation est l'enjeu d'une « praxis radicale » de l'art [Biset 2012], donc d'un art sonore portant sur le silence, le bruit, le corps du performeur, le contexte et les phénomènes de propagation du son.

1.2.3 Notions d'« environnement » et « milieu spécifique »

Comme on a pu le noter, ce discours à base de « couplage » et de « situation » requiert finalement de repenser l'espace de la performance selon une notion systémique de l'« environnement ». D'abord, on a besoin de passer d'une notion d'espace pour ainsi dire abstraite-géométrique, à une notion phénoménologique d'espace vécu, comme milieu des actions et des relations définissant les conditions de performance en direct. Ensuite, on a besoin finalement d'une notion systémique de l'espace réel dans lequel un organisme vivant est justement situé, à penser notamment comme la particulière portion de l'espace physique que l'organisme saisit comme son nécessaire médium d'action et de perception – comme son « milieu spécifique ». Bref, on assumera ici une notion d'« environnement » correspondant à l'espace extérieur en proximité immédiate d'un système, sur et dans lequel le système exerce ses actions.

Un organisme – à savoir, un « système vivant » – arrive à « se situer dans son environnement et à y agir à la suite d'expériences vécues multiples » [Couchot 2013 : 28]. L'environnement est précisément le médium physique où les actions et les perceptions d'un système vivant se rencontrent. La rencontre se matérialise normalement grâce aux détecteurs sensoriels efférents et afférents au système, lesquels agissent pratiquement en terminaux d'entrée (surfaces de captation, capteurs) et de sortie (surfaces d'effectuation, effecteurs). Ce qui alors est « situé » dans l'*hic et nunc* de la performance n'est pas vraiment l'action du performeur, mais plutôt la liaison entre action et perception que le corps du performeur incarne. Les deux – action et perception – sont couplées, ou mieux « bouclées » de façon continue et permanente : l'une est partie constitutive de l'autre. L'environnement est évidemment le médium du bouclage action ↔ perception – sans,

il n'y a pas de perception ni d'action. On reviendra bientôt sur cette idée, lorsqu'il s'agira de caractériser les *agents* impliqués dans le dispositif performatif.

Ici, donc, on appelle *environnement* l'étendue spatiale limitée sur laquelle un être vivant peut exercer son emprise, et par laquelle il est constamment conditionné. Il faut noter, cependant, que dire « environnement » veut toujours dire regarder les choses d'un point de vue (ou d'écoute) d'un système particulier. Tout environnement est relatif ! L'environnement est créé par l'interaction d'un système avec ce qu'il perçoit autour de lui, y compris les ressources s'avérant significatives pour lui et celles produites par lui. L'environnement n'est pas une construction fermée, c'est un processus toujours en course, jamais complet. « Il nous façonne en même temps que nous le façonnons » [Ingold 2000 : 20]. C'est toujours à la fois naturel (obéissant à des lois physiques) et culturel (obéissant à des systèmes de connaissances, de croyances, de conventions partagés et toujours en train de changer). Cependant, comme le note Tim Ingold, « il faut se méfier d'une expression aussi simple qu'« environnement naturel » [car, en soi, cela signifie] que nous nous imaginons déjà être en quelque sorte au-delà de l'environnement » [*id.*].

Dans son ensemble, cette notion systémique d'environnement remonte notamment au travail de Heinz von Foerster [1974, 2003, 2015], mais également – en remontant jusqu'au début du XX^e siècle – à Jakob von Uexküll [1956], père de la biologie théorique et de la notion d'*Umwelt* (traduite, selon les cas, par « monde », « environnement », « milieu associé », « niche d'existence », etc.). Selon von Uexküll, même le plus simple système vivant construit son « milieu spécifique », la portion la plus proche de l'environnement où il peut percevoir les effets de ses actions et agir selon ce qu'il perçoit. Lorsque nécessaire, on pourra parler aussi justement de « niche » pour signifier l'espace vital minimal d'une unité biologique, la plus petite portion de l'espace physique au-delà de laquelle elle entre en contact direct avec d'autres organismes. (La notion biologiste de « niche » a été empruntée par les recherches visant à la réalisation d'agents artificiels autonomes [Agre 1995 : 22 et *passim*].)

Pour un système générateur de son et potentiellement générateur de musique, l'*environnement sonore* est le milieu physique et culturel par lequel le système peut se-sentir, s'éprouver. Dans l'environnement, le système se perçoit lui-même aussi comme participant d'une plus large écologie d'événements et de relations sonores – c'est-à-dire, comme partie d'un contexte d'interactions dont le médium ou « milieu spécifique » est justement le son.

1.2.4 Le dispositif performatif comme unité systémique bio-cognitive

Nous sommes finalement en mesure de regarder le dispositif performatif électroacoustique en tant qu'*unité systémique processuelle* et, précisément, comme unité systémique dont le potentiel générateur (de son et musique) découle de ses interactions en temps réel avec l'espace réel où elle est installée et démarrée. Il équivaut à un système dynamique ayant des agencements et des mécanismes grâce auxquels il peut demeurer en contact continu et permanent avec l'espace autour et en faire son « milieu associé ». En termes de fonctions systémiques, ces mécanismes correspondent aux processus perceptifs et cognitifs par lesquels un organisme générique – à savoir un système vivant – interagit avec l'environnement autour de lui : ce sont des capteurs et des effecteurs en mesure d'élaborer des données (sensations) et de créer des informations (descriptions) par rapport au milieu externe du système, de sorte de régler son milieu intérieur, à savoir ses opérations. Tout organisme vivant – même la moindre unité biologique, unicellulaire – possède un circuit sensori-moteur, à savoir une *boucle entre action et perception* par laquelle il s'ouvre à l'espace autour pour lui faire quelque chose (action) et pour subir quelque chose par lui (perception). Autrement dit, tout système vivant implique un minimum de potentiel cognitif, relevant essentiellement de l'interdépendance entre action et perception par la médiation de l'espace environnant [Maturana et Varela 1980, Stewart 1992, Maturana 2002]. La boucle action ↔ perception effectue le *couplage biocognitif* du vivant à son environnement physique. Il s'agit de couplage physique, oui, mais il s'agit aussi du mécanisme de connexion fondant la possibilité « d'intégrer la culture au couplage organisme-environnement » [Courtial 2009 : 149].

Cette notion de boucle action ↔ perception aura pour la suite une importance majeure en tant que critère fondamental et base de tout *agent* (unité systémique capable d'action). À chaque instant – en temps réel, si l'on veut – ladite unité systémique peut s'ouvrir vers l'espace alentour pour y trouver ce dont elle a besoin pour se soutenir et pour se modifier dès qu'il le faut. À chaque instant, elle peut s'enfermer sur elle-même si l'espace autour la pousse à se modifier plus que nécessaire, voire de façon destructive. Donc, l'unité systémique opère récursivement : elle opère sur elle-même à travers l'environnement, elle s'(auto)organise et gère sa propre organisation systémique par et au moyen de l'environnement. L'environnement est le médium indispensable et la condition fondamentale d'un tel processus récursif. Mais il en est aussi le produit : il est un construit par les processus récursifs des unités systémiques qui l'habitent. On ne peut parler de *liveness* que s'il y a « coévolution d'un organisme et de son environnement »

[Born 2012 : 163, d'après Emmerson 2012c]. « L'organisme et son milieu forment ensemble un système [lequel] détermine le concept fondamental de la vie. » [Jonas 2001 : 58]

Du point de vue de l'unité systémique (système vivant, « organisme »), l'objectif principal du processus récursif est d'établir et de garder un rapport d'équilibre avec l'environnement, de façon qu'elle puisse survivre (garder son fonctionnement) et vivre (développer son potentiel individuel, construire une subjectivité en interaction avec d'autres unités dans l'environnement) ; du point de vue de l'environnement, l'objectif est d'établir et de garder un rapport équilibré avec l'ensemble des unités par lesquelles il est habité, de façon qu'il puisse survivre en tant qu'unité écologique et d'accroître son potentiel systémique.

La condition de base pour dire de l'unité systémique qu'elle est « vivante » est donc son appartenance à un « écosystème », c'est-à-dire à un système en rétroaction indissociable « organisme ↔ environnement ». Autrement dit, le fondement fonctionnel du vivant est qu'il y ait couplage structurel « organisme ↔ *oikos* ». La locution *performance ecosystem* (« écosystème performatif ») proposée par Simon Waters [2007] semble justement englober et relier les agents composant l'unité systémique hybride, à savoir le(s) performeur(s), les appareils, et l'espace environnant. Les interactions qui pourront s'avérer en mesure d'« animer » l'écosystème performatif, dessinées et mises en œuvre par un travail de création, découlent en définitive du couplage électroacoustique entre lesdits agents.

1.2.5 Boucle action ↔ perception. Notion d'« agent »

Cette métaphore à la fois bio-cognitive et écologique nous paraît importante parce qu'elle laisse entendre que l'*agentivité* des ressources impliquées équivaut d'abord à une capacité de perception de soi et de l'environnement – et de soi dans l'environnement. Elle signale ***l'implication mutuelle constitutive d'une capacité d'agir et d'une capacité de percevoir***. Elle implique aussi que, en vertu du couplage avec l'environnement, la capacité d'agir d'un système va de pair avec sa « situation ». Une unité systémique devient un agent dans un système plus large, du moment qu'elle est située, plongée dans une situation concrète [Protevi 2009 : 108]. Il faut regrouper et coupler action et perception dans un système ou un mécanisme unitaire, fonctionnellement équivalent au mécanisme « sensori-moteur » du système nerveux humain [Maturana et Varela 1980, Varela *et al.* 1993], couplé à l'espace physique environnant.

Cela vaut, tacitement, pour des agents humains (performeurs). Mais l'« agentivité » des ensembles techniques [Simondon 1958, Barthélemy 2015] comporte elle aussi un potentiel à la fois actif et réceptif (sinon vraiment « perceptif »). D'un côté, cela vient du fait que la structure particulière de certains ensembles techniques possède des terminaux sensibles, des surfaces en contact direct avec l'environnement ; c'est le cas notamment des systèmes électroacoustiques dont la structure comprend des transducteurs d'entrée et de sortie ayant précisément une telle fonction systémique – comme nous venons de le voir. D'un autre côté, il y a la circonstance générale que, du point de vue des unités bio-cognitives qui l'habitent, un environnement n'est jamais simplement un espace physique, mais plutôt un milieu peuplé par d'autres agents et managé par plusieurs agencements techniques. À plus forte raison, l'agentivité des dispositifs hybrides – à savoir composés d'humain et de non-humain, de biologique et de machinique – est toujours contextuelle, « située » aussi au sens culturel, innervée par plusieurs pistes de sémiotisation [Varela 1993, Clarke et Hansen 2009] (pour certaines implications esthético-musicales, cf. [Kim et Seifert 2007, Borgo et Kaiser 2010]).

Ce discours suggère d'examiner la *liveness* en considérant les composantes du dispositif performatif en tant qu'agents situés capables d'opérer en boucle action ↔ perception. Donc, la question « qu'est-ce qui est vivant dans la performance *live* » peut être précisée de la façon suivante : ***quelles composantes d'un dispositif performatif sont en mesure d'opérationnaliser une boucle action ↔ perception à travers l'environnement ?***

En schématisant, on peut compter trois possibilités :

- (i) Le performeur humain est le seul agent à incarner une boucle action ↔ perception (dorénavant « boucle A ↔ P »). Il agit parce qu'il perçoit, il perçoit parce qu'il agit. Il va de soi qu'il y aura autant de boucles que de performeurs impliqués, qu'ils soient instrumentistes, électroniciens, assistants, régisseurs du son, etc.
- (ii) L'infrastructure technique contient, à côté des ressources de génération et transformation du son, des mécanismes en boucle sur eux-mêmes à travers l'environnement, évidemment au moyen des capteurs (micros ou autres) et effecteurs (haut-parleurs ou autres). À un niveau fonctionnel, ces derniers équivalent à une boucle A ↔ P. Il va de soi qu'on pourra compter plusieurs boucles de ce type, selon la complexité du dispositif complet. Grâce à eux, même en absence de performeurs humains, le dispositif pourra être « sensible » aux événements sonores

des alentours et capable d'agir en conséquence – naturellement selon des moyens dessinés à cette fin (typiquement des algorithmes de traitement audio numérique).

(iii) Autant les performeurs que les appareils agissent en boucle $A \leftrightarrow P$ à travers l'espace alentour. On peut penser (i) et (ii) comme des cas particuliers de (iii). Cependant, en raison de la stricte interdépendance entre les agents impliqués, un tel dispositif pourra finalement s'avérer être *plus* (mais parfois *moins* aussi !) que la somme (i) + (ii).

Cette tripartition nous permet maintenant d'examiner trois notions de *liveness*. Loin de viser à une catégorisation rigide, une telle tripartition pourra servir de crible pour détecter diverses facettes de la *liveness* qui normalement s'entrecroisent de façon incontournable et inextricable dans l'énorme variété des pratiques performatives existantes.

1.2.6 Trois caractères du « vivant » dans la performance électroacoustique en direct

(i) Agent humain : le performeur « organe vital » du dispositif

Dans le premier cas, donc, la possibilité d'action et de perception est uniquement dans les mains et les oreilles du performeur humain, seule composante du dispositif performatif complet capable d'opérer l'autorégulation du dispositif et son interaction avec l'environnement. En d'autres mots, ici la *Liveness* équivaut au processus de la boucle **Action** \leftrightarrow **Perception** incarné par le performeur **Humain** :

$$L = A \leftrightarrow P(H), \text{ à prononcer } l'apache...$$

En prenant place « entre les appareils » ou « au-dessus des appareils », que ce soit sur la scène ou ailleurs, le performeur agit en générateur de son ainsi qu'en régulateur ou pilote du dispositif. En manipulant l'ensemble des appareils et des instruments selon les résultats sonores qu'il obtient, à chaque instant, *le performeur agit en effecteur ainsi qu'en capteur donc il incarne le mécanisme autorégulateur du dispositif performatif*. D'abord, cela semble reconduire à la situation du studio électroacoustique. Mais la situation est différente : ici l'être humain n'agit pas seulement « entre les machines », il agit également en canal de *feedback* « entre les machines et l'environnement ». Son rôle systémique est justement d'interagir, à savoir d'agir « entre » les deux, le plus souvent afin de les contrebalancer.

Du point de vue des machines, les actions du performeur (commandes, contrôles, sons issus des instruments ou des voix) ne sont que des changements dans l'environnement, puisqu'elles

reflètent ce que le performeur entend et écoute d'autour de lui. Effectivement, l'être humain ici est la seule présence dans le milieu extérieur des machines : il *est* le milieu extérieur des machines. Du point de vue de l'environnement, les sons produits et diffusés par les haut-parleurs représentent le fonctionnement des appareils et, à travers celui-ci, aussi les actions du performeur.

Il est important d'ajouter que la façon particulière de performer est normalement conditionnée par plusieurs aspects concernant la manipulation directe des instruments musicaux (s'il y en a) et des appareils (ergonomie des outils de contrôle, sémantique des représentations graphiques du son ainsi que de la musique et du geste – tout ce qui est d'intérêt dans le dessin des systèmes pour la « musique interactive » [Rowe 1993 et 2001, Jensenius et Lyons 2017]). La notion d'*interactivité* ici sous-jacente appartient au monde des interfaces homme-ordinateur (*human-computer interaction*) : elle correspond à la capacité de la machine à modifier son processus en réponse à une commande – tandis que naturellement, mais de façon implicite, les actions du performeur, à leur tour, changent en réponse à la réponse. Une telle circularité demeure structurelle et nécessaire [Lippe 2002] et nous rappelle la circularité essentielle – le couplage, on peut dire – entre un instrumentiste et son instrument [Lewis 1999]. Toutefois, le performeur demeure la seule force agentielle du dispositif en rapport direct avec le contexte performatif complet, le seul siège d'action« située ». En outre, son action peut se dérouler selon un plan plus ou moins prédéterminé : il y a d'innombrables gradations, allant de l'« exécution » de partitions musicales très déterministes à l'improvisation plus ou moins libre et non idiomatique. Tout cela implique alors que ***le performeur est un agent autonome, certes, mais il jouit toujours d'une autonomie relative en vertu de sa situation concrète, c'est-à-dire à cause de son appartenance à l'unité systémique du dispositif performatif complet.***

À son tour, le fonctionnement des appareils – ou, du moins, du logiciel – peut varier, allant de comportements linéaires (chaque action obtient la réaction sonore prévue²³) à des comportements non linéaires (manque de correspondance ou de proportionnalité entre action et réaction, entre les causes et les effets des actions). La non-linéarité pourra constituer soit un problème à affronter et résoudre, soit une source de complexité dans le processus total, de laquelle le performeur peut profiter [Mudd *et al.* 2015, Mudd 2017]. Enfin, la réaction des appareils peut être soit instantanée soit retardée et étendue dans le temps. Selon les cas, on pourra aboutir à toute une « variété de

²³ « Causalité unilinéaire – une cause un effet, implicitement direct » [Sève *et al.* 2005 : 61]. Dans ce contexte, ce type de causalité déterministe équivaut à une logique de « commande/exécution ».

modes d'interaction » [Holopainen 2012 : 28]. En cas de réaction linéaire et instantanée, le dispositif dans son ensemble devient le même qu'un « instrument musical » – mais au sens d'un « instrument composé », à savoir conçu par l'agencement de plusieurs niveaux techniques et sémiotiques différents [Schnell et Battier 2002]. En cas de réaction non linéaire et temporellement dilatée, le dispositif pourra parvenir à des comportements plus complexes et variés, parfois, aussi, imprévisibles. Néanmoins, en règle générale, la manière selon laquelle tout se passe au moment de la performance dépend largement ou uniquement du performeur, de ses actions et réactions dans le contexte donné, selon sa gestion et manipulation des appareils en temps réel.

Discussion

Une telle notion de *liveness* équivaut exactement à la « définition de travail » proposé par Simon Emmerson : « *live* signifie, ici, la présence du performeur » [2012a : s.p.] (cf. aussi [Emmerson 2007a : 90, Sanden 2013 : 33]). *Présence humaine* à la fois « physique, psychologique, sociale » [Emmerson 2007a : 23-33]²⁴. L'idée est que le caractère vivant de la performance réside dans « la relation entretenue par l'agent humain avec d'autres agents possibles (qu'ils soient naturels et environnementaux, ou construits et synthétisés) » [*id.* : 1]. La dimension vivante est l'attribut spécifique de la « *performer agency* » [Sanden 2013 : 96]. Le performeur devient l'« organe vital », pour ainsi dire, d'un assemblage mixte composé aussi de parties (mécaniques, électroacoustiques, audionumériques) qui sont, elles, par définition inanimées, inertes.

Cette notion, pas éloignée du sens commun, est extrêmement importante : elle clarifie le fait que c'est justement l'implication d'un appareil sensori-moteur qui fait la différence, à savoir ***l'implication d'un mécanisme cognitif couplé à un milieu physique partagé par plusieurs autres agents***. Dans ce cas particulier, il s'agit des mécanismes sensori-moteurs incarnés par le système nerveux du corps du performeur, couplé aux appareils (et aux instruments, s'il y en a) ainsi qu'à l'espace environnant.

Qu'en est-il de ceux-ci, les « autres agents possibles » évoqués par Emmerson ? Sont-ils à considérer comme inanimés, à savoir « sans vie » ? D'abord, l'agentivité des appareils et des

²⁴ Noter le retour implicite de la « trinité guattarienne » : la *physis* (écologie scientifique), la *psyche* (écologie de l'esprit) et du *socius* (et écologie sociale, processus de subjectivation).

instruments semble consister principalement à favoriser certaines manipulations et interactions plutôt que d'autres. Il s'agit donc d'*affordance*, c'est-à-dire de l'accessibilité et de la « disponibilité à être utilisé » que l'approche écologique de la perception [Gibson 1966] assigne aux objets rencontrés par l'être humain dans son environnement. Il s'agit également du « caractère d'offre » de l'environnement et de l'être « à-portée-de-la-main » des outils (la *Zuhandenheit* de Martin Heidegger [1985 : 69-89]).

En suivant l'analyse des ensembles techniques de Simondon, la sociologie des lieux de travail parle de l'« agentivité » des dispositifs façonnant les contextes d'action (professionnels ou pas) en leur accordant une capacité de solliciter l'action, de faire faire ou d'interdire des actions [Latour 1996, Quéré 1997]. Pour ce qui nous concerne ici, l'agentivité des appareils du dispositif performatif consiste donc à bien se prêter à certaines manipulations, en conformité par ailleurs aux critères d'« ergonomie » adoptés dans leur dessin technique. Tout comme les instruments musicaux, les interfaces et les contrôles disponibles pour la manipulation des appareils arrivent même à susciter l'imagination musicale et à réclamer donc certaines manipulations en vue des résultats sonores imaginés. Cependant, ils demeurent inertes jusqu'à ce qu'ils soient effectivement manipulés, et sourds aux événements sonores qui arrivent par les alentours. L'environnement, lui, est *occupé* par les appareils et les performeurs : outre une fonction d'organisation logistique (rassembler et arranger les ressources performatives, accueillir les auditeurs) il a surtout une fonction systémique fondamentale : il sert d'espace de prise et de diffusion du son, à savoir d'espace de résonance à gérer de sorte qu'il n'interfère pas trop avec les sons prévus. En règle générale, la seule ou la principale forme d'interaction avec l'environnement se réduit à une stratégie d'adaptation utilitaire : avant et pendant la performance, il sera bon de surveiller et de régler soigneusement certains aspects de l'infrastructure technique par rapport aux résonances ainsi qu'au volume de la salle (selon le caractère acoustique de cette dernière, selon sa taille, sa forme géométrique, etc.)²⁵. On dit couramment que l'acoustique de la salle « se prête » ou pas à la musique à présenter, ou bien qu'elle est « bonne » ou « mauvaise ».

Notons alors que cette notion de *liveness* – associée à la présence du (des) performeur(s) au milieu d'un environnement technicisé – comporte deux types d'agent : l'un (humain)

²⁵ Pour la précision, il n'est pas vraiment approprié de parler ici d'« adaptation » – c'est plutôt une forme d'hygiène ou de prévention : on s'appareille afin que tout se passe comme il faut pour représenter l'œuvre, quelles que soient les circonstances concrètes.

implicitement plus riche et autonome, capable d'interagir avec d'autres agents, dont l'essentiel est qu'il comporte aussi une production d'intentionnalité et de signification ; l'autre (technique et environnemental) implicitement plus pauvre, consiste à se laisser bien utiliser selon les intentions des performeurs (et des designers), consiste à rendre certaines actions accessibles et même à les solliciter, à les provoquer. En passant, notons également que tout cela se marie bien avec une théorie instrumentaliste de la technique (et de l'environnement).

Ce dualisme agentiel (dont on examinera les limites, un peu plus loin) peut s'avérer esthétiquement fructueux. Et il l'est, dans la mesure où il pousse à penser la performance *live electronics* en tant que marquée par « une tension productive entre les aspects traditionnels de la performance [liés à l'engagement ainsi qu'au talent musical des performeurs] et les appareils électroniques » [Sanden 2013 : 111]. Ce type de performance met en scène « une négociation entre les compétences performatives [traditionnelles] et la capacité de la technologie de subvertir ces compétences » [*id.* : 27]. On peut entrevoir, dans une telle idée, un lieu commun sous-jacent d'ancien héritage humaniste, mais encore largement partagé, faisant des machines électroniques un emblème de standardisation, de reproduction, de planning, etc. – donc comme un facteur qui agit en « inhibiteur du caractère vivant » (« *eradicator of liveness* » [*id.* : 111]) dans des contextes d'art performatif. En ce sens-là, l'analyse de Sanden à la suite d'Emmerson semble remarquer une condition pour ainsi dire « résiduelle » du caractère vivant, lequel s'impose – ou survit ? – grâce à l'habileté du performeur ainsi qu'*en dépit* de la « menace » [*id.* : 7] posée par le contexte hypertechnicisé. Et aussi, nous dirions, *en dépit* des problèmes et des risques dus à l'exposition en public dans un lieu concret partagé. La dimension « performante » de l'action humaine (efficacité, pertinence, dextérité des actions des performeurs) semble offrir une promesse de vie – ou de survie ? – *nonobstant* la foule des médiations électroniques. Il y a une connotation qu'on est tenté de définir de nostalgique, comme si « la performance *live* était devenue ainsi un moyen de naturaliser les contextes de représentation médiatisés » [Auslander 1999 : 43].

Une nuance un peu « nostalgique » et « naturalisante », on peut la noter quand Emmerson et Sanden soutiennent que la *liveness* repose avant tout sur la possibilité que l'auditeur saisisse les relations de cause-et-effet à l'intérieur du flux sonore, même lorsque ces relations ne sont qu'imaginaires et simulées [Sanden 2013 : 6, Emmerson 2007a : 110]. Ce qui compte vraiment serait donc la perception ou l'illusion – pas nécessairement la réalité – d'une liaison entre le geste du performeur et les sons issus des machines. Sanden parle de *virtual liveness* [2013 : 11, 33, 42].

« La perception de l'interaction entre musicien et machine – il écrit – ne dépend pas de l'effective existence [de l'interaction elle-même] » [Sanden 2013 : 109], mais de la vraisemblance de l'interaction dans le contexte d'action. Autrement dit, ce qui compte est que le performeur soit perçu comme la « cause », la source agentielle de ce qu'on écoute – pas qu'il le soit réellement. Le performeur alors sera considéré comme une « cause efficiente de la musique » [Emmerson 2012b et 2013], même s'il ne l'est que par simulation²⁶.

Nous ne partageons absolument pas cette dernière idée. À notre avis, on peut parler de *live* à condition que la capacité d'agir et de déclencher une chaîne cause-et-effet soit réelle *et* perçue (que ce soient des agents humains ou pas). Il est vrai, normalement, qu'il est impossible de reconnaître en quoi exactement une action produit des effets, si elle est exercée sur des dispositifs électroniques, d'autant plus qu'ils sont interconnectés entre eux de manière non triviale. Mais cela ne signifie pas qu'il n'est pas possible de percevoir qu'*il y a des causes* et qu'elles sont actives ici et maintenant. C'est au compositeur et au performeur de chercher à rendre audibles les liaisons causales, de sorte que l'auditeur puisse expérimenter la dimension, dirions-nous, « auratique » de la performance et d'en faire un critère d'appréciation esthétique²⁷. La précondition de base reste, à notre avis, l'existence concrète, opératoire, des liens d'interaction auditivement expérimentés. Tout simulacre de *liveness* (« le vivant virtuel ») semble relever précisément d'une volonté de naturaliser le contexte hypertechnicisé qui fait le dispositif performatif, et d'oublier (quoique temporairement) qu'aujourd'hui nous vivons tous dans des

²⁶ Il est intéressant de noter qu'Emmerson [2007a] insiste longuement sur l'importance accordée par les compositeurs de musique acousmatique et de musique mixte (instrument et support) à la possibilité d'évoquer à l'écoute, par des choix de montage soigneux et traitement en studio, des relations causales entre différents objets sonores, de sorte qu'on puisse prétendre à une « présence vivante » (*living presence*) dans un flux de sons séparément enregistrés. Il y a désormais trente ans, Théberge [1989] avait supposé que l'interaction simulée en studio (il pensait notamment à l'interaction entre musiciens, simulée par montage sur bande multipiste) aurait pu avoir un rôle important dans l'idéologie du son à l'âge de sa productibilité technique. Nous sommes convaincu qu'on en a eu.

²⁷ Plus loin, nous allons soutenir qu'il est très important, au niveau général, de favoriser l'implication des auditeurs dans le contexte de production du son (ainsi que de l'œuvre, de la performance, etc.), à partir de la constatation que tout événement sonore est la trace audible de relations causales particulières (à la fois physiques, cognitives, sociales, économiques, etc.). Ailleurs, nous parlons d'« écoute impliquée » en l'opposant à la notion schaefferienne, bien connue et partagée, d'« écoute réduite » [Di Scipio 2014 et 2015].

milieux profondément ou presque entièrement médiatisés et façonnés par plusieurs stratifications technologiques. Il n'est pas question de renoncer à l'humain, bien entendu, mais de le saisir et de saisir aussi qu'il n'est plus le même (ni en lui-même) lorsque sa condition d'existence s'avère pleinement une « condition technologique ».

Pour résumer : à la question *d'où vient le caractère vivant de la musique lorsqu'il est fonction d'un milieu entièrement médiatisé par l'électronique ?* il semble possible de répondre : *gardons une nette distinction entre agent humain et agent technique, il sera évident d'où vient le caractère vivant !* C'est l'enjeu central exprimé par le sigle **L = A ↔ P(H)** : **la liveness équivaut à la présence humaine, c'est-à-dire à la boucle action ↔ perception que le performeur fournit au dispositif performatif.**

Évidemment une telle perspective, dont la portée théorique est indéniable, correspond bien à de nombreuses pratiques de création musicale. À titre d'exemple on pourrait mentionner de nombreuses d'œuvres bien connues et emblématiques, telles que celles de Pierre Boulez pour instruments et traitements électroniques en temps réel (pas seulement *Répons*, mais aussi des œuvres de durée et complexité plus contenues, comme *Anthèmes II*, de 1997) ou comme *Time and Motion Study II* de Brian Ferneyhough (1976). On pourrait rappeler également des œuvres caractérisées par une stricte influence du son instrumental sur les processus électroniques – par exemple *Flute Control* de Thomas Kessler (1986) et *Pluton* de Philippe Manoury (1989) – ainsi que plusieurs œuvres désormais classiques fondées sur des systèmes de délai (soit par boucles de bande magnétique, soit par ordinateur²⁸). On pourra penser aux travaux fondés sur l'improvisation au moyen d'« interfaces gestuelles » comme *The Hands* de Michael Waiswiz (1984) et d'autres nombreux exemples de « musique interactive » où les dispositifs électroniques sont conçus essentiellement comme « instruments », c'est-à-dire comme outils ayant généralement une réaction instantanée et assez proportionnée au geste (ou aux commandes ?) du performeur. Enfin, il y a des exemples de musique informatique plus particuliers, fondés sur une approche d'interaction plus raffinée, comme les travaux du compositeur et tromboniste George Lewis ainsi que les performances fondées sur des ordinateurs interconnectés en réseau local – à l'initiative des collectifs comme League of Automated Music Composers et The Hub [Trayle 1991, Haworth 2014].

²⁸ Par exemple *Solo* de Karlheinz Stockhausen (1966), *Epitaffio in memoria di un concerto* de Mario Bertoncini (1968), *Saxony* de James Tenney (1978) ou *Inside outside Space* de Pauline Oliveros (1991) [Oliveros 1995].

À la rigueur, les œuvres créées par Luigi Nono dans les années 1980 devraient, elles aussi, être regardées comme cas particuliers de ce type de perspective (*Post-Praeludium per Donau*, *Das Atmende Klarsein*, *A Pierre dell'azzurro silenzio*, *Découvrir la subversion – hommage à Jabès*). Cependant, elles relèvent d'une approche un peu spéciale : de leur conception, elles poussent les instrumentistes à changer un peu le jeu « de concert en concert selon l'acoustique de la salle » [Sallis *et al.* 2018 : 12, Zattra et Vidolin 2018]. Rappelons à ce propos aussi certaines œuvres de Pascale Criton et de Jean-Luc Hervé où l'action d'émission du son (instrumentale ou d'autre type, avec ou sans traitements en temps réel) est effectivement « située » – tangiblement mise en rapport – dans le lieu de présentation de l'œuvre [Hervé 2015, Criton 2016].

Au-delà des énormes différences à la fois techniques et esthétiques, la plupart des exemples d'électronique *live* mentionnés comportent une situation délimitée : c'est le performeur qui dirige l'ensemble des processus impliqués dans l'exécution, soit par manipulation directe des paramètres variables soit à partir du son instrumental (Manoury), à la fois de façon plus déterministe (Boulez, Ferneyhough, Manoury) ou plus réceptive à se faire influencer par les sons sortant des machines et par les circonstances acoustiques environnantes (Nono). En tout cas, le travail de création est censé dessiner et articuler la façon dont l'agent humain s'adresse aux appareils d'abord en considération de la souplesse et de la disponibilité de ces derniers à se prêter à des buts musicaux particuliers ; la relation à l'espace de la performance demeure sous-entendue ; elle n'est naturellement pas absente, étant structurelle dans la boucle action ↔ perception incarnée par le performeur, mais elle est articulée uniquement de manière implicite et fonctionnelle :



Cette perspective sur la *liveness* est largement partagée, nous l'avons dit. Toutefois, comme les dispositifs performatifs *live electronics* peuvent engager des agents autres qu'humains, on peut réalistement douter qu'elle soit la seule admissible, et que sa portée théorique puisse résumer la complexité des situations possibles. Comme le note Sanden lui-même (d'après sa discussion de *Mikrophonie II* de Karlheinz Stockhausen [Sanden 2013 : 103-108]), certaines approches montrent qu'on devrait accorder un rôle plus important au potentiel d'agentivité des appareils impliqués, et qu'il serait bien de repenser alors l'ensemble des ressources performatives comme un « réseau performatif interactif » [*id.* : 104]. L'intégration systémique d'agents humains et

techniques arrive parfois à « remettre en cause une nette distinction entre musicien et machine » [*id.* : 108]. Donc, à côté de la « présence des performeurs » on a besoin de mieux examiner la *présence des appareils*. Mais il faut ajouter que l'intégration de l'humain et de la mécanique n'arrive pas « dans le vide », pour ainsi dire : on ne peut plus ignorer la *présence de l'environnement*. Nous l'avons souligné à plusieurs reprises – l'environnement est à la fois le médium physique des processus bio-cognitifs censés rendre « vivante » la performance, et le milieu spécifique où l'être humain rassemble et compose ses moyens d'action. Tout comme, « en tant que forme de vie, l'humain est inéluctablement couplé à son environnement » [Hansen 2009 : 125], en réalité tout agent pouvant être qualifié de « vivant » est inéluctablement couplé à son environnement.

(ii) Agent technique : le dispositif « système dynamique autonome »

Au contraire de la première, notre seconde notion de *liveness* accorde d'abord une certaine capacité d'action à l'ensemble (ou à une partie) des appareils composant le dispositif performatif, *même sans implication directe d'agents humains*. En d'autres termes, ici la **Liveness** est à rattacher aux boucles **Action** ↔ **Perception** éventuellement intégrées à l'infrastructure **Technique** du dispositif performatif :

$$L = A \leftrightarrow P(T), \text{ à prononcer } l'apathie, \text{ ou } l'appâté...$$

L'idée nécessite d'engager des mécanismes (pseudo-cognitifs) qui rendent les appareils à la fois « sensibles » au contexte (réception et « perception » des sons produits dans les alentours) et capables d'agir en conséquence (« action » visant à déclencher et modifier les processus de génération et traitement engagés). Pourvu que le dessin du dispositif électroacoustique repose sur une structure en *feedback*, les boucles action ↔ perception impliquées donnent au dispositif la possibilité de « s'écouter », de « rétroagir » et finalement de s'autocontrôler. Les conditions sont ainsi mises en place afin que le dispositif performatif puisse s'avérer être en mesure de produire, tout seul, des flux sonores suffisamment dynamiques et variés sur le court et le long temps. Le dispositif devient un réseau potentiellement autonome d'interactions sonores [Di Scipio 2003, 2008a, 2008b].

Une circonstance si particulière peut d'abord signaler que la notion de *liveness* ne peut que comporter *un minimum d'autonomie cognitive des agents impliqués par le dispositif performatif*. Et également que la moindre étincelle d'autonomie cognitive comporte le couplage

avec un espace environnant. Au niveau général, la provocation consiste à attribuer une forme de cognition, même absolument minimale, à un dispositif qui ne présente aucun agent humain, et donc à qualifier de « vivante » une unité systémique processuelle capable de s'autoréguler et de se développer sur la base du couplage de ses propres opérations vis-à-vis de l'environnement. Dans ce cas particulier, on assigne la capacité de générer des sons et de la musique à l'ensemble composé par un équipement (« milieu intérieur ») couplé par des transducteurs électroacoustiques à un espace environnant (« milieu extérieur »). L'être humain, lui, se met en retrait quelque part vers le fond, ou dans le public : là, il fait encore partie du dispositif performatif complet, mais il n'en constitue plus l'« organe vital ».

Sans doute provocatrice, une telle notion définit la *liveness* en termes strictement opératoires et constructivistes : en l'absence d'agents, déjà par définition « vivants » (tel que l'agent humain), le caractère vivant sera quelque chose qui se produira au cours de la performance, quelque chose qui arriva sans garantie, en vertu du couplage structurel entre des agents techniques (appareils et processus dessinés de façon adéquate) et l'environnement. Quel qu'il soit, l'espace local revêt ici un rôle indispensable et actif : selon ses caractéristiques acoustiques, il pourra à la fois limiter et dégager le potentiel du dispositif performatif en tant qu'unité systémique génératrice de son et de musique. On devra donc l'envisager et l'aborder moins comme une source de problèmes qu'il serait bien d'éviter, que comme une source d'opportunités qu'il serait bien de saisir (pourvu que les saisir n'engendre pas de problèmes ultérieurs). Les dispositifs audionumériques (s'il y en a) ne sont pas censés travailler simplement « en temps réel » mais « en espace réel » aussi, en fonction des circonstances sonores données et captées *in situ* pendant la performance. Pour l'essentiel, rien ne se passe qui ne soit pas directement conditionné – rendu possible, mais aussi délimité – par les données singulières de l'acoustique de la salle et de l'infrastructure technique mise en place à chaque présentation ou performance.

Une telle situation laisse entendre que, à un niveau de discours plus général, ***la notion de liveness implique que les sons se produisent à la fois « grâce aux » et « en dépit des » conditions concrètes et partagées de la performance.*** Et aussi qu'une telle circonstance puisse en quelque mesure être expérimentée autant par les performeurs que par les auditeurs. En d'autres termes, ***l'environnement devient un agent performatif.***

Discussion

En pratique, une telle démarche demande qu'un ou plusieurs parmi les appareils qui font partie du dispositif complet puissent recevoir le son d'ambiance, l'analyser en temps réel, et modifier les processus de traitement audio (ou de synthèse) en fonction de ce qu'ils « perçoivent », c'est-à-dire en fonction des données produites par l'analyse. Pour ce faire, on a recours notamment à des processus visant à analyser et « extraire » des informations du signal audionumérique, ainsi que des processus adaptatifs de traitement du signal audionumérique (nous y reviendrons plus bas avec des exemples²⁹). Si le dessin-base du dispositif repose sur une boucle en rétroaction électroacoustique (*feedback*), le dispositif devra aussi être en mesure de distinguer les sons produits par lui-même de ceux issus d'autres sources sonores : cela demande la mise en œuvre de mécanismes un peu spéciaux, intégrés aux processus audionumériques d'analyse. Notons aussi que, du fait du *feedback*, toute opération à l'intérieur du dispositif donnera lieu à un processus « récursif » : ce qui veut dire, d'une part, que chacune donnée en sortie d'une opération sera la base d'opérations successives, du même type et/ou du type différent ; de l'autre, que tout son en sortie d'un processus de traitement ou de synthèse comptera comme facteur conditionnant des opérations et des sons successifs.

Une fois démarré, un tel dispositif performatif se déroule comme unité processuelle indépendante de l'action humaine – mais toujours en conformité avec la façon dont on l'a dessiné (pas d'animisme !). Bien qu'« indépendante », elle sera évidemment conditionnée par plusieurs caractéristiques liées à la situation particulière. Elle sera donc conditionnée par des facteurs acoustiques (qui sont toujours aussi des facteurs socioculturels). Elle sera conditionnée par la position particulière de l'équipement et du public, ainsi que par les processus audionumériques qu'on aura dessinés et introduit dans la (ou les) chaîne(s) électroacoustique(s) mise(s) en place. Ces facteurs de conditionnement sont tous des sources possibles de non-linéarité (déformation du signal, de l'information), soit délibérément dessinées, soit aléatoires. En cas de *feedback*, chaque source de non-linéarité devient un opérateur non linéaire récursif, dont les résultats peuvent s'avérer imprévisibles tout au long de la performance. La récursivité non linéaire génère la prémisse nécessaire pour l'apparition progressive de phénomènes dits « émergents », à savoir

²⁹ Plus loin, après l'illustration de quelques exemples, nous voudrions poser la question : que veut dire « analyser et extraire de l'information du milieu environnant ». Comme le suggérait Heinz von Foerster, par son épistémologie constructiviste, tout processus cognitif est un processus créatif – plutôt qu'extractif – d'informations.

caractérisés par des qualités singulières d'un système qui ne peuvent exister que dans certaines conditions singulières et normalement insaisissables [Sève *et al.* 2005, Sartenaer 2010] et qui ne peuvent être attribuées qu'à l'interaction entre les composantes du système, pas aux composantes séparées. Dans notre cas, il s'agit évidemment de l'émergence de morphologies sonores dynamiques qu'on ne peut déduire qu'au niveau du réseau d'interdépendances systémiques. La circonstance est d'importance capitale afin que le dispositif puisse aboutir à produire, de façon autonome, des configurations sonores dynamiquement diversifiées sur le court et le long temps à la fois. Nous allons nous arrêter sur la notion d'« émergence » plus particulièrement au cours de la Deuxième Partie.

En termes strictement fonctionnels, un tel dispositif constitue un « système dynamique non linéaire » (au sens des sciences physiques et mathématiques [Sève *et al.* 2005]), et plus précisément un « système dynamique autonome » [Dunn 2007]. Bien qu'il soit toujours controversé et difficile de parler d'*autonomie* par rapport à des dispositifs techniques et particulièrement par rapport à des dispositifs musicaux, certaines recherches récentes ont abordé le sujet en termes avisés et valables [Bown et Martin 2012, Holopainen 2012, Bown *et al.* 2014]. Holopainen a proposé la notion d'« instrument autonome », Bown celle de « performeur autonome ». Nous parlerions ici d'« autonomie » (pas d'« automation » ou d'« automates », il faut le préciser) au sens *du comportement autorégulateur d'un système concret, dont l'autorégulation est possible uniquement par ouverture et exposition aux forces hétérogènes partageant le même environnement physique*. Il s'agira donc d'un minimum d'autonomie relative, propre à un type d'agent lequel, bien qu'artificiel, n'est pas isolé ni abstrait par rapport aux conditions contextuelles concrètes (appareils disponibles et lieu de la performance). On pourra parler, alternativement, du maximum d'autodétermination ou de « non-hétéronomie » possible [Bertschinger *et al.* 2007]. Rien n'empêche d'avoir recours aux données de contrôle préalablement programmées, en suivant un plan prédéterminé à imposer aux divers processus actifs ; cependant, toute approche d'automation centralisée (telle que celle d'un séquenceur, par exemple) affaiblit l'autonomie opératoire du dispositif complet et comporte la séparation et l'idéalisation formelle du dispositif par rapport à la situation concrète de la performance.

La différence substantielle entre l'autonomie processuelle d'une unité bio-cognitive et l'automation programmée est que la première implique une liaison constitutive et dialectique entre ouverture et clôture systémique, de toute évidence absente dans la seconde. Une unité

systemique complètement formalisée – un système purement informationnel, pour ainsi dire – est par définition indépendante de tout corps et de tout environnement³⁰. Au contraire, une unité systemique vivante (que ce soit unité biologique, écologique ou sociale) a besoin d'interagir avec tout ce qu'elle parvient à percevoir dans le monde ambiant, y compris d'autres unités systemiques (du même type ou autre) : elle s'ouvre vers l'extérieur pour se refermer sur soi, de façon continue et ininterrompue, afin de se modifier, de construire et renforcer son individualité systemique. Son autonomie est un tout avec sa dépendance de l'environnement³¹. De cette manière, elle peut aussi contribuer à l'évolution de l'environnement et à la différenciation des niches qui partagent l'environnement avec elle.

Or, notons qu'un tel jeu d'ouverture et clôture systemique est propre à toute forme de performance *live* : même le performeur humain – instrumentiste ou électronicien – connaît le risque de subir des influences inattendues en cours d'action (l'hétéronomie peut éventuellement inclure le risque de l'échec, de la faillite). Un tel risque est implicitement constitutif des « conditions de la performance ». Nous l'avons souligné déjà : lors de la performance, l'autonomie de l'agent humain est elle-même tout à fait relative. La circonstance acquiert plus d'évidence lorsqu'on examine une forme de *liveness* « artificielle », pour ainsi dire, telle que celle traitée ici, évoquée par le sigle $L = A \leftrightarrow P(T)$.

On peut alors résumer : indépendamment du corps qui l'incarne, ***tout agent donnant un caractère « vivant » à la performance comporte une certaine autonomie (relative), à savoir la capacité d'autorégulation dans la gestion de ses mécanismes en boucle action ↔ perception à travers l'environnement.***

Nous tenons à noter que ce discours n'implique aucun rapport d'équivalence formelle entre l'ensemble des appareils (système « vivant artificiel ») et le(s) performeur(s) humain(s) (système « vivant naturel ») : il ne s'agit pas de mimer ou de modéliser un performeur humain. Plus modestement, et plus concrètement, il s'agit de fonder l'autonomie d'un dispositif électroacoustique sur des mécanismes opératoires ayant la fonction d'un sous-système cognitif absolument simple et minimal. Ce sujet un peu épineux sera mieux éclairci lorsqu'il s'agira

³⁰ Dans le contexte de la théorie de l'information, plateau de base de l'informatique en général, une nette « séparation de système et environnement fait le point de départ » [Bertschinger *et al.* 2007 : 331].

³¹ Edgar Morin parle d'« autonomie dépendante » [1977 : 204 et suivantes].

d'examiner certains aspects opératoires de notre propre travail de création (dans la Deuxième Partie). Pour l'instant, il convient de noter que notre effort au regard de cette question s'inspire du programme de recherche interdisciplinaire nommé *minimal cognition*, portant sur les facultés cognitives propres aux organismes cellulaires dotés de boucles sensori-motrices tout à fait élémentaires [Etxeberria *et al.* 1994, Barandiaran et Moreno 2006, van Duijn *et al.* 2006]. Il s'agit d'une démarche scientifique dont les prémises biocybernétiques remontent aux recherches sur l'*autonomie cognitive* ainsi que sur l'*embodiment* (émergence de la conscience et de l'esprit dans et par le corps) [Maturana et Varela 1980, Castoriadis 1980b, Varela 1989a et 1989b, Varela *et al.* 1993, Froese 2011, Bich et Arnellos 2012]. Il s'agit par ailleurs d'un type de recherche envisagé depuis longtemps comme une forme d'épistémologie expérimentale [Pask 1959 et 1960, McCulloch 1964, Varela 1986, de Vijver 1992, Ceruti et Damiano 2008]. Rappelons aussi certaines perspectives de la recherche qui visent à construire des *agents autonomes* [Cariani 1992, Franklin 1997], conçus comme unités mécano-cognitives artificielles basées non pas sur des représentations symboliques préalablement encodées, mais sur les opérations de quelques terminaux sensori-moteurs couplés directement à l'environnement [Brooks 1991]. Dans des telles directions de la recherche, un « minimum cognitif » surgit du fait que l'unité systémique fait quelque chose à l'environnement tandis que, en même temps, elle subit quelque chose *par* l'environnement. Comme l'avait montré [Agre 1995], la recherche sur les « agents » et les théories de l'*agentivité* (*agency*, la capacité d'agir et d'interagir dans un environnement) comporte plusieurs connexions interdisciplinaires ayant une certaine importance dans notre démarche théorique, notamment avec la biologie, la modalisation de systèmes dynamiques, les études sur l'action, la phénoménologie.

À la fin des années 1950, Gordon Pask a développé des dispositifs électrochimiques capables de discriminer entre deux sons de fréquence différente [Pask 1960, Cariani 1992 et 1993]. Aujourd'hui, certains chercheurs en robotique et bioacoustique visent à modéliser la faculté dite *phonotaxie*, c'est-à-dire la faculté cognitive par laquelle certains insectes bougent et s'orientent dans l'espace à partir de leurs bien limités organes d'audition – cf. par exemple [Horchler *et al.* 2004].

Dans le contexte des pratiques d'art et de musique, les deux sujets principaux que nous venons juste d'examiner – autonomie processuelle (en absence de performeurs) et lien essentiel avec l'environnement – se rattachent évidemment plus à des installations d'art sonore qu'à des œuvres

de concert. D'autre part, ils se rattachent également à des approches de performance en « solo électronique ». À titre d'exemple on pourrait mentionner des installations telles qu'*Empty Vessels* par Alvin Lucier (1997), *Pea Soup* par Nicolas Collins (1976, révisée en 2001), et *A hall is all* par John Driscoll (1986). On peut aussi rappeler certaines installations plus récentes, comme *Autonomous Systems – Red Rocks* par David Dunn (de 2007) et *Sounding Out Spaces* par Lauren Hayes (de 2017), centrées sur le placement de petites unités computationnelles dans des environnements naturels [Hayes 2019]. Rappelons aussi les installations « participatives » comme *Zwischenräume*, créée à Graz entre 2013 et 2014 par Georgios Marentakis, David Pirrò et Raphael Kapeller [Marentakis *et al.* 2014] et *Netrooms. The Long Feedback* par Pedro Rebelo, en 2010³². Nous aimerions également rappeler une installation d'art intermédia créée en 1968 par le cybernéticien anglais Gordon Pask, *A Colloquy of Mobiles*, à base de dispositifs électromécaniques originaux en interaction avec l'environnement sonore et lumineux [Pask 1971, Fernandez 2009]³³. Nous nous permettons, *in fine*, de mentionner certaines de nos propres installations, comme *Sans titre 2005* et *Modes d'interférence n. 3* (2007). Parmi les performances en « solo électronique », on peut rappeler *Pescillator*, par Gordon Mumma et David Tudor (1970)³⁴, *Microphone* par David Tudor (1973) et plusieurs propositions bien plus récentes, parmi lesquelles les œuvres que nous avons nous-même créées dans le contexte du projet *Écosystème Audible* (dont nous allons parler plus loin) et le projet *Order from noise* par Dario Sanfilippo (2018).

³² *Netrooms* comporte la transmission et la manipulation, en direct *streaming* Internet, de multiples flux sonores, desquels chacun est marqué par les résonances acoustiques spécifiques de la borne Internet privée particulière.

³³ Scientifique de formation, Gordon Pask (de même que Nicolas Schoffer, Roy Ascott et d'autres) appartient à la toute première génération d'artistes-cybernéticiens travaillant au cours des années 1950 et 1960 [Burnham 1968, Apter 1969, Shanken 2002].

³⁴ Pour la précision, *Pescillator* était le titre d'une « installation performée », présentée et performée plusieurs fois pendant les jours où elle a été active, dans le Pavillon Pepsi de l'expo d'Osaka, en 1970, et jamais reprise après. Il s'agit donc d'un travail absolument éphémère, qu'on peut indifféremment regarder comme installation et comme performance. Il faut remarquer que plusieurs œuvres d'autres compositeurs de l'école expérimentaliste américaine sont présentées à la fois comme musique performée en concert ou comme installation sonore – pensons à des œuvres d'Alvin Lucier telles que *I am sitting in a room* (1970) et *Music on a long thin wire* (1977).

Il y a quelques années, Alvisé Vidolin [2002] a parlé d'« espace génératif », pour dire que le lieu du concert ou de l'installation fournit l'énergie primaire pour la réalisation de l'œuvre³⁵. Dans les quelques créations que nous venons de mentionner, l'espace de la performance est abordé effectivement en tant qu'« espace génératif ». À notre avis, cette notion comporte que le lieu est un *agent* concret et essentiel de la réalisation de l'œuvre. L'œuvre prend sa forme sonore selon la « situation » où le dispositif performatif est installé, donc en vertu d'une mise en relation précise de l'équipement avec l'environnement. L'ensemble des processus et des échanges sonores entre l'équipement et l'environnement local devient le cœur du travail de création :

équipement <-----> environnement

(iii) Hybridation. Vers une notion d'« agentivité écosystémique »

La troisième forme de *liveness* implique la rencontre et la confrontation des deux premières. Tous les agents du dispositif performatif, qu'ils soient **Humains** ou **Techniques**, sont reconnus en tant que systèmes ayant un certain degré d'autonomie d'action. Cela signifie que la dimension de la *Liveness* vient d'un ensemble hybride de boucles **Action ↔ Perception** :

$L = A \leftrightarrow P(H) + A \leftrightarrow P(T)$, à prononcer *l'apache appâté...*

Notons que l'environnement, impliqué d'abord dans la structure de chaque agent performatif individuel, devient ici aussi le médium où différents agents (performeurs et machines) se rencontrent et s'interconnectent. Cela transforme la performance en un réseau d'interactions dont le déroulement temporel émerge d'un ensemble de facteurs structurels et contingents, parmi lesquels naturellement ceux relatifs à la non-linéarité et la récursivité que l'on a déjà cités (à propos des processus de traitement et des stades de transduction de l'équipement). La condition de non-linéarité et de non-instantanéité des processus produira ou favorisera le découplage des événements sonores par rapport aux gestes du performeur. La stricte interdépendance opératoire

³⁵ Parmi les œuvres sur lesquelles Vidolin a travaillé en « réalisateur électronique » il y a *Noms des Aïrs*, « installation musicale » du type *site-specific* créée par Salvatore Sciarrino en 1994. Cette installation a été conçue comme un « parasite », se nourrissant du son de n'importe quelle musique (jouée en concert, simultanément à l'installation). Dans la première version, la musique « parasitée » était une musique d'orchestre d'Alfredo Casella, jouée au Teatro Poliziano de Montepulciano ; acquis et traité en temps réel, le son était diffusé à travers des multiples caves à vin souterraines, le caves Redi de Montepulciano (cf. [Vidolin 1996] et quelques annotations dans [Di Scipio 1998 : 146] et [Joy 2012 : 15]).

des processus, donnera lieu à la formation de structures récursives encore plus étendues et réticulaires que celles explicitement dessinées. Il s'agit donc plus d'un entrecroisement que d'une superposition des agents, plus d'une interdépendance que d'une interaction.

La présence humaine (performeurs, techniciens, auditeurs) est bien sûr une composante à part entière du dispositif performatif complet. Toutefois, le performeur devient maintenant une composante – une composante importante, pourtant *une* composante parmi d'autres – d'un tout, à savoir d'une unité systémique plus large (dispositif performatif complet). Il n'est plus, par définition, le seul agent capable d'orienter le cours des événements.

Parmi les exemples de création qui peuvent illustrer une telle notion de *liveness*, on peut mentionner plusieurs œuvres par Gordon Mumma (telle que *Hornpipe* de 1967 et d'autres fondées sur des dispositifs faits main que Mumma définit de « cybersoniques » [Mumma 2015]). Rappelons également des œuvres par d'autres compositeurs expérimentalistes, comme Alvin Lucier (*Bird and person dying*, de 1975, et *Music for piano and amplified sonorous vessels*, de 1991), David Tudor (*Fluorescent Sound*, 1964), Hugh Davies (*Quintet*, 1968), et David Behrman (*Wave Train*, 1966). Rappelons la version « avec instruments » de *Pea Soup* par Nicolas Collins. Nous avons nous-même écrit plusieurs œuvres qui peuvent servir d'exemple, à partir de *Texture-Multiple* (1993) et le quatuor *5 interactions circulaires aux différences sensibles*, 1998, jusqu'à *2 pièces de surveillance et d'écoute* (2009) [Di Scipio 2018]. D'autres œuvres – telles que *Mikrophonie II* de Stockhausen (1965), *Cello with melody-driven electronics* de David Berhman (1974), *Voyager* de George Lewis (1987), ou l'installation/performance *Hex* de Godfried-Wilhelm Raes (1982) – montrent des relations très strictes entre instruments et électronique, mais des relations plus pauvres ou très pauvres (à savoir purement fonctionnelles) avec l'environnement. Nous l'avons dit auparavant, la tripartition avancée ici illustre des conditions systémiques de la performance, mais ne prétend pas être une catégorisation rigide.

Notons que les œuvres qui viennent d'être mentionnées offrent toutes, à des différents degrés, des marges d'action plutôt libérales aux performeurs – instrumentistes, et électroniciens aussi. Cela leur donne une certaine flexibilité d'adaptation et de personnalisation vis-à-vis d'un contexte d'action où les ressources électroacoustiques et audionumériques sont intégrées en un sous-ensemble potentiellement autonome.

Discussion

Au-delà des techniques et des orientations esthétiques particulières, dans ces œuvres, le son (issu d’abord d’instruments, ou de sources aléatoires dans la salle, ou de l’effet Larsen obtenu par quelques mécanismes de *feedback*) agit sur les appareils et/ou sur l’environnement tandis que, instantanément, ces derniers à leur tour agissent sur l’émission du son. Il y a un échange – soit d’énergie acoustique soit d’information – permanente et continue, ou mieux il y a couplage structurel. Les agents ne sont plus vraiment séparés, il y a une tendance à former un réseau « dense » de relations d’interdépendance. Les conditions de la *liveness* seront redéfinies moins par *addition* que par *composition* (symbole \cap) des forces agentielles impliquées :

$$\mathbf{L} = \mathbf{A} \leftrightarrow \mathbf{P(H)} \cap \mathbf{A} \leftrightarrow \mathbf{P(T)}$$

Cela veut dire également que le contexte de la performance est effectivement *plus* que la somme (i) + (ii), il est un tout dont le potentiel est plus que la somme des parties. Et parfois *moins* ! *Plus*, en vertu de la création de boucles récursives entrelacées et de la propagation des phénomènes de non-linéarité (cela comporte une condition de « causation distribuée³⁶ »). *Moins*, à cause des contraintes que l’ensemble total des interdépendances impose aux marges d’action des agents individuels (cela comporte une condition de « causalité descendante », ou rétro-causalité, en anglais *downward causation*³⁷).

La dernière observation est bien illustrée par toutes ces circonstances où il s’avère impossible pour un performeur, en tant que partie composante du dispositif, d’achever par les appareils impliqués tout ce dont il est capable en dehors du dispositif particulier de performance. L’autonomie des agents humains n’est alors pas seulement relative, comme nous l’avions vu par

³⁶ Ça signifie qu’il n’est pas possible, étant donné un effet, de remonter à une cause unique et l’isoler d’autres causes : dans un processus dynamique non linéaire, chaque effet vient d’innombrables con-causes (*composition* des causes). On parle parfois de « causalité enchevêtrée » [Sève *et al.* 2005 : 62].

³⁷ L’idée que « le tout est à la fois *plus* et *moins* que la somme des parties » a été proposée par Edgar Morin à plusieurs reprises (cf. par exemple [Morin 1977 : 106-114]). Le tout émerge des relations entre les parties, mais, une fois émergé, il rétroagit sur les parties, en en conditionnant l’action. Lorsque l’émergence est un processus causal « ascendant » (*bottom-up*), la rétroaction sur les conditions d’émergence est un processus causal « descendant » (*top-down*). Les deux, ensemble, produisent un processus à « causalité circulaire », caractéristique des systèmes complexes. Cela rend le comportement global irréductible aux composantes partielles dont le tout est composé [Sartenaer 2010].

rapport à d'autres aspects de la performance (déterminisme de la partition, limitations des instruments musicaux, *affordances* des moyens de contrôle, etc.) : elle demeure aussi « à négocier » par rapport aux autres agents ayant un rôle dans la performance. En même temps, mais en vertu de cette même situation, le performeur pourra aboutir à des résultats musicaux qu'il ne sera jamais capable d'obtenir, en dehors du dispositif performatif particulier. L'interdépendance peut être restrictive et libératrice à la fois. Cela vaut également – il faut le souligner encore – pour les agents non humains, même si c'est à des degrés différents, évidemment. En outre, cela explique pourquoi il est une bonne idée de laisser des marges d'action importantes aux performeurs.

En tout cas, le dispositif performatif complet dépasse le potentiel d'action propre à chacun des agents impliqués. En tant qu'unité systémique, il n'est désormais plus seulement un tout *composé* mais aussi un tout *complexe*, fondé par une relation symbiotique où chacune agent dépend de l'autre, tout en ayant des fondements indépendants. On pourra regarder le dispositif complet lui-même comme ayant une capacité agentielle émergente, que nous proposons de penser comme *agentivité écosystémique*. Il s'agit donc d'un agent à constitution intrinsèquement composée et hybride, comprenant l'espace de la performance comme un de ses composantes constitutives [Di Scipio et Sanfilippo 2019]. « Hybride », ici, signifiera « mixte d'humain et de non-humain » (à la Simondon), certes, mais plus précisément « au milieu », « à moitié » entre humain et non-humain – en admettant qu'on puisse appeler « non-humains » les appareils et le lieu disponible pour accueillir la performance. Il signifiera également « voulu et influencé par le performeur et à la fois toujours sur le point d'échapper à son contrôle total ».

À notre avis, c'est la constitution d'un agent de ce genre qui autorise à concevoir le dispositif performatif en tant qu'« écosystème performatif ». Cela implique une notion de *liveness* qui renvoie à une relation mutualiste et littéralement symbiotique, c'est-à-dire de « connivence » – en quelque sorte, il s'agit proprement de « vivre ensemble » et même de « vivre avec ». Pour le travail concret de création, la question essentielle est d'articuler, désarticuler et finalement composer la relation à trois temps :



1.3 Rendre audible la « condition technologique » du « vivant »

Les trois notions de *live* que nous venons d'examiner montrent trois niveaux d'implication et d'enchevêtrement entre les agents performatifs. En résumant, on passe

- d'une perspective plutôt commune, ayant tendance à « instrumentaliser » les ressources disponibles ;
- à une perspective expérimentale, impliquant l'hypothèse même de l'autonomie d'action de machines couplées à l'espace acoustique circonstant ;
- pour aboutir finalement à une perspective qu'on est tenté d'appeler réaliste, pour dire qu'elle prend en compte la complexité des tessitures et des boucles reliant les différentes ressources performatives.

Comme plusieurs formes de la création contemporaine le montrent, ce sont trois façons d'aborder le *devenir-milieu* de la technique de notre époque, et d'identifier la place de l'humain dans un tel contexte d'expérience. Ce que les deuxième et troisième perspectives ajoutent à la première, c'est la possibilité de relier les conditions concrètes de la performance autant avec la « question technologique » qu'avec la « question écologique », en considération du fait que ces deux grandes questions de notre temps ne sont aucunement séparées (du moins dans la perspective systémique de l'écologie générale).

La tentative de regarder et examiner le dispositif de la performance électroacoustique comme écosystème hybride, situé dans un espace concret, vise précisément à tenir ensemble des sujets apparemment distants, et à raccorder donc les deux prémisses historiques à la base de notre discours – le « devenir-milieu de la technique » et le « devenir-son de la musique ». Elle vise à donner un fondement à l'idée selon laquelle *les pratiques électroacoustiques « live » (avec ou sans instrumentistes, en situation de concert, d'installation ou autre) rendent sensible à l'oreille la manière dont nous conduisons notre vie à l'intérieur du milieu d'existence entièrement technicisé*. Situées dans le contexte social plus large, ces pratiques se montrent vouées, de façon plus ou moins explicite, à négocier *la relation entre moyens et fins par rapport au contexte des circonstances environnantes*. Ce sont alors des pratiques de subjectivation qui posent, de façon concrète et circonscrite, des questions plus larges, ayant évidemment des implications politiques (ou simplement pédagogiques).

De telles circonstances font bon ménage avec l'exigence de saisir *son et musique* comme *le devenir-audible du jeu d'autonomie et hétéronomie* demeurant au cœur des plus différents contextes de production de la subjectivité individuelle et collective. Exigence à laquelle, cependant, nous ne pouvons nous tourner que vers la conclusion de la thèse.

1.3.1 Paradigme « faible » et « fort » de la *liveness*. Esquisse d'un cadre analytique

Pour conclure cette Première Partie, nous voudrions introduire ci-dessous une table contenant un schéma analytique très simplifié mais peut-être utile pour apporter quelques clarifications face à la pluralité des pratiques performatives et installatives. En s'appuyant sur le discours jusqu'ici exposé, ce schéma repose sur un critère de « densité connective », c'est-à-dire sur *le degré d'interdépendance dynamique entre les agents performatifs*. Cela comporte un axe de classification, aux extrêmes inférieur et supérieur duquel on aura ceux que nous proposons d'appeler *paradigme faible* et *paradigme fort* de la *liveness* :

- bas degré d'interdépendance = ***paradigme faible***
plus proche (mais pas nécessairement équivalent) d'une notion « instrumentale » et déterministe des ressources humaines, techniques et environnementales, et impliquant normalement la séparation de principe entre elles ; l'agentivité performative est assigné uniquement au(x) performeur(s) et l'interaction s'approche d'une logique de « commande » (réaction coordonnée à l'action, plus ou moins prévisible selon les cas particuliers) ;
- haut degré d'interdépendance = ***paradigme fort***
plus disponible pour prendre en compte l'autonomie (relative) des agents, basé sur la concrète intégration des agents dans une unité d'ordre supérieur, et ayant une potentielle agentivité écosystémique ; l'interaction devient un processus multi-agent comportant des codéterminations réciproques continues.

Entre les deux extrêmes, il y a évidemment une vaste gamme de niveaux intermédiaires comme le montrent les nombreux exemples cités dans le schéma ci-dessous. Il va de soi que cette classification n'implique aucun jugement normatif-esthétique : elle vise simplement à éclaircir les différences d'approche qu'on peut retrouver dans la création récente et contemporaine au regard des relations entre être humain, machine et environnement.

Première Partie

Pratiques	<i>Liveness</i> *	Annotations	Exemples
* Degré de connectivité ou d'interdépendance dynamique entre les agents performatifs (Humains, Techniques et Environnementaux)			
Musique mixte/1 Instrumentistes, assistants divers (régisseur du son, etc.)	—	Synchronisation obligée entre performeurs et support	Davidovsky : <i>Synchronism n° 1</i> Stockhausen : <i>Kontakte</i> Xenakis : <i>Analogique A/B</i>
Musique mixte/2 Instrumentistes, assistants	—	Synchronisation et/ou remix du support en direct	Kagel : <i>Transición II</i> Maderna : <i>Musica su due dimensioni</i> Nono : <i>La lontananza...</i>
Remix Électroniciens, assistants	—	Sons fixés mais rangés en direct (séquences non prédisposées)	Pousseur : <i>Paraboles-Mix</i>
Installation sonore/1	—	Sons fixés	Branchi : <i>Intero</i> ³⁸ Neuhaus : <i>Times Square (site-specific)</i> ³⁹ Zuccheri : <i>Parete 1967 per Emilio Vedova (site-specific)</i>
Installation sonore/2	—	Sons fixés mais rangés par des processus aléatoires, pendant l'installation	Essl : <i>fLOW</i> Eno : <i>77 millions paintings</i>
Musique mixte/3 Instrumentistes, synthétistes, assistants	Faible	Instruments traditionnels + instruments électroniques (synthétiseur ou autre)	Harvey : <i>Advaya</i> Hindemith : <i>Concertino</i> Murail : <i>Treize couleurs du soleil couchant</i>
Solo synthétiseur(s) synthétistes, assistants	Faible	Jeu d'instruments électroniques (synthétiseur ou autre)	Bischoff : <i>Audio Wave</i> Grainger : <i>Free Music n° 1 et n° 2</i> Hindemith : <i>7 triostücke</i> Messiaen : <i>Fêtes des belles eaux</i> Grainger Waiswiz : <i>The Hands</i>
Instr. + traitements/1 Instrumentistes, électroniciens, assistants divers (réalisateurs, régisseurs du son)	Faible	Instantanéité et linéarité des traitements temps réel	Boulez : <i>Répons, Anthèmes II</i> Manoury : <i>Pluton, ...</i> Maresz : <i>Metallics</i>

³⁸ Walter Branchi appelle « ascolti » (« écoutes », « séances d'écoute ») les présentations de son œuvre *Intero*. Chaque présentation comporte la diffusion de sons de durée plus ou moins étendue, préalablement synthétisés et fixés sur support, dans des contextes extra-musicaux : souvent faibles mais bien audibles, les sons se mêlent aux sons et bruits du lieu de sorte que ces derniers, par contraste, acquièrent une nouvelle évidence perceptive. Au niveau strictement opératoire, c'est la même approche que *Times Square* de Neuhaus, mais déliée d'un endroit spécifique : le choix du lieu est regardé par Branchi comme un facteur créatif de chaque performance/présentation. Une présentation est toujours un segment partiel d'*Intero*, œuvre-système comprenant un très grand nombre de segments particuliers séparément présentés.

³⁹ Dans cette table la locution « *site-specific* » indique que l'œuvre est conçue de façon exclusive pour un lieu particulier, tandis qu'« espace réel » indique que le lieu (n'importe lequel) est impliqué en tant qu'agent performatif.

Première Partie

Solo electronics/1 Électroniciens, assistants (réalisateurs, régisseurs du son)	Moyen	Instantanéité et linéarité des traitements temps réel + personnalisation ou improvisation par les performeurs	Cage : <i>Cartridge Music, Radio Music...</i> Stockhausen : <i>Mikrophonie I, Mikrophonie II, Solo</i> Collectives : Gentle Fire, MEV, ...
Instr. + traitements/2 Instrumentistes, électroniciens, assistants divers	Moyen	Non-instantanéité et/ou non-linéarité des traitements temps réel + forte personnalisation ou improvisation par les performeurs	Berhman : <i>Cello with Melody-Driven Electronics, On the other Ocean</i> Lewis : <i>Voyager</i> Collectives : The Hub, ...
Installation sonore/3 (avec éventuelles actions des visiteurs)	Moyen	Instantanéité et linéarité des traitements + situation « espace réel »	Tudor : <i>Rainforest IV</i>
Instr. + traitements/3 Instrumentistes, électroniciens, assistants divers (réalisateurs, régisseurs du son)	Moyen	traitements temps réel + situation « espace réel »	Hervé : <i>Germination</i> (site-specific) Nono : <i>Post-Praeludium, A Pierre...</i>
Solo electronics/2 Électroniciens, assistants (réalisateurs, régisseurs du son)	Forte	Non-instantanéité et/ou non-linéarité des traitements temps réel + situation « espace réel » + forte personnalisation ou improvisation par les performeurs	Davies : <i>Quintet, ...</i> Di Scipio : <i>Background Noise Study</i> Lucier : <i>I am sitting in a room, Birds and person dying</i> Nakamura : <i>NIMB</i> Sanfilippo : <i>Order from noise</i> Tudor : <i>Fluorescent Sound</i> (site-specific)
Instr. + traitements/4 Instrumentistes, électroniciens, assistants divers (réalisateurs, régisseurs du son)	Forte	Non-instantanéité et/ou non-linéarité des traitements temps réel + situation « espace réel » + forte personnalisation ou improvisation par les performeurs	Behrman : <i>Wave Tain, ...</i> Di Scipio : <i>Texture-Multiple, Deux pièces de surveillance et d'écoute, Background Noise Study in the Vocal Tract. Modes d'interférence n° 1 et n° 2</i> Lupone : <i>Grancassa</i> Mumma : <i>Hornpipe, ...</i>
Installation sonore/4 (avec éventuelles actions des visiteurs)	Forte	Non-instantanéité et/ou non-linéarité des traitements temps réel + situation « espace réel »	Di Scipio : <i>Sans titre 2005, Sans titre 2008, Sans titre 2016, Modes d'interférence n° 3</i> Driscoll : <i>A Hall is All</i> Dunn : <i>Autonomous systems – Red Rocks</i> (site-specific) Hayes : <i>Sounding Out Spaces</i> (site-specific) Lucier : <i>Music on a long thin wire, Empty Vessels</i> Lupone : <i>Forme immateriali</i> (site-specific) Sciarrino : <i>Noms des aires</i> (site-specific)

PARTIE II

L'ÉCOSYSTÈME PERFORMATIF À L'ŒUVRE

Life cannot be studied in vitro, one has to explore it in vivo.

[Heinz von Foerster 2003 : 248]

Toutes les parties de l'organisme forment un cercle.

Par conséquent, chaque partie est à la fois le point de départ et la fin.

(Hippocrate, ca. 400 av. J.-C. cité dans [Paul Watzlawick *et al.* 1971 : 39])

*Autonomy and diversity, the maintenance of identity and the origin of variation
in the mode in which this identity is maintained, are the basic challenges presented by the
phenomenology of living systems...*

[Francisco Varela 1979 : 3]

*...one foot planted in the craft work of design
and the other foot planted in the reflexive work of critique...*

[Philip Agre 1997 : 147]

2.1 Introduction

La Deuxième Partie vise à décrire les critères opératoires les plus importants et caractéristiques de quelques-unes parmi mes œuvres plus ou moins récentes. Cela pourra servir à éclaircir les questions au sujet de la *liveness* traitées dans la Première Partie, ainsi qu'à aborder d'autres sujets d'intérêt particulier par rapport aux noyaux thématiques principaux. L'attention majeure sera portée sur une notion forte du caractère « vivant » de la performance, c'est-à-dire sur une forme d'*agentivité écosystémique* émergeant d'un dispositif performatif de nature hybride et caractérisé par un haut degré d'interconnexion et d'interdépendance opératoire entre agents humains (performeurs) et « non humains » (équipement et environnement).

La discussion est centrée sur un cycle de quatre *Études*, dont la première remonte à 2002, tandis que la quatrième a été créée en 2019. Ce sont des musiques de concert et des installations sonores basées sur un réseau d'interactions entre l'équipement électroacoustique, quelques processus de traitement audionumériques, et l'acoustique du site de la performance. Après quelques remarques préliminaires, je vais directement traiter les processus opérant le fonctionnement concret de ces œuvres, au moment de leur présentation en public.

2.1.1 Vue d'ensemble du projet *Écosystémique audible*

En 2002, après avoir composé plusieurs œuvres pour instruments (solistes ou petits ensembles) et dispositifs audionumériques en direct, j'ai senti le besoin de mettre en chantier un projet un peu spécial, devenu plus tard un travail de « recherche-crédation » à long terme. Dans l'ensemble, je l'appelle projet *Écosystémique audible*¹. À présent, il consiste en quatre œuvres principales pour dispositifs électroacoustiques et audionumériques en solo (sans instruments) :

- *Écosystémique audible n° 1a/Étude de la réponse impulsionnelle*. Œuvre de concert de 2002, soumise à de nombreuses révisions (dernière révision présentée au Festival d'Automne de Varsovie, 2019).

¹ Le titre italien *Ecosistemico udibile* a souvent été traduit *Écosystèmes audibles* (allemand *Hörbare Ökosysteme*, anglais *Audible Ecosystems*). Une telle traduction comporte un petit décalage sémantique, normalement négligeable. Ici, je préférerais utiliser une formulation française plus proche de l'original italien, *Écosystémique audible* (anglais, *Audible Ecosystemics*).

Deuxième Partie

- *Écosystémique audible n° 2a/Étude du feedback*. Œuvre de concert créée en 2003 à l'invitation de l'IPEM de Gand.
- *Écosystémique audible n° 3a/Étude du bruit de fond*. Œuvre de concert créée entre 2004 et 2005, à l'invitation du DAAD de Berlin. Parfois présentée aussi comme installation sonore.
- *Écosystémique audible n° 4/Étude du silence*. Œuvre de concert et/ou installation sonore, créée en 2019 (au Centre National de la Danse, Pantin, à l'initiative de l'équipe de recherche MUSIDANSE de l'université Paris VIII).

Pour certaines parmi elles, il existe une ou plus versions alternatives :

- *Écosystémique audible n° 1b/Étude de la réponse impulsionnelle (avec percussions)*. Œuvre de concert avec un ou plusieurs percussionnistes (ils jouent des petits bois et d'autres idiophones, ou battent leurs mains).
- *Écosystémique audible n° 2b/Étude du feedback (installation sonore)*. Installation sonore créée en 2004 à l'invitation des organisateurs du séminaire « Media and Beyond. Corporealities and Crises », Johannes-Gutenberg Universität, Mainz. Parfois présentée aussi comme performance (avec quatre performeurs manipulant les microphones avec des verres ou d'autres petits vases).
- *Écosystémique audible n° 3b/Étude du bruit de fond (dans le canal vocal)*. Œuvre de concert commandée en 2005 par le DAAD de Berlin, avec un(e) interprète utilisant sa bouche comme petit espace clos de forme variable (sans chanter). Une version polyphonique, à trois bouches, a été créée en 2014 pour le « Colloquio di Informatica Musicale » (EMU-Festival, Rome).
- *Écosystémique audible n° 3c/Étude du bruit de fond (avec déplacement des micros)*. Œuvre de concert de 2014, identique à la n° 3a, mais avec des options particulières (repositionnement des microphones au cours de la performance).

Dorénavant, je vais évoquer chacune de ces œuvres par son sous-titre (*Étude de...*). En outre, je vais continuer à les définir en tant qu'« œuvres », comme je viens juste de faire, tout en sachant qu'une telle définition entraîne des catégories esthétiques plutôt problématiques dans le contexte particulier.

La performance de ces œuvres nécessite quelques microphones et quelques haut-parleurs, ainsi qu'un système programmable de traitement numérique du signal (ordinateur, logiciel, interface audio). Elle nécessite aussi un mixer (mélangeur), à utiliser normalement de façon plutôt active, presque comme un instrument de musique (à cette fin un mélangeur analogique est plus approprié

Deuxième Partie

qu'un mélangeur numérique). Le placement des microphones et des haut-parleurs est très important et doit être étudié selon certaines directions générales : les microphones sont placés à différents endroits de la salle, à une certaine distance des haut-parleurs ; les haut-parleurs sont positionnés soit autour du public, soit de manière moins conventionnelle, asymétrique ; ils sont orientés face aux parois (si rien ne l'empêche). Tout cela implique forcément une prise et une diffusion de son inhabituelles, mais utiles pour maximiser les réflexions acoustiques de la salle dans le processus performatif, donc pour saisir la « présence audible » de l'environnement particulier. Après tout, il s'agit d'œuvres de « musique électronique de chambre² ».

Pour chaque œuvre, il y a de la documentation fournissant des directions détaillées, des consignes et des schémas visant à expliquer la mise en œuvre du dispositif performatif complet et la manière de le gérer durant la performance. Je regarde une telle documentation comme une « partition » à part entière. Bien que « détaillées », les directions qu'elle contient laissent une certaine marge d'initiative au(x) performeur(s). Sauf dans la partition d'*Étude du bruit de fond (dans le canal vocal)*, il n'y a aucune temporisation spécifique, aucun renseignement à propos de la durée globale et du déroulement du processus performatif. Il y a cependant une description générale de ce qu'on peut faire afin d'explorer le processus de génération du son mis en action, surtout en manipulant le mixer et d'autres composantes de l'infrastructure technique.

Pour la plupart, les procédés audionumériques requis – décrits, dans la partition, en forme de schéma-blocs pour la programmation à l'ordinateur – constituent des processus plutôt élémentaires, aisément réalisables par n'importe quel système audionumérique en temps réel : il n'y a pas besoin d'un logiciel spécifique. L'interprétation de ces œuvres comporte, tout du début, le « portage informatique » des processus audionumériques qu'elles impliquent. Personnellement, j'utilise depuis longtemps le système Kyma³, mais ces œuvres ont été présentées, au fil des ans, en ayant recours aussi à d'autres ressources de programmation, telles que MaxMSP (portage par

² J'emprunte l'expression au compositeur Marco Stroppa, qui cependant l'utilise de façon différente.

³ Kyma est un système audionumérique consistant en un groupe de microprocesseurs « dédiés » et un logiciel pour la programmation graphique de haut niveau [Scaletti et Hebel 1991, Scaletti 2002, Heying 2019].

Deuxième Partie

Giorgio Klauer, Peiman Khosravi et d'autres) et Pure Data (portage par Marco Matteo Markidis et d'autres). Pour *Étude du silence*, j'ai moi-même travaillé avec Pure Data⁴.

2.1.2 Autres œuvres

J'ai utilisé des critères similaires à ceux développés pour le projet *Écosystémique audible* dans la réalisation d'autres œuvres. Toutefois, je ne mentionnerais d'autres œuvres que pour signaler, à l'occasion, quelques aspects plus particuliers d'intérêt indirect par rapport aux questions centrales de la thèse. Parmi lesquelles trois installations sonores, *Sans titre 2005* (commande DAAD, Berlin 2005), *Sans titre 2008* (commande DAAD, Berlin 2008) et *Sans titre 2016* (commande du festival SPOR, Aarhus, Danemark, 2016), ainsi que *Machine Milieu* (2014-2015), un projet à caractère performatif en duo avec Dario Sanfilippo. Je voudrais aussi rappeler des œuvres pour instruments et dispositifs électroacoustiques et audionumériques, telles que *2 pièces d'écoute et surveillance* (avec flûte, 2009-2012), *2 pièces avec répertoire de musique pour cordes* (avec violon et violoncelle, 2012), *Dal fondo* (avec piano, commande GRM pour le festival Multiphonies, créée en 2014 dans la salle Messiaen de Radio France à l'occasion de la réouverture, avec Ciro Longobardi au piano⁵), et *Les débris de la contingence* (avec violon, 2017). Je vais laisser de côté les travaux du projet *Modes d'interférence*⁶ ainsi que quelques travaux basés sur le recyclage d'appareils analogiques⁷.

⁴ Pure Data est un logiciel *open source* (contrairement à Kyma, qui est un système propriétaire), dont la performance dépend forcément de la vitesse de l'ordinateur sur lequel il est installé [Puckette 1996, Puckette 2006, Zimmer 2006, Farnell 2010]. J'ai utilisé Pure Data pour la plupart de mes œuvres après 2006.

⁵ « Dal fondo » : la traduction française correcte serait « du fond » – complément circonstanciel de lieu (« partant du fond », « provenant du fond »), non pas au sens d'appartenance (« qui appartient au fond ») ni au sens prépositionnel (« à propos du fond »). En italien, justement « dal », non pas « del ».

⁶ *Modes d'interférences n° 1* (trompette et dispositif de traitement, 2006), *Modes d'interférences n° 2* (saxophone et dispositifs de traitement, 2006) et *Modes d'interférences n° 3* (installation sonore basée sur de nombreuses guitares électriques, gérées directement par un ordinateur, 2007). Ces travaux sont conçus de façon spéciale pour explorer le *feedback* électroacoustique dans des instruments musicaux.

⁷ Dans cette catégorie un peu particulière rentrent des œuvres telles que *Modes d'interférences n° 4* (installation à base de haut-parleurs démontés et ré-assemblés, 2010-2011), *Upset* (coauteur Mario Gabola, avec plusieurs circuits électroacoustiques recyclés, saxophone, archives audio diverses, 2010-2011), *Sans titre 2011* (pièce de concert pour

Deuxième Partie

2.1.3 Tâche de la description

Comme prévu, la tâche ici n'est pas d'analyser les œuvres citées⁸, mais d'examiner les critères opératoires partagés par les *Études* du projet *Écosystémique audible*. L'exposé sera divisé en trois chapitres : (2.2) génération du son (mieux caractérisée comme « émergence » du son), (2.3) procédés de traitement (« émergence » du geste et de l'évolution temporelle), et (2.4) critères de contrôle et d'autorégulation dynamique, en tant que strictement intégrés aux processus susmentionnés. Ensuite, nous pourrions tirer quelques conclusions et résumer les éléments les plus importants pour bien déterminer le caractère « écosystémique » et le registre métaphorique « bio-cognitif » opérationnalisés par le dispositif performatif complet.

une voix, dispositifs analogiques, et sons sur support multipiste), *Chorale* (pour quatre voix et dispositifs analogiques, 2015), et *Impédance* (pour plusieurs performeurs/danseurs et dispositifs analogiques, 2015).

⁸ Je me permets de renvoyer aux articles recueillis dans [Schröder 2011] et [Solomos 2014], ainsi qu'à [Meric 2008, Meric et Solomos 2011] et finalement à quelques-uns de mes propres écrits [Di Scipio 2003, 2008a, 2011, 2018] et [Di Scipio et Sanfilippo 2019].

2.2 Circuits de génération du son (CGS). L'émergence du son

D'abord, comment arrive-t-on à produire du son, au moment de la performance de ces œuvres ?

Je vais examiner quatre différents « circuits de génération de son » (CGS), composés d'éléments analogiques (transducteurs, amplificateurs, etc.), numériques (logiciel de traitement du signal) et mécaniques (structure de résonance d'un endroit clos, que ce soit une salle de concerts, le tuyau d'une flûte, l'intérieur d'un piano ou d'une bouche, ou d'une bouteille...). Ces circuits seront tous potentiellement des « circuits fermés », c'est-à-dire des systèmes en boucle (*feedback*). Selon les cas, la boucle de rétroaction pourra être soit simple (un seul flux d'énergie ou d'information) soit composée (flux multiples).

Les procédés audionumériques utilisés sont des algorithmes de calcul numérique *en temps réel*, dessinés et développés spécifiquement pour les œuvres susmentionnées. La locution « temps réel » sera entendue ici au sens technique du terme, relativement à des procédés de calcul numérique capables de piloter un événement physique à la vitesse requise par l'évolution de ce dernier : il s'agit alors de calcul d'échantillons numériques dont l'exécution ne présente pas de temps de latence audible (déphasage, décalage temporel) par rapport à la vitesse de conversion sonore des mêmes échantillons ; en tout cas, la latence devra être au maximum de quelques millisecondes, inférieure en tout cas à 20 ms⁹. Précisons aussi que, dans la plupart des cas, nous allons discuter d'algorithmes de *traitement* – tout en parlant de « *génération* du son » ! (Cela va s'éclaircir bientôt). Enfin, par « traitement » on entend la transformation d'un signal numérique obtenu par échantillonnage en temps réel. Les traitements discutés consistent normalement en quelques opérations assez simples, voire basiques du point de vue disciplinaire du *digital signal processing* : opérations arithmétiques élémentaires, opérations de délai (écriture d'échantillons dans des bancs de mémoire numérique) et de lecture (indexation dynamique des bancs de mémoire). Lorsque nécessaire, je vais introduire des notations mathématiques absolument simples, la plupart sous forme d'équation aux différences discrètes. Comme déjà noté auparavant, les algorithmes de traitement du signal ont été mis en œuvre par l'auteur, en utilisant à la fois

⁹ Tout en adoptant une définition strictement technique, n'oublions pas la polysémie des termes tels que « temps réel » et « temps différé » [Manoury 2007, Barkati 2009a et 2009b].

Deuxième Partie

Kyma ou Pure Data. Les détails de programmation à l'ordinateur seront laissés de côté ; les quelques détails indispensables seront traités en termes génériques, sans s'appuyer sur aucun outil logiciel spécifique.

2.2.1 Circuit « Larsen autorégulé » (LAR)

Un microphone et un haut-parleur sont placés dans une salle de concert (ou autre espace), peu éloignés des parois. Appelons le micro M1, le haut-parleur H1 et la salle A, agencés en séquence pour former une chaîne électroacoustique : $M1 \rightarrow H1 \rightarrow A$. Il n'y a rien que M1 doive capter, aucune source sonore sinon la turbulence minimale du bruit de fond d'A. Il vaudra mieux utiliser un microphone à condensateur large membrane, plus sensible aux sons d'ambiance qu'un micro dynamique. Ce « son-de-rien » est amplifié et envoyé à H1, qui le projette de nouveau dans A. Si le niveau d'amplification suffit, le son de H1 sera capté de nouveau par M1 : la chaîne alors se ferme en boucle, pour déterminer un circuit de réinjection ou de « rétro-alimentation » – bref, il y a du *feedback*. Le niveau d'amplification correspond au « gain de *feedback* ». Le premier effet consistera à engendrer une nuisance souvent appelée « halo sonore » : la réinjection s'estompe plus ou moins rapidement, de sorte que l'ensemble « équipement + salle » fonctionne comme une sorte de chambre de réverbération, ayant cependant une couleur sonore généralement peu agréable. Avec un gain majeur, la boucle électroacoustique peut accumuler assez d'énergie pour entrer en régime d'auto-oscillation : le spectre très large du bruit de fond initial (presque inaudible) se réduit rapidement à une seule fréquence ou à quelques fréquences, mais d'intensité assez forte. C'est ce qu'on appelle l'« effet Larsen ». Appelons ce simple circuit électroacoustique **FBP** (*feedback* positif) :



Fig1-1

L'astérisque « * » désigne un multiplicateur égal ou supérieur à 1 (facteur d'amplification ou « gain » du *feedback*).

Le contenu spectral (fréquences partielles) et la courbe de croissance du son qui se produit ne dépendent pas uniquement du gain de *feedback*, mais d'une pluralité d'autres facteurs, parmi lesquels la distance de M1 à H1, la position de M1 et H1 à l'intérieur d'A, la taille et les propriétés acoustiques d'A (qualités temporelles et spectrales liées à la géométrie ainsi qu'aux matériaux de construction). Par ailleurs, ils dépendent aussi des caractéristiques de transduction

Deuxième Partie

de M1 et H1 (largeur de la réponse fréquentielle, sensibilité, directivité, etc.), conformément à leur structure mécanique et électronique. La plus petite non-linéarité dans le fonctionnement des transducteurs analogiques constitue un facteur actif du circuit, contribuant à influencer le son qui se produit.

Pour éviter des pics d'intensité excessive du Larsen, peu agréables, voire gênants pour l'oreille humaine, on pourrait introduire des filtres entre M1 et H1. D'autre part, on devra aussi rappeler qu'il y a des limites intrinsèques à l'énergie accumulée par le *feedback* dues aux caractéristiques de transduction de M1 et H1 et aux stades d'amplification électronique (symbolisés ci-dessus par « * ») ; c'est pourquoi, au-dessus d'un certain niveau d'amplification on n'obtiendra qu'une « saturation » du signal (distorsions harmoniques et autres épiphénomènes qui vont modifier le spectre) au lieu d'une croissance ultérieure d'intensité sonore.

Dans l'emploi commun des systèmes électroacoustiques, l'apparition de sons de Larsen est un problème, une nuisance qu'il faut absolument annuler ou minimiser. Quand la manipulation prudente de l'amplification ne suffit pas, on utilise souvent des trucs professionnels appelés « *feedback killer* » ! Ici, au contraire, l'effet Larsen est pour nous une ressource fondamentale, une source sonore à partir de laquelle vous pouvez développer une forme musicale. Pour saisir la chance, cependant, on a besoin d'affiner un peu le circuit FBP.

Le signal de M1 est envoyé à l'ordinateur, numérisé et segmenté en blocs successifs – ou « fenêtres » du signal. Ainsi traité, le signal peut être soumis au calcul de la pression quadratique moyenne (RMS, *root mean square*), typiquement évoquée comme mesure de l'énergie du signal :

$$y_k = \sqrt{(1/N) \cdot (|x_{k,n}|^2 + |x_{k,n-1}|^2 + \dots + |x_{k,n-N}|^2)}$$

$$y_k = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^{n=N} |x_{k-n}|^2}$$

Form1-1

Ici y_k est la valeur d'amplitude pour l'échantillon k , tandis que $x_{k,n}$ est la séquence des échantillons d'une fenêtre du signal, et N est le nombre d'échantillons par fenêtre (équivalente à une durée de quelques centièmes ou dizaines de centièmes de seconde, selon la fréquence d'échantillonnage du système audionumérique utilisé).

Si x_k est un signal oscillant dans une plage d'amplitude normalisée $[-1, 1]$, le signal obtenu y_k sera positif dans une plage positive $[0, 1]$. L'opération équivaut à une forme de filtre numérique tout à fait basique, à savoir un filtre passe-bas à *réponse impulsionnelle finie* (RIF) fournissant

Deuxième Partie

une estimation de l'amplitude variable du signal (on parle parfois de « filtre intégrateur »). Effectivement, dans notre cas, l'amplitude variable – ou « enveloppe » du son – est un *signal à basse fréquence* qui suit la variation d'énergie du son capté par M1. C'est un processus bien connu, du type « extraction de l'enveloppe » ou « suivi d'intensité ». C'est probablement l'exemple le plus simple d'« extraction de caractéristiques » du son [Widmer *et al.* 2005 : 164-165]. Nous y reviendrons plus bas (2.4).

Avant d'utiliser le signal obtenu, il faut en effectuer la complémentation : $1 - y_k$. Cela représente une opération très simple de *mapping* (« mise en correspondance ») : la plage de la variation d'amplitude [0, 1] est renversée en [1, 0] (plus loin, on se penchera sur des exemples de *mapping* un peu plus raffinés [2.4.5]). Appelons le signal complément ainsi obtenu CNTRL. Il servira à actualiser le gain de *feedback* de façon dynamique :

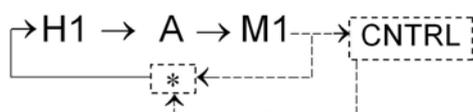


Fig1-2

Les opérations dénotées par des lignes segmentées sont effectuées par traitement audionumérique.

Appelons **FBN** (*feedback* négatif) le circuit obtenu, où le gain variable va changer en proportion inverse du niveau d'amplitude du son en entrée. Cette sorte de « changement de niveau adaptatif » [Verfaille 2003 : 162], enchâssé dans la structure du circuit de *feedback*, introduit un régime d'autorégulation : le gain dû au FBP est contrebalancé par la perte due au FBN et vice-versa. Donc, lorsque l'intensité du son Larsen croît, le gain s'affaiblit, en évitant des niveaux d'amplitude excessifs ; d'autre part, lorsque le Larsen s'affaiblit ou disparaît (silence), le gain croît, en accroissant la possibilité du retour du Larsen.

L'autorégulation dynamique du circuit sera elle aussi influencée par plusieurs circonstances contingentes – rappelons-les : l'acoustique de la salle (du moins à proximité de M1 et H1) et les caractéristiques de transduction de M1 et H1. Toutefois, elle dépendra aussi de la taille de la fenêtre d'intégration temporelle imposée au processus de suivi d'intensité (la valeur N dans le calcul RMS), laquelle donne une certaine « granularité » au signal CNTRL (la vitesse de sa mise à jour au fil du temps). Quand ces multiples facteurs sont bien équilibrés, en théorie, le circuit produira un son soutenu et (presque) stable, de spectre (presque) sinusoïdal ou un peu plus riche : alors le circuit entier devient un simple oscillateur ! Mais un oscillateur de structure hybride

Deuxième Partie

(transducteurs analogiques, traitement numérique, propriétés acoustiques de la salle) et toujours exposé aux turbulences acoustiques de l'environnement, sensible au contexte.

Notons que, jusqu'ici, M1 sert à la fois de source des sons Larsen (FBP) et de source d'information d'amplitude pour le mécanisme d'autorégulation (FBN). Une telle circonstance comporte un degré de déterminisme : un même changement dans le signal de M1 produira des changements « parallèles », pour ainsi dire, chez les deux mécanismes, même si ces derniers demeurent toujours exposés aux conditions acoustiques sous-déterminées, aléatoires, de A. Introduisons un second microphone, M2, en position pas trop près de M1, ayant le rôle exclusif de source de contrôle (FBN), en laissant à M1 le rôle exclusif de source du Larsen. C'est une modification importante du circuit qui découple les deux mécanismes, en renforçant en même temps leur mutuelle dépendance au bruit d'ambiance. De ce fait, dans son comportement dynamique, le circuit devient plus sensible à l'environnement sonore. Noués l'un à l'autre par la médiation acoustique de la salle, *feedback* positif et *feedback* négatif créent finalement un circuit bi-annulaire, une double boucle que nous appellerons **LAR** (« Larsen autorégulé »).

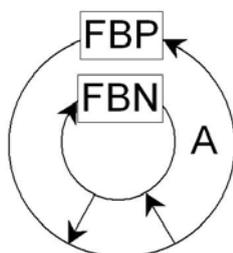


Fig1-3

Aussi simple qu'il puisse paraître, un tel circuit ouvre une vaste gamme de possibilités à essayer soigneusement : différents types de microphone et de haut-parleurs (différents par leur réponse fréquentielle, sensibilité et directivité) pourraient favoriser plusieurs comportements ; la distance entre micros et haut-parleurs, leur position particulière à l'intérieur de la salle pourraient solliciter de légers délais et déphasages qui, eux-mêmes, vont modifier le comportement temporel du circuit. En vertu de ses propriétés acoustiques particulières, l'espace local environnant A est à regarder comme partie intégrante du circuit LAR : par FBP, il fonctionne comme un *espace génératif* (il produit du son) ainsi que comme un *espace de projection* (il reçoit du son) et finalement comme un *espace de résonance* (il filtre le son qu'il reçoit) ; par FBN, il est aussi source de l'information nécessaire pour l'autorégulation du circuit. Toute perturbation – aléatoire ou voulue – qui arrive de l'environnement peut avoir une influence, plus ou moins importante,

Deuxième Partie

sur le comportement effectif du circuit. En pratique, l'activation de LAR établit un domaine sono-topographique à l'intérieur duquel chaque événement sonore est censé interférer et s'intégrer de manière plus ou moins importante avec le comportement du dispositif.

Le circuit LAR est à la base de l'*Étude du feedback*. Les sons ainsi générés sont à leur tour soumis à des traitements plus étendus qui les transforment et les développent polyphoniquement (on verra comment au chapitre 2.3). Bien entendu, le dispositif complet nécessaire pour la performance demande un équipement électroacoustique plus grand, à savoir quatre micros à condensateur large membrane (utilisés tout à tour individuellement, par couples, par triples ou tous ensemble, à la fois comme source de son ou comme source de contrôle) ainsi qu'un mélangeur et au minimum six haut-parleurs (des enceintes du type *near field* sont à préférer). L'installation *Sans titre 2016* demande quatre microphones cardioïdes miniatures (attachés à une paroi de la salle) et quatre petites enceintes placés quelque part dans la salle. Notons que, d'habitude, il est préférable d'utiliser des micros et des enceintes d'un seul type, tous pareils. Cela n'est pas toujours le cas, cependant : pour *Étude du feedback (installation sonore)* j'ai recours délibérément à des haut-parleurs de qualité professionnelle ou pas ; pour l'installation *Sans titre 2005*, j'utilise au minimum quatre microphones (soit à condensateur, soit dynamiques) et au minimum quatre enceintes (placées près des parois), tous différents, de niveau professionnel ou pas. Chaque transducteur apporte un contenu sonore différent et va donc révéler sa propre « voix » ! Pour l'installation *Chambres privées* (de 2009), je place un certain nombre de micros miniatures et d'oreillettes (petits écouteurs portables, pensés ici comme « haut-parleurs miniatures ») à l'intérieur de quelques bouteilles ou carafes en verre (l'intérieur des bouteilles correspond à l'espace A, un endroit clos, très petit).

Dès que tous les micros et les haut-parleurs opèrent simultanément, ce qui s'installe effectivement est un grand nombre de circuits LAR entrelacés les uns dans les autres, de manière à créer un véritable réseau dont le comportement est sujet en permanence à la médiation de l'espace environnant. La partition d'*Étude du feedback* invite le(s) performeur(s) à explorer les phénomènes d'émergence sonore de ce processus autorégulé, en manipulant le mixer pour varier les niveaux des micros, individuellement ou en groupe. La vitesse des manipulations peut se révéler particulièrement importante en ce qui concerne le résultat musical. En règle générale, les sonorités obtenues – à spectre simple ou complexe, mais ayant rarement une structure harmonique – auront une intensité variable, avec plusieurs nuances causées par diverses

Deuxième Partie

contingences liées à l'espace alentour ainsi qu'aux interactions entre les différents circuits LAR actifs à chaque instant.

Notons qu'un gain de *feedback* très élevé pourra éventuellement entraîner des comportements oscillatoires « de deuxième ordre », tels que des pulsations d'amplitude, des transitoires à spectre complexe, des petits décalages en fréquence, etc. Ce seront des phénomènes émergents éventuellement utiles pour articuler les sonorités au fil du temps. Leur allure temporelle sera influencée, parmi d'autres choses, par la durée des fenêtres d'intégration dans l'algorithme d'extraction de l'enveloppe. Dans la performance de l'*Étude du feedback*, une telle durée varie selon la dérivée première du signal CNTRL – cela signifie qu'elle dépend de la magnitude des variations dynamiques du son capté par le micro M2 :

$$y_k = \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^{n=N} |x_{k-n}|^2 \right] - \left[\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{n=N-1} |x_{k-n}|^2 \right] \quad \text{Form1-2}$$

De cette façon, le mécanisme de suivi d'amplitude va travailler avec plus ou moins de précision : la mesure « s'adapte » à ce qui est mesuré, il est plus précis (fenêtre courte) si les variations sont petites, moins précis (fenêtre longue) lorsqu'elles sont grandes. Plus loin (au chapitre 2.4) nous allons interpréter un tel procédé comme une façon de contrôler la *sensibilité variable* des mécanismes d'autorégulation.

Annotations supplémentaires/1

Il y a (et il y a eu, depuis la fin des années 1960) beaucoup de stratégies techniques pour gérer de façon musicale le *feedback* électroacoustique, en faisant de l'effet Larsen une source sonore utile mais aussi sensible aux circonstances. Plusieurs exemples sont illustrés et discutés dans [van Eck 2016, Gottschalk 2016]. Probablement les exemples les plus anciens sont *The Wolfman* par Robert Ashley (1964) et *Quintet* par Hugh Davies (1968). Dans ces pièces, cependant, le contrôle du *feedback* était uniquement manuel. Pour un exemple de mécanisme d'auto-contrôle du *feedback* on doit attendre la performance *Bird and person dying* (1975) d'Alvin Lucier [1995] ainsi que l'installation sonore *Pea Soup* (1974-1976) de Nicolas Collins [1976], dont la version à base de traitements numériques est, par ailleurs, de 2001. Pour les deux, l'effet Larsen était soumis à des dispositifs connus comme « limiteurs d'amplitude ». Lors des premières performances de *Pepsillator* par Gordon Mumma et David Tudor (1970) [Kuivila 2004], et de

Deuxième Partie

Microphone par David Tudor (1973) [Sanfilippo 2012], le contrôle des pics de *feedback* était obtenu en profitant des limites intrinsèques des amplificateurs analogiques. Plus récemment, il y a eu un certain nombre d'approches fondées sur le contrôle du *feedback* selon des techniques plus ou moins automatisées [Sanfilippo et Valle 2013]. Un très intéressant exemple de dispositif performatif hybride conçu pour gérer des phénomènes de rétroaction électroacoustique (spécifiquement à basse fréquence) est le dit *feed-drum*, dessiné par Michelangelo Lupone pour son œuvre *Gancassa*, de 1999 [Lupone et Seno 2005].

Annotations supplémentaires/2

Dans les recherches sur l'analyse et le traitement numérique du signal, un certain nombre de travaux au sujet des contrôles automatisés basés sur les propriétés du son lui-même sont apparus. Les propositions les plus significatives datent approximativement de la création d'*Étude du feedback* [Dutilleux et Zolzer 2002, Todoroff 2002 : 476-478, Verfaille 2003 : 162]. En théorie, le sous-circuit de *feedback* négatif, FBN, pourrait être rapproché du procédé de traitement généralement connu comme *limiteur*, censé effectuer une atténuation du signal en base aux pics d'amplitude qu'il observe dans le signal lui-même [Dutilleux et Zolzer 2002 : 99-102]. Pourtant, son rôle à l'intérieur du circuit LAR présente des implications techniques tout à fait singulières.

D'abord, le sous-circuit FBN n'observe pas les pics, mais l'amplitude moyenne du signal – une mesure plus proche à l'intensité perçue par l'oreille. En outre, pour les limiteurs – tout comme pour d'autres méthodes de traitement de l'amplitude (compresseur, expandeur) – le signal d'entrée (signal à limiter) et le signal de sortie (signal limité) sont deux signaux différents, tandis que dans notre cas, les deux sont effectivement le même : ce qui entre et qui est soumis au mécanisme de suivi est précisément le son qui vient de sortir du mécanisme d'autocontrôle (sauf le faible délai dû à la fenêtre d'intégration du mécanisme de suivi). En peu de mots, on peut penser le mécanisme d'autocontrôle du circuit LAR comme un « système adaptatif à rétrocontrôle » (selon la définition de [Verfaille 2003 : 157-158])¹⁰.

¹⁰ On définit d'« adaptatif » un système de traitement du son le régime d'opération duquel est « automatisé en fonction des propriétés intrinsèques du son », c'est-à-dire en fonction des « paramètres extraits du son ». Un « système adaptatif à rétrocontrôle » prend alors en entrée le signal (duquel il extrait des paramètres de contrôle) qu'il produit en sortie [Verfaille 2003 : 159].

Deuxième Partie

Rappelons aussi que le son en entrée d'un limiteur standard vient généralement d'une source connue à l'avance. Et que cela permet alors de programmer le limiteur en vue de résultats optimaux. Dans notre cas, il s'agit plutôt de sons d'ambiance captés par des micros, donc ayant un spectre potentiellement très riche et toujours sujet à des perturbations peu prévisibles.

Pour finir, notons que, dans l'effective réalisation du circuit LAR, la source du signal à contrôler en amplitude (M1) n'est pas la même que celle du signal de contrôle (M2), et que les deux sont placées dans la salle bien éloignées l'une de l'autre. Une telle configuration introduira des déphasages et des petites nuances rendant notre mécanisme d'autorégulation irréductible à un limiteur standard.

Annotations supplémentaires/3

Au cours des décennies, le raccordement des mécanismes en *feedback* positif et/ou négatif a été une stratégie commune dans le dessin des dispositifs d'ingénierie du son visant à minimiser ou annuler les effets de *feedback* (pour une vue d'ensemble sur le sujet, cf. [Waterschoot et Moonen 2011]). Évidemment, notre but est tout autre. Le dessin du circuit LAR ressemble plus à l'idée de « *self-controlling feedback* » [Pyrgas 1992], que cependant j'ignorais quand j'ai travaillé sur *Étude du feedback* (première *Étude* du projet *Écosystémique audible* fondé sur LAR). Il se rattache aussi à certains systèmes analysés en cybernétique (tel que le « thermostat d'Ashby » [Ashby 1957, Calimani et Lepschy 1990]), ainsi qu'aux mécanismes à rétrocontrôle étudiés en biologie ou en écologie (et même dans la physiologie du corps humain – comme le note [Verfaille 2003 : 158]).

Annotations supplémentaires/4

En principe, le circuit LAR constitue un système de type stochastique : dans une situation idéale – tous les paramètres en jeu étant ajustés et les perturbations externes annulées – il devrait avancer et aboutir tôt ou tard à un état d'équilibre stable. Dans ce cas particulier, cela veut dire qu'il devrait finir par se comporter comme un oscillateur sinusoïdal. Rappelons que les tout premiers oscillateurs électroniques (autour de 1930) n'étaient que des circuits électroniques « régénératifs », c'est-à-dire à rétroaction positive (génération du son) et négative (stabilisation), dont l'efficacité et la fiabilité dépendaient d'une bonne isolation des conditions environnantes (cf. [Edson 1953, Westra *et al.* 1999, Gallet 2002]). Et voici l'essentiel : un circuit hybride et situé tel

Deuxième Partie

que LAR n'est pas isolé du contexte physique, donc uniquement en théorie s'agit-il d'un système aboutissant à son propre équilibre. En tant que simple dispositif de génération du son, LAR est constamment en train d'approcher une condition d'*homéostasie* (comportement centripète d'un système qui résiste aux perturbations et garde les paramètres de son milieu intérieur dans des limites optimales) mais, par contre, il ne pourra jamais arriver à produire du son sans subir des perturbations, sans du bruit : toute légère turbulence dans l'environnement, captée par les micros, peut favoriser la perte d'équilibre et la dérive vers l'*homéorhésie* (comportement centrifuge). De plus, comment on l'a déjà noté, le mécanisme d'autorégulation de LAR est marqué par une latence inévitable – le temps ou « fenêtre » d'intégration pour le calcul RMS. Ajoutons aussi le très court temps nécessaire pour que les vibrations sonores couvrent la distance du haut-parleur au micro. Le déroulement microtemporel de tels facteurs pourra entraîner plusieurs effets transitoires « animant » le comportement de LAR. Donc, si le circuit bi-annulaire LAR poursuit son équilibre, en vérité il le fait en le remettant en question à chaque moment. On doit parler d'« équilibre instable », d'« équilibre dynamique ».

2.2.2 Circuit « Larsen autorégulé, avec délai » (LAR-Del). Le *feedback* « au ralenti » ?

Revenons au sous-circuit FBP. Cette fois, faisons en sorte que le signal du micro M1 passe par une ligne à retard réalisée par ordinateur (DEL). On pourra appeler le circuit ainsi dessiné FBP-D, « *feedback* positif avec délai ». Il va de soi qu'on peut y introduire le mécanisme à rétrocontrôle décrit ci-dessus (FBN). Voici le schéma résultant :

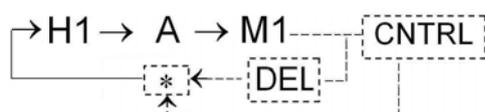


Fig1-4

Ladite ligne à retard équivaut à une simple translation linéaire dans le temps, correspondant à la l'équation aux différences discrètes suivante :

$$y_n = C x_{n-N} \quad \text{Form1-3}$$

Ici x_n est la séquence des échantillons en entrée, y_n est la séquence des échantillons en sortie, C est un coefficient ou facteur d'amplification, N est le nombre d'échantillons équivalant au temps de délai, calculé en fonction de la fréquence d'échantillonnage du système audionumérique utilisé.

Deuxième Partie

À nouveau, il n'y a rien que M1 doive capter, aucune source sonore sinon le bruit de fond de la salle A. À nouveau, si le niveau d'amplification suffit, le son issu de H1 sera capté encore par M1, et le circuit se ferme en boucle de *feedback*. Cette fois, pourtant, le délai ralentira l'accumulation d'énergie. On obtient un circuit en double anneau que nous appellerons **LAR-Del**, « Larsen autorégulé, avec délai » :

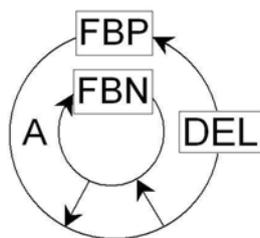


Fig1-5

Avec un délai important – de quelques secondes ou quelques dizaines de secondes – le circuit produira une accumulation de bruit de fond retardée et progressive, mettant peu à peu en évidence les principales fréquences de résonance acoustique de la salle (« de la salle », mais toujours en fonction de la position et des caractéristiques des microphones et des haut-parleurs). Il en découle une sorte d'effet Larsen, grandissant de façon lente et progressive. Ici, à nouveau, le mécanisme d'autorégulation (FBN) va réduire le gain du circuit lorsque le son s'accroît, et vice-versa il va l'accroître lorsque le son s'affaiblit ou même disparaît. Il va de soi que tout événement sonore survenant alentour pourra éventuellement influencer de manière plus ou moins importante le comportement du circuit, par exemple en introduisant de nouvelles résonances, ou en faisant décroître les résonances déjà présentes.

En mettant de côté justement l'échelle temporelle différente, on pourrait dire que LAR et LAR-Del sont des circuits identiques. En vérité, le second serait équivalent au premier uniquement si la granularité microtemporelle du mécanisme d'autorégulation était « élargie » ou mieux ralentie de manière proportionnelle. C'est-à-dire, si la fenêtre d'intégration du procédé de suivi d'intensité (calcul RMS) était proportionnée au temps de délai. Cependant, le mécanisme FBN utilisé pour LAR-Del est identique à celui utilisé pour LAR, étant fondé sur une fenêtre d'observation du signal plutôt petite (quelques centièmes de seconde). Cela pourrait être modifié, mais, par contre, l'échelle temporelle des événements dans l'environnement n'est pas modifiable, tout comme ne le sont pas d'autres facteurs tels que la vitesse de transmission du son dans le médium de l'air, le temps de réaction des micros et des haut-parleurs (réponse impulsionnelle) – tous des facteurs influençant le comportement du circuit, de façon plus ou moins importante. En

Deuxième Partie

général, on pourra adapter l'échelle de temps des processus numériques linéaires, certes ; mais finalement, ces processus ne sont que des parties d'un système intégrant des composantes non modifiables, tels que ceux de nature analogique et mécanique. En bref, LAR-Del n'équivaut pas à une simple translation temporelle de LAR.

Le circuit LAR-Del est à la base d'*Étude du bruit de fond* (toutes les versions). Pour la performance de cette œuvre, le temps de délai est fixé à 20 secondes. Les micros nourrissant le *feedback* positif (FBP) sont placés près de n'importe quelle source de bruit d'ambiance – portes, fenêtres, système de climatisation ou d'éclairage, ou même près des auditeurs et de la console de régie du son – tandis que les micros fournissant la source de signal pour l'autorégulation (FBN) sont placés quelque part au milieu de la salle¹¹.

Annotations supplémentaires/1

Dans l'*Étude du bruit de fond*, le bruit de fond de la salle – seule source sonore – est d'abord amplifié et diffusé par les haut-parleurs, et ensuite soumis à des traitements audionumériques. Avec un certain niveau d'amplification, la recirculation du bruit toutes les 20 secondes fait émerger progressivement les principales fréquences de résonance de la salle (ou, plus précisément, les fréquences de la salle corrélées avec la réponse en fréquence du dispositif complet). L'intensité sonore s'accroît par cycles successifs, à savoir après 20, 40, 60 secondes, et ainsi de suite, tandis que le spectre devient de plus en plus structuré. Au début, le bruit de fond de la salle est répliqué par les haut-parleurs, bien que de façon à peine audible. Ouïr le bruit de fond

¹¹ Un circuit similaire est à la base de quelques travaux pour instruments et dispositifs électroniques, tels que *2 pièces d'écoute et surveillance*, *3 morceaux muets* et *Dal fondo*. Pour ces œuvres-là, le temps de délai du circuit LAR-Del est fixé entre 15 et 20 secondes. Pour l'installation *Sans titre 2016*, on utilise un circuit similaire, cependant avec un délai de 120 secondes. Toutes ces œuvres nécessitent un certain nombre de micros et de haut-parleurs. *2 pièces* utilise un microphone à condensateur miniature inséré à l'intérieur du tuyau de la flûte, et deux haut-parleurs type moniteur de studio sont placés trois mètres arrière du flûtiste. *3 morceaux muets* utilise deux micros à condensateur miniatures posés quelque part sur le clavier du piano, pour capter le petit bruit du contact des doigts sur les clefs (dans cette pièce, les martelets ne frappent les cordes qu'à des moments particuliers). *Dal fondo* utilise un micro miniature près des chevilles d'accroche des cordes, deux petits haut-parleurs de type moniteur de studio près du corps du piano, plus une petite enceinte portable (normalement utilisée comme « haut-parleur de table ») près des cordes. L'installation *Sans titre 2016* nécessite quatre micros miniatures, attachés aux parois, et quatre moniteurs de studio, eux aussi orientés vers la surface des parois, ou vers l'angle entre deux parois.

Deuxième Partie

projeté par les haut-parleurs dans la salle peut s'avérer un peu surprenant : les auditeurs le prennent généralement pour un artefact, un défaut de régulation de l'équipement. Néanmoins, effectivement, au début de la performance (et également lors de quelques passages successifs) il n'y a rien d'autre à écouter. Les haut-parleurs « objectivent » ce qui en vérité est déjà là, dans la salle et dans nos oreilles, mais qui d'habitude ne reçoit aucune attention, étant coupé de toute perception consciente et de toute intentionnalité musicale. Par contre, dans *Étude du bruit de fond*, un tel « rien-de-musical » est la donnée essentielle pour faire émerger de la musique [Di Scipio 2011]. Je vais mieux caractériser la notion d'« émergence », plus loin dans cette Deuxième Partie. Mais l'essentiel est déjà là : faire croître (ne pas imposer) *un ordre possible à partir du bruit*, laisser la figure sortir de l'arrière-plan, créer les conditions pour que l'informe produise la forme.

Annotations supplémentaires/2

Dans son dessin technique, le circuit LAR-Del fonctionne évidemment de manière semblable au procédé de *feedback* caractéristique de *I am sitting in a room*, œuvre célèbre d'Alvin Lucier (1970)¹². Dans les deux cas, la performance avance justement grâce à une sorte de Larsen « au ralenti ». L'œuvre de Lucier constitue elle aussi un processus stochastique, théoriquement destiné à réaliser son équilibre statistique [Di Scipio 2005]. Par contre, son performance d'abord découle d'un événement sonore spécifique (une voix récitant un texte, tout au début de la performance), plutôt que de conditions sonores sous-déterminées (bruit d'ambiance). De plus, il n'est pas gouverné de façon autorégulée : à chaque moment le performeur (électronicien) est amené à ajuster le gain de *feedback*, afin que le processus global puisse se dérouler de façon correcte. Enfin, dans l'*Étude du bruit de fond*, les sons émergeant de LAR-Del créent à leur tour les conditions pour l'apparition d'autres sonorités, obtenues par traitements divers (on en parlera plus loin) : ces derniers ne peuvent que rétroagir sur le processus de LAR-Del, en créant ainsi une « boucle en *feedback* de deuxième degré ».

¹² J'entends naturellement la version « en direct » de *I am sitting in a room*, « une sculpture sonore vivante » [Mumma 2015 : 257]. La toute première version, de 1970, fut réalisée sur bande magnétique.

2.2.3 Sous-échantillonnage du bruit ambiant

Circuit « modulation d'impulsions autorégulée » (MIAR)

Revenons encore une fois au circuit FBP. Cette fois, introduisons la multiplication du signal du micro M1 par un « train d'impulsions » (IMP) synthétisé par l'ordinateur en temps réel. Ici « train d'impulsions » définit une séquence de « clics » d'amplitude positive fixée (maximale), distancés entre eux par un certain nombre variable d'échantillons nuls. La durée d'une impulsion individuelle équivaut à la période d'échantillonnage ($\Delta t = 1/F_e$)¹³. Nous prenons en compte essentiellement des impulsions à basse fréquence, à savoir comprise entre 0 et 20 Hz.

La multiplication entre un signal positif (unipolaire), tel qu'IMP, et un signal oscillant (bipolaire), tel que celui du micro placé dans la salle (M1), équivaut à une « modulation en anneau ». Plus précisément, elle correspond à une forme de « modulation par code d'impulsions », normalement abrégée en PCM (*pulse code modulation*). En d'autres mots, le circuit en question équivaut à la méthode d'échantillonnage habituellement utilisée dans les dispositifs audionumériques les plus communs, mais avec une fréquence d'échantillonnage remarquablement réduite (sous 20 Hz)! Naturellement, il s'agit d'une forme de PCM brutalement simplifiée¹⁴. En plus, en raison de la basse fréquence du signal d'échantillonnage IMP, il s'agit plus exactement de « sous-échantillonnage », opérant dans le domaine des fréquences perçues comme rythmes. Appelons ce circuit **EVBF** (échantillonnage variable basse fréquence) :

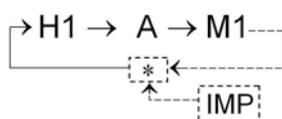


Fig1-6

Tandis que les processus normaux d'échantillonnage audionumérique relèvent d'une fréquence d'échantillonnage fixée (F_e), c'est-à-dire ayant une période constante d'échantillonnage ($1/F_e$), dans le circuit EVBF, la fréquence du signal IMP peut changer au cours

¹³ Ainsi définie, une impulsion individuelle est la meilleure approximation qu'un système audionumérique puisse effectuer de la fonction dite de Dirac (une fonction « piquée » en une unique valeur donnée).

¹⁴ Effectivement, notre circuit réalise uniquement le *sampling* (prise) des valeurs d'amplitude instantanée du signal, pas le *holding* (conservation) des valeurs. Pour la théorie et les détails techniques du PCM, on peut voir plusieurs publications, parmi lesquelles [Mathews 1969, Oppenheim et Schafer 1974, Bellanger 1998, Roads 1998].

Deuxième Partie

du temps. Il y a deux options : ou IMP est un signal quasi périodique, légèrement modulé en fréquence de façon déterministe (IMPd), ou il est un signal non périodique, dont les impulsions arrivent de façon statistique (IMPs). Dans le dernier cas, il vaudrait mieux parler de « densité statistique », en lieu de « fréquence ». On aura donc deux formes du circuit EVBF (illustrées dans les figures suivantes). Pour la suite, pour simplifier, on ne fera pas de distinction entre les deux.

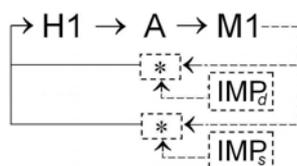


Fig1-7

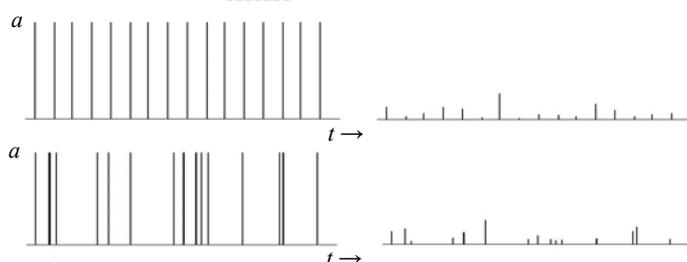


Fig1-8

À gauche : train d'impulsions périodiques ou « peigne de Dirac » (dessus) et train d'impulsions non périodiques (dessous). À droite : les deux, modulés par du bruit.

À l'oreille, les sonorités produites par EVBF ont des textures de petits points sonores, à intensité variable mais plutôt contenue (après tout, le signal de modulation est le bruit de fond capté par les micros). Ces clics pourront avoir des couleurs un peu différentes d'entre eux, selon l'acoustique de la salle et selon la typologie des haut-parleurs utilisés.

Si le niveau d'amplitude et la fréquence (ou la densité) des impulsions suffisent, et si la salle est assez réverbérante, le circuit EVBF peut entrer en régime de rétroaction : la trame des petits clics et les innombrables réflexions acoustiques qu'elle occasionne s'ajoutent au bruit ambiant et font monter donc l'amplitude des sons captés par les micros, engendrant l'intensification ultérieure des impulsions – c'est une situation de *feedback* positif. On obtient ainsi le circuit **EVBFp** (échantillonnage variable basse fréquence, avec *feedback* positif). Pour prévenir une croissance infinie, introduisons un mécanisme de rétrocontrôle de type FBN (similaire à celui utilisé pour le circuit LAR), de sorte que l'amplitude et/ou la densité des impulsions soient régulées de façon complémentaire. On obtient ainsi le circuit **EVBFn** (échantillonnage variable basse fréquence, avec *feedback* négatif) :

Deuxième Partie

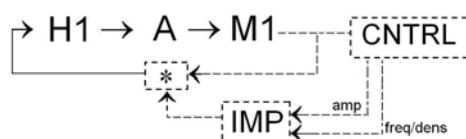


Fig1-9

Le signal de contrôle CNTRL est calculé de la même manière qu'il est calculé pour le circuit LAR : calcul de la pression quadratique moyenne (RMS) par fenêtres successives du signal de M1, et complémentation des valeurs ainsi obtenus ($1 - y_k$). Le signal CNTRL pourra contrôler soit l'amplitude soit la fréquence du train d'impulsions, pour compenser la croissance de la trame d'impulsions. Il y a cependant des critères de compensation différents. Ici on n'en décrira que deux :

- lorsque le signal du micro est d'intensité faible (peu de bruit ambiant), l'amplitude des impulsions augmentera et leur fréquence se réduira un peu. Cela signifie des impulsions moins fréquentes mais plus fortes ;
- au contraire, lorsque le signal du micro croît en intensité (bruit ambiant plus fort), l'amplitude des impulsions s'affaiblit et leur fréquence croît. Cela signifie des impulsions plus fréquentes mais moins fortes.

Puisque le train d'impulsions peut être aussi bien périodique (déterministe) que non périodique (statistique), il y aura quatre différentes versions du même circuit. Selon le cas, on devra recourir à une mise en correspondance particulière (*mapping*) des valeurs du signal CNTRL, selon les paramètres à contrôler – amplitude, fréquence, densité statistique.

Dans *Étude de la réponse impulsionnelle* et *Étude du silence*, la mise en œuvre concrète de ce circuit comprend aussi une ligne à retard plutôt importante – un délai de quelques secondes. De cette façon, le son produit ne sera écouté qu'après le son issu de certains traitements auxquels il est lui-même soumis (desquelles on parlera plus en avant). C'est l'exemple d'une stratégie souvent réalisée, dans le projet *Écosystème audible*, consistant à brouiller un peu la perception des relations de cause et effet (le son « original » après, et ses transformations avant).

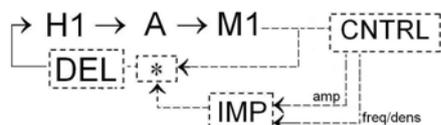


Fig1-9b

Deuxième Partie

Appelons **MIAR** ce circuit de « modulation d'impulsions autorégulée » du signal. Il consiste en deux processus entrelacés et antagonistes : d'un côté, un processus qui accroît le bruit de fond par accumulation d'une myriade de points sonores les plus minces ; de l'autre un processus qui, grâce au mécanisme de rétrocontrôle, compense la tendance à l'accumulation et empêche la dérive du *feedback* positif.

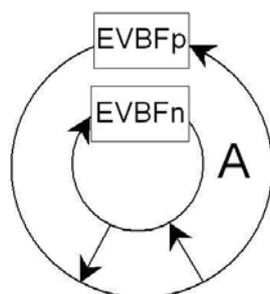


Fig1-10

Ce circuit joue un rôle important dans l'*Étude de la réponse impulsionnelle* et l'*Étude du silence*¹⁵. Des circuits similaires sont utilisés dans les installations sonores *Sans titre 2005* (sous-titre « installation sonore écosystémique dans un petit espace réverbérant ») et *Sans titre 2016*.

Annotations supplémentaires/1

Pour la théorie des signaux, un signal d'impulsions périodiques est un train de fonctions de Dirac – un « peigne de Dirac » [Jutten 2009 : 67]. Idéalement, le spectre est composé d'un nombre infini de fréquences harmoniques. Dans le contexte de l'audio numérique, cependant, le spectre comprendra toutes les harmoniques de la fréquence fondamentale jusqu'à ladite « fréquence de Nyquist » (c'est-à-dire, $F_e/2$ = la plus haute fréquence représentable par un système audio numérique). Un tel signal sollicite le haut-parleur de façon critique, en mettant à l'épreuve ses caractéristiques de transduction électroacoustique : il révèle la « couleur » ou la « voix » du haut-parleur lui-même. C'est la raison pour laquelle, rappelons-le, les haut-parleurs sont étudiés et testés par les ingénieurs pour leur « réponse à l'impulsion » (parfois dite « réponse temporelle »), à côté de la « réponse en fréquence » (contour du spectre des fréquences).

Cela pour expliquer pourquoi le timbre des petits points sonores obtenus par le circuit MIAR est si fortement marqué par les caractéristiques des haut-parleurs utilisés. Nous l'avons souligné déjà : tous

¹⁵ J'ai retravaillé l'œuvre de concert *Étude de la réponse impulsionnelle* plusieurs fois, après sa création en 2002 [Di Scipio 2003]. Ce n'est qu'après le travail pour l'installation *Sans titre 2005* que j'y ai intégré les algorithmes équivalents au circuit MIAR.

Deuxième Partie

les appareils composant le dispositif performatif sont des médiateurs actifs/limitatifs/transformatifs du processus de génération du son et de la musique. Ni les haut-parleurs, ni les micros, ni la salle ne sont neutres/transparents/étrangers aux sonorités et aux gestes musicaux effectivement produits par la performance ou l'installation. Les sons impulsionnels revêtent un intérêt tout particulier, dans une telle perspective.

Annotations supplémentaires/2

Si l'amplitude suffit, chaque petite impulsion produite par le circuit MIAR va causer un grand nombre de faibles réflexions acoustiques dans la salle : l'espace autour « répond » en répétant chaque impulsion plusieurs fois, à de très courtes distances de temps, avec une décroissance d'intensité plutôt rapide (effet de l'absorption acoustique par les parois et les corps solides dans la salle). Projetée par un haut-parleur, chaque impulsion individuelle produit tout un réseau de petites réflexions, en théorie équivalant à un modèle de la réverbération de la salle (un modèle relatif à la position particulière du haut-parleur par rapport aux parois et aux autres surfaces). Lors de la diffusion d'un train d'impulsions par plusieurs haut-parleurs, les réflexions d'une impulsion se vont se multiplier et se chevaucher aux impulsions successives, et à leurs réflexions ultérieures. La structure microtemporelle et la densité d'un tel nuage de points sonores vont changer selon les caractéristiques de réverbération de la salle particulière, lesquelles dépendent à leur tour de plusieurs circonstances tout à fait contingentes, y compris la présence et la position du public.

2.2.4 Circuit « Larsen autorégulé par modulation de largeur d'impulsion » (LAR-Mod)

Revenons au circuit EVBFn. Cette fois, notre train d'impulsions à basse fréquence, IMP, est soumis à la modulation de la largeur des impulsions (pas de l'amplitude ni de la fréquence/densité). En d'autres termes, ce qui est gouverné par le signal de contrôle CNTRL est la durée de chaque impulsion. Il s'agit d'une « modulation de largeur d'impulsion autorégulée », donc appelons ce circuit **MLIA**.

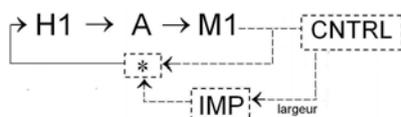


Fig1-11

Deuxième Partie

L'idée est d'appliquer le signal ainsi obtenu pour « ouvrir » et « fermer » le passage du son provenant du micro. Si l'amplification suffit, lorsque le passage est ouvert, il y aura une boucle de *feedback* produisant du Larsen. Faisons en sorte que, lorsque le son capté par M1 est d'intensité réduite, la durée d'impulsion devienne majeure (jusqu'à couvrir 100 % de la période d'impulsion = temps d'ouverture maximal) ; au contraire, lorsque l'intensité du son d'ambiance augmente, la durée d'impulsion devient plus petite (jusqu'à un échantillon seul = temps d'ouverture pratiquement nul). Dans le premier cas, l'impulsion devient une forme d'onde carrée positive, laissant pratiquement inchangée l'amplitude du signal du micro ; dans l'autre, on retournera au train d'impulsions produit par EVFBp (train de fonctions de Dirac). Lorsque la

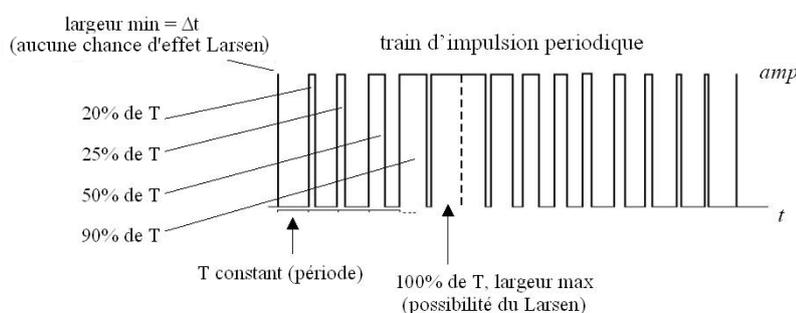


Fig1-12

durée d'impulsion est assez large, le signal du micro entre dans le circuit par les haut-parleurs et produit du Larsen (mais du Larsen modulé justement par une forme d'onde impulsionnelle, dont la durée d'impulsion est mise à jour continuellement) ; lorsque la durée d'impulsion est trop petite, le Larsen n'arrive pas à se produire.

Le mécanisme est donc censé contrôler le *feedback* non pas par la régulation du gain (constant), mais par la variation de la très courte durée du passage du signal audio (temps d'ouverture de la boucle de *feedback*). Étant contrôlé par le signal CNTRL, son comportement dynamique sera fonction de la largeur des « fenêtres » du signal qu'on aura fixée pour le calcul RMS (calcul à la base pour la génération du signal CNTRL).

En simplifiant, les sons produits par ce circuit peuvent varier entre deux pôles extrêmes : d'un côté, s'il n'y a pas de *feedback* (durée d'impulsion trop courte), on produira une séquence de clics ; de l'autre côté, s'il y a du *feedback* (durée des impulsions pas trop courtes) on produira une séquence de sons de Larsen, (quasi) sinusoïdaux, eux-mêmes plutôt courts (de quelques centièmes à quelques dixièmes de seconde, en moyenne). Notons qu'un signal d'impulsions très proches de Δt (durée proche de $1/F_e$) est perçu par l'oreille en tant que son très faible, même si

Deuxième Partie

l'amplitude effective du signal est très grande : des impulsions si courtes ont une valeur RMS énormément plus petite que la valeur RMS d'un signal (quasi) sinusoïdal, tel qu'un son Larsen, quelle que soit sa longueur. Pour compenser un peu la différence, introduisons un mécanisme d'autorégulation supplémentaire, pour mesurer, à une échelle temporelle plus fine, l'amplitude des sons Larsen modulés. On obtient un deuxième signal de contrôle, CNTRL2, censé régler le gain effectif de *feedback* du circuit complet :

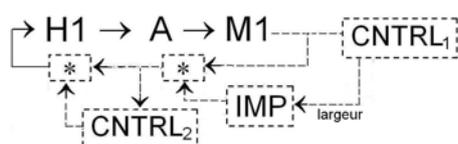


Fig1-13

Le mécanisme supplémentaire reprend effectivement le sous-circuit FBN illustré auparavant (circuits LAR et LAR-Del), mais l'utilise pour contrôler un signal déjà modifié (par modulation d'impulsion). La concurrence entre les deux signaux de contrôle pourra engendrer des comportements de second ordre, notamment des lentes variations d'amplitude et de densité, périodiques ou pas. Appelons ce circuit **LAR-Mod** (Larsen autorégulé par modulation de largeur d'impulsion). Le circuit LAR-Mod pourra être redessiné comme suit :

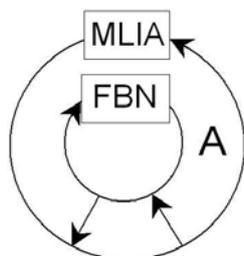


Fig1-14

Le circuit LAR-Mod est un des circuits essentiels d'*Étude de la réponse impulsionnelle*. La performance de cette œuvre demande, en vérité, deux circuits LAR-Mod, chacun ayant son propre micro et ses propres haut-parleurs. En travaillant ensemble, ils pourront interagir soit de façon constructive (l'un enrichit les résonances et les nuances dynamiques de l'autre), soit de façon destructive (l'un arrive à inhiber l'autre, voire à l'intégrer à soi). Lorsqu'on ajoute le circuit MIAR à ceux-ci, on aura un ensemble d'interactions plutôt complexe, tant entre les sonorités qui en émergent qu'entre les signaux de contrôle. Les gestes sonores qui en découlent sont à considérer comme des émergences instantanées de l'ensemble des processus mis en œuvre, mais aussi comme les conditions de départ pour des développements qui pourront encore en découler.

Annotations supplémentaires

Comme nous venons de le voir, un train d'impulsions de largeur supérieure de Δt équivaut à un signal en forme d'onde carrée (une séquence d'« ouvert » et « fermé »). Lorsqu'on utilise un tel signal pour moduler des sons produits par l'effet Larsen, on pourra déterminer des artefacts, des sauts instantanés du signal, entendus par l'oreille comme des clics – très bien audibles si les sons du Larsen sont graves. On peut voir ces clics comme des artefacts esthétiquement acceptables. Néanmoins, on peut souhaiter en nuancer les effets. Dans *Étude de la réponse impulsionnelle*, le signal d'impulsions est soumis à un filtre passe-bas très simple, de sorte que la discontinuité soit un peu plus douce. Des filtres plus raffinés pourront sortir des effets plus efficaces, jusqu'à réduire les impulsions à une séquence d'enveloppes de forme quasi gaussienne (voir la figure suivante). À ce niveau, le circuit LAR-Mod devient presque un « synthétiseur granulaire », ou mieux un « granulateur » imbriqué à l'intérieur d'une boucle de *feedback* audio.

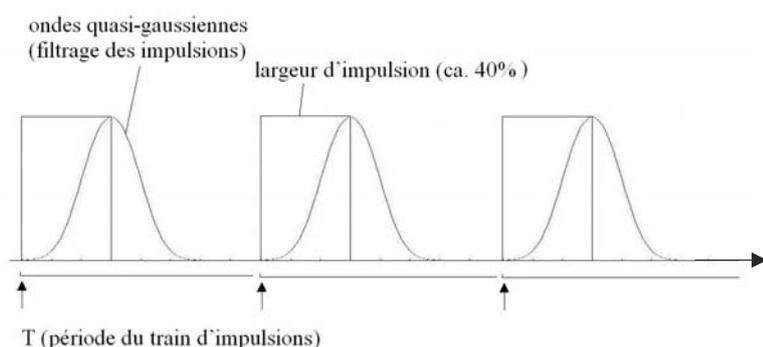


Fig1-15

2.2.5 Note finale sur les circuits CGS

Remarquons que les quatre circuits de génération du son (CGS) que nous venons d'illustrer (LAR, LAR-Del, MIAR et LAR-Mod) découlent tous d'un seul critère basilaire : il s'agit de capter le son ambiant et de le soumettre à des traitements très simples (amplification, *feedback*, délai, modulation) contrôlés en fonction de l'« observation » de quelques propriétés du son ambiant lui-même. Ladite « observation » relève à son tour d'un critère unique, à savoir la mesure de l'énergie (RMS) du signal capté par les micros (on parlera d'autres techniques d'« extraction de caractéristiques sonores », dans le chapitre 2.4).

Puisque les haut-parleurs sont des parties structurelles du processus de génération et qu'ils sont placés dans le même environnement que les micros, la distinction entre « bruit ambiant » et

Deuxième Partie

« sons produits par le dispositif performatif » n'est pas immédiate. Une fois démarré, le comportement d'un circuit CGS dépend à chaque instant des sons que lui-même vient juste de produire et de diffuser dans l'environnement, modifiés à leur tour par les facteurs de résonance propres à l'espace particulier. La génération du son se produit « en temps réel » et « en espace réel » par des processus entrelacés selon une logique récursive : ils effectuent des traitements qui dépendent de ce qui est traité – traitements qui, par ailleurs, sont eux-mêmes sujets à changement par l'arrivée d'événements occasionnels, voulus ou accidentels, nés d'autres sources sonores dans l'environnement. Une condition récursive similaire imprègne également les procédés dont nous nous occuperons dans la prochaine section, dédiée aux circuits de traitement du son (CTS).

Dans le contexte du projet *Écosystème audible*, la tâche assignée à de tels mécanismes récursifs, situés et hybrides (appareils analogiques, appareils audionumériques, propriétés physico-acoustiques du lieu) n'est pas vraiment de « générer » des sons et des structures musicales préalablement imaginées, mais de « faire émerger » voire d'« occasionner » des sons et des gestes selon les conditions matérielles et contingentes mises en place. Certes, une certaine conscience des contingences du lieu, de l'heure et des moyens – conscience toujours précaire et relative – autorise à délimiter le territoire du possible, à prévoir (pré-ouïr) des phénomènes d'émergence particuliers, à essayer d'obtenir des résultats préférés à d'autres. Cela dit, la poursuite de n'importe quel objectif prédéterminé demeure cependant un défi difficile, voire impossible, devant laquelle il sera nécessaire pour le(s) performeur(s) et le(s) auditeur(s) de remplacer une attitude déterministe par une attitude d'exploration, d'écoute et de participation dans un contexte qui, et tout cas, nous dépasse.

2.3 Circuits de traitement du son (CTS)

La différentiation (l'émergence des différences)

Nous allons illustrer maintenant les principaux circuits de traitement audionumérique du son (CTS) mis au point pour le projet *Écosystème audible*. Il s'agit d'examiner la façon concrète par laquelle, au cours de la performance de telles œuvres, on arrive à produire des gestes et des développements structurés.

2.3.1 Circuit « ré-échantillonnage et délai » (RED)

En même temps qu'il est envoyé aux haut-parleurs, le signal sortant d'un ou plusieurs circuits CGS est envoyé également à quelques algorithmes de traitement en temps réel. D'abord, le signal est écrit dans un tampon mémoire (*buffer*) de n secondes selon un procédé circulaire : toutes les n secondes, de nouveaux échantillons remplacent les échantillons écrits dans le tampon au cycle d'écriture précédent. En même temps, le tampon est « lu », échantillon par échantillon, de façon cyclique, c'est-à-dire en revenant au début du tampon chaque fois qu'on arrive au bout. Appelons ce procédé d'écriture et lecture simultanées **SAMP** (*sampler*, échantillonneur). La lecture peut avancer à une vitesse autre que la vitesse originale d'échantillonnage, de manière à produire des transpositions en fréquence du signal, vers l'aigu (sous-échantillonnage) ou vers le bas (suréchantillonnage)¹⁶. La vitesse de lecture pourra être négative, de sorte que la séquence des échantillons soit lue de la fin au début (*reverse*). En outre, la vitesse pourra être contrôlée de façon dynamique par un signal modulant en basse fréquence :

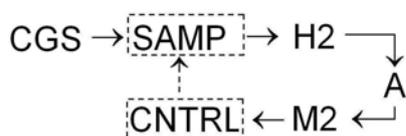


Fig1-16

¹⁶ En principe, on peut changer la fréquence de lecture de façon plus raffinée — par exemple, au moyen des procédés d'analyse et synthèse spectrale. Ici je préfère recourir à des processus très simples, beaucoup moins coûteux en matière de calcul numérique. L'économie des moyens est un principe fondamental dans l'approche illustrée ici. Les artefacts dus au ré-échantillonnage, normalement considérés comme gênants (petites ruptures, ou « sauts » dans la courbe du signal audionumérique), seront tenus ici pour esthétiquement admissibles.

Deuxième Partie

Le signal contrôlant la vitesse de lecture est calculé à partir du son capté par le micro M2. On examinera plus loin la manière dont il est calculé, pour l'instant disons que ce signal représente la différence instantanée entre l'énergie du signal au-dessus d'un certain seuil de fréquence et l'énergie au-dessous de tel seuil. La valeur elle-même du seuil est fixée avant la performance, et devrait approcher le « centroïde spectral » du bruit de fond de la salle : ça signifie que la valeur devrait évaluer approximativement la fréquence moyenne dans le spectre du son ambiant, lors d'une situation de « silence » (= rien d'autre que le bruit de fond)¹⁷. On peut voir CNRTL comme une estimation grossière de la « brillance » relative de la salle¹⁸. Elle pourra être utilisée pour introduire dans le circuit un mécanisme de compensation : lorsque le son d'ambiance est « sombre », à savoir riche en fréquences graves (CNTRL < 0,5), la fréquence de SAMP sera pilotée vers l'aigu (graduellement, en *glissando*) ; par contre, lorsque le son est plus « brillant », à savoir riche de fréquences aiguës (CNTRL > 0,5), la fréquence de SAMP sera pilotée vers le grave.

Le dessin du circuit n'est pas complet. Introduisons une simple ligne à retard ou « *delay* » (DEL) à la sortie du sous-circuit d'écriture/lecture (SAMP). En sortie, DEL transmet uniquement le signal retardé, pas le signal original. C'est simplement une translation linéaire du signal dans le temps. L'amplitude du signal retardé sera régulée par CNTRL2, signal de contrôle égal à l'inverse de l'amplitude du son capté par M2 (calculé de la même façon que le signal de contrôle du sous-circuit FBN illustré plus haut [2.2.1]) : donc le signal retardé s'affaiblit lorsque l'intensité du son dans la salle (A) monte – et vice-versa, il devient plus fort lorsque le son d'ambiance s'affaiblit. Même le temps du retard pourrait être modulé, par exemple en proportion directe avec l'intensité du son capté par M2 : alors le délai sera d'autant plus long que l'intensité

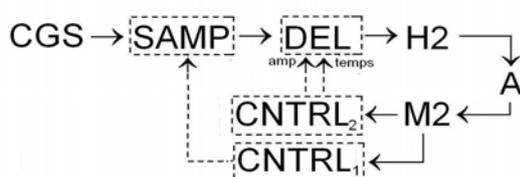


Fig1-17

¹⁷ La façon de mesurer le centroïde spectral du bruit de fond ne sera pas traitée ici.

¹⁸ La « brillance » (*brightness*) est une dimension de la perception des timbres d'instruments musicaux, fonction directe des énergies aux fréquences plus aiguës dans le spectre (voir, par exemple, [Krimphoff *et al.* 1994]).

Deuxième Partie

sonore sera élevée¹⁹.

Appelons ce circuit **RED** (ré-échantillonnage et délai). Notons que, pratiquement, il se limite à soumettre les sons d'entrée (issus des circuits CGS) à des simples translations dynamiques en temps et fréquence (SAMP et DEL). Dès qu'il est activé, les sons qu'il transmet s'ajoutent aux sons des CGS parallèlement actifs. La circonstance pourra avoir une incidence à la fois positive (synchronie de phase) ou négative (oppositions de phase) sur les circuits CGS, selon les variations de fréquence et d'amplitude entraînées par les sous-circuits SAMP et DEL.

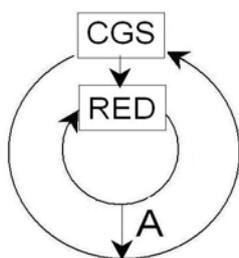


Fig1-18

Dans des contextes de travail concrets, j'utilise normalement au moins trois RED en parallèle, chacun ayant ses gammes de valeurs de translation de temps et fréquence. Cela produit l'épaississement des textures sonores. Et crée aussi des ramifications polyphoniques à divers niveaux temporels (les sons de chacun des trois RED sont diffusés à des moments différents, car les trois délais sont différents). Ci-dessous, cependant, pour simplifier le discours, on parlera de RED comme d'un seul circuit de traitement.

Dans l'*Étude du feedback*, le circuit RED est utilisé pour traiter les sons générés par le circuit de Larsen autorégulé, LAR (2.2.1). Dans l'*Étude du bruit de fond* il est utilisé pour traiter les sons issus de LAR-Del (2.2.2). Cette dernière configuration (LAR-Del → RED) est utilisée aussi pour certaines de mes œuvres pour instrument et électronique. Dans l'installation *Sans titre 2005* le circuit RED reçoit en entrée les sons sortant de LAR et MIAR (2.2.4) à la fois. Dans la version la plus récente d'*Étude de la réponse impulsionnelle* RED reçoit les sons générés par MIAR et LAR-Mod (2.2.4).

Annotations supplémentaires

Dans les œuvres mentionnées, la durée du tampon mémoire (SAMP) est autour de 20 secondes, tandis que la ligne à retard (DEL) introduit un délai de quelques secondes. Les

¹⁹ Mais une telle possibilité n'est utilisée que rarement, dans le contexte d'*Écosystème audible*.

Deuxième Partie

valeurs exactes sont déterminées juste avant de la performance, en fonction de certains aspects généraux de la salle (on y reviendra plus loin). Notons que, lors du chevauchement des circuits RED et LAR-Del, on pourra engendrer des développements graduels et étendus dans le temps (rappelons que LAR-Del possède sa propre ligne à retard de 20 secondes [2.2.2]). C'est le cas notamment d'*Étude du bruit de fond* et d'*Étude du silence*.

L'idée est que plusieurs lignes à retard, entrecroisées, favorisent l'articulation temporelle et polyphonique des sonorités. Toutefois, encore plus important, de cette façon, les circuits CGS seront régulièrement conditionnés non seulement par les diverses composantes actives du dispositif complet à l'instant donné (« en temps réel »), mais aussi par les interactions arrivées quelques dizaines de secondes avant. Le processus règle son propre déroulement en fonction des sons qu'il trouve dans la salle, y compris les traces sonores de ce qui est arrivé dans le passé. Les interactions actuelles cependant peuvent déterminer le poids, l'incidence effective, que les traces du passé ont sur le moment présent. Cela entraîne une véritable chaîne de causes et effets multiples et entendus au cours du temps : les sons engendrés par les interactions passées influencent le cours des événements actuels, et donc créent les conditions pour les interactions à venir. La performance devient un réseau temporel dont le déroulement « phylogénétique » dépend de la « situation » du dispositif complet. C'est la prémisse pour regarder la forme musicale comme une « histoire d'interactions situées ».

2.3.2 Circuit « granulation dynamique » (GRD)

D'abord le signal en entrée, provenant d'un ou plusieurs des circuits CGS, est transmis à un tampon de mémoire (mécanisme d'écriture circulaire), tout comme dans le cas de RED. Cette fois, cependant, la lecture du tampon n'avance pas du premier au dernier échantillon du tampon de façon linéaire, mais par blocs très courts. Le point de départ d'un bloc n'est pas nécessairement aligné au point d'arrivée du bloc précédent. Le segment de signal prélevé par un bloc est enveloppé par une fonction d'enveloppe pseudo-gaussienne. Chaque petit segment devient alors un « grain », un son très bref (peu dizaines de millisecondes).

Le mécanisme de lecture peut fonctionner en prélevant soit des blocs contigus soit des blocs éloignés, en avançant à travers le tampon soit de manière déterministe soit de manière statistique. Dans le premier cas, le contrôle du pas d'avancement pourra créer des effets de *time stretching*, c'est-à-dire des effets de compression ou d'étirement de la durée du son sans modifier la

Deuxième Partie

fréquence (donc la hauteur tonale, s'il y a). Dans le second cas, l'avancement aléatoire pourra déterminer des trames, des nuages de granules (centièmes de seconde), voire une sorte de « poussière de son » (millièmes de seconde). On pourra éventuellement interpoler entre les deux mécanismes. En outre, il y aura également la possibilité de contrôler l'épaisseur ou la densité des grains sonores. Définissons « densité granulaire », la quantité de petits atomes sonores dans l'unité de temps : en règle générale, on peut passer de très peu de grains par seconde (basse densité), à plusieurs centaines par seconde (haute densité). Finalement, on pourra aussi gérer des variations microtemporelles (nuance d'amplitude, de fréquence et de durée de chaque grain)²⁰.

D'un certain point de vue, les « traitements granulaires » sont pratiquement équivalents à des formes compliquées de modulation d'amplitude. Si les grains sont de durée extrêmement courte (peu de centièmes ou millièmes de seconde), et si le pas d'avancement est vraiment réduit (effet d'étirement du son extrêmement prolongé), les résultats seront marqués par des défauts typiques de la représentation audionumérique du signal, de façon parfaitement audible. Il n'est pas important de s'arrêter ici sur de tels effets secondaires. Notons simplement qu'ils équivalent à des sources de non-linéarité, et s'ajoutent alors aux comportements non complètement linéaires des appareils analogiques faisant partie du dispositif performatif (micros, haut-parleurs, mixer). Appelons **GRAN** ce circuit de traitement granulaire, indépendamment des comportements particuliers qu'on pourra en obtenir (compression/étirement de la durée, nuage de gouttes sonores, poussière sonore).

Certains paramètres du traitement granulaire peuvent être gouvernés par des signaux de contrôle en temps réel. Par exemple, la *densité* granulaire pourra être pilotée par un signal, CNTRL, égal à l'inverse de l'*amplitude* du son en entrée. Cela établit une liaison de proportion inverse entre les deux paramètres : l'un aura l'effet de contrebalancer l'autre. Un tel mécanisme d'autorégulation vise évidemment à contrôler les variations d'énergie à partir de caractéristiques du son qui sont différentes et pourtant perceptivement corrélées – comme justement densité et amplitude (intensité). Supposons que CNTRL règle aussi la durée moyenne des grains : faisons

²⁰ Pour un aperçu des processus de synthèse et de traitement numérique granulaire du son, voir [Roads 2001]. Pour quelques aspects techniques de ma propre approche aux processus de granulation, voir [Di Scipio 1994b, 1995b, 1997b]. Les traitements granulaires qu'on peut réaliser par le système Kyma sont extrêmement efficaces et flexibles. Avec Pure Data, on obtient des traitements moins efficaces, mais non moins fonctionnels aux stratégies opératoires ici illustrées.

Deuxième Partie

de sorte que, lorsque la valeur de CNTRL est petite, la durée des grains s'allonge jusqu'à quelques dizaines de centièmes de seconde (ceci fera augmenter la valeur RMS du signal granulaire, à savoir son énergie totale) ; de façon complémentaire, lorsque la valeur de CNTRL se réduit, les grains se raccourcissent (le RMS décroît). Comme on voit, donc, la variation de la durée aura une certaine incidence sur la corrélation entre densité et amplitude.

Finalement, faisons en sorte que CNTRL puisse moduler le pas de lecture par bloc du signal, que ce soit avec ou sans dispersion statistique des grains.

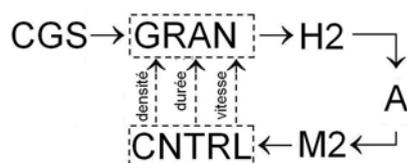


Fig1-19

Ce circuit de traitement autorégulé, que nous appellerons dans son ensemble **GRD**, est utilisé dans presque toutes mes œuvres mentionnées auparavant. En quelques cas, il a été employé dans une structure de « traitements en chaîne » ou mieux de « traitements en cascade ». Voyons de quoi il agit.

2.3.3 Traitements composés « en cascade »

Évidemment, par « traitements composés en cascade » nous entendons une configuration algorithmique où le signal en sortie d'un certain processus de traitement est soumis à d'autres traitements, à l'intérieur de l'ordinateur. Dans le contexte du projet *Écosystème audible*, les signaux engendrés par les circuits RED sont régulièrement envoyés à l'entrée des circuits type GRD.

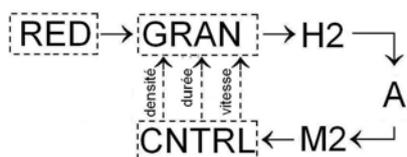


Fig1-20

C'est le cas notamment d'*Étude du feedback* (dont la configuration totale sera alors : LAR → RED → GRD) ainsi que d'*Étude du bruit de fond* (configuration totale : LAR-Del → RED → GRD). Les plus anciennes versions d'*Étude de la réponse impulsionnelle* présentaient plusieurs processus GRD en parallèle. Dans la révision la plus récente, cependant, il y a une configuration en cascade où le signal du traitement granulaire est soumis à des translations de temps et

Deuxième Partie

fréquence (configuration totale : [MIAR + LAR-Mod] → GRD → RED). Notons que, dans ce cas-là, le processus de granulation reçoit à son entrée quelque chose qui est déjà plutôt « granuleux » voire « poudreux » tel que justement la gamme des sonorités engendrées par les circuits MIAR et LAR-Mod, opérant des modulations impulsives du son d'ambiance capté par les micros. Une telle configuration fonctionne donc comme une « granulation récursive », pour ainsi dire.

L'alternative à la configuration « en cascade » est naturellement la configuration « en parallèle » où plusieurs circuits CTS reçoivent les signaux des CGS, et les sons ainsi obtenus sont envoyés directement aux haut-parleurs. C'est le cas des premières versions d'*Étude de la réponse impulsionnelle* ainsi que d'*Étude du silence*.

Or, il faut noter que l'opposition « en cascade/en parallèle » en réalité n'a de sens qu'en parlant du logiciel et des algorithmes numériques. C'est une simplification grossière, étant donné que les circuits de traitement ici illustrés comprennent tous une (ou plusieurs) boucle(s) de rétroaction à travers l'espace. Même en travaillant en parallèle, deux ou plusieurs circuits CTS s'alimentent inévitablement l'un l'autre, non pas à travers une connexion directe dans le logiciel mais à travers les micros, les haut-parleurs et la salle. On devra admettre que les circuits ici décrits relèvent tous d'un dessin pratiquement « en cascade ».

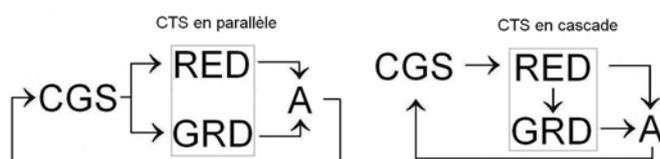


Fig1-21

Pour saisir l'importance de cette observation, supposons que RED et GRD soient utilisés pour réaliser deux parcours idéalement séparés, à savoir CGS → RED et CGS → GRD : lorsque les sons issus des CGS arrivent à GRD, ils amènent effectivement aussi des sons nés d'abord par les traitements de RED et diffusés dans la salle (parcours : RED → CGS → GRD). Simultanément, les sons de GRD parviennent à RED toujours par la médiation des CGS (parcours : GRD → CGS → RED). Ce n'est pas fini : les sons issus de CGS et soumis à RED comprennent aussi les sons engendrés quelques instants avant par RED lui-même (RED → CGS → RED) ! Et naturellement les sons de GRD arrivent à nouveau à l'entrée du même circuit (GRD → CGS → GRD) ! Notons que le circuit pourrait être encore plus étendu et compliqué si le gain de *feedback* suffit à connecter entre eux d'autres sous-circuits. Par exemple, dans la performance d'*Étude du bruit de*

Deuxième Partie

fond on pourrait aisément observer le déroulement d'un parcours tel que LAR-Del → RED → GRD → LAR-Del → GRD → LAR-Del → RED → LAR-Del → RED...

Comme on le voit, on arrive rapidement à un véritable réseau des processus multiples et récursifs qui, par ailleurs, se développe horizontalement, dans le temps, grâce au réticule de lignes de retard englobées dans plusieurs composantes du réseau. On peut parler d'une stricte imbrication, d'une interalimentation permanente des processus sonores. Sans oublier que ce discours vaut également pour tous les mécanismes de contrôle et d'autorégulation en temps réel : lorsqu'il subit les transformations des circuits CTS, le son issu des CGS en conditionnera les mécanismes de rétrocontrôle, et les effets de ce conditionnement se propageront par les échanges à venir. La notion fondamentale de *feedback* retourne ici en tant que structure d'itération fonctionnelle et de récursivité systémique. Une façon de schématiser la liaison d'imbrication systémique des circuits CTS pourrait être la suivante :

CTS en réseau
à travers l'espace environnant

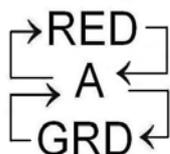


Fig1-22

Rappelons à nouveau que tant RED que GRD se nourrissent cependant du son généré par les circuits CGS, et que ces derniers, actifs dans le même espace A, sont à leur tour nourris et influencés par les sons produits par des processus de traitement tels que RED et GRD.

Dans l'ici-et-maintenant de la performance d'*Étude du bruit de fond*, les parcours possibles traversant un tel réseau de traitements définissent un territoire d'interactions sonores ayant un potentiel esthétique : le bruit de fond, assez amplifié au départ, s'anamorphose progressivement en un ensemble d'événements plutôt variés soit en temps (gestes, allure générale) soit en fréquence (spectre, structures de résonance diverses, parfois même hauteurs tonales...) – un ensemble plus ou moins structuré d'événements sonores qu'on pourra, éventuellement, nommer « musique ».

2.3.4 Circuit « déphasages multicanaux » (DMX)

Considérons un système de diffusion du son ayant seulement deux haut-parleurs, H1 et H2 (deux canaux, stéréo). Au moment d'envoyer un signal aux haut-parleurs, faisons de sorte que le

Deuxième Partie

signal arrive à H2 avec un très bref décalage par rapport à H1, un délai dans l'ordre des millièmes ou centièmes de seconde. Cela nécessite une ligne à retard très courte. À l'écoute, le décalage apparemment ne produira pas une vraie répétition du son mais un déphasage, une dé-corrélation de phase des vibrations des deux haut-parleurs. Au niveau de la perception auditive, la circonstance entraîne un « effet de précedence » : le son semble arriver de la direction correspondant à la position particulière de H1 (haut-parleur transmettant le son sans délai) [Moore 1982 :162-164, Neuhoff 2004]. Pour que cela se produise, on devra cependant se limiter à des temps de délai entre 2 et 20 millisecondes (un temps de délai plus court ne sortira aucun effet, un délai plus long créera un écho, la répétition du son).

L'effet de précedence peut être utilisé à la place du *panning* normal (réglage de panoramique). Cela nous convient : le *panning* comporte une réduction (linéaire ou logarithmique) de l'amplitude sur un des deux haut-parleurs, tandis que le mécanisme de l'effet de précedence nous garantit la possibilité de laisser l'amplitude inchangée, de sorte qu'il n'y ait pas perte d'énergie. Cela s'avère spécialement important lorsqu'on travaille avec des sonorités plutôt faibles (telles que le bruit de fond d'une salle « silencieuse » et des impulsions sonores très courtes). De plus, cela pourra créer de réflexions acoustiques plus variées. Les deux sont des facteurs déterminants dans l'économie de la génération et du traitement du son.

Dans le projet *Écosystème audible*, cette simple stratégie est mise en œuvre à la sortie de tous les circuits CGS et CTS illustrés jusqu'ici. La mise en œuvre effective est un peu plus élaborée que ne le suggère cette description, ne serait-ce que parce que la performance prévoit en réalité six ou plus canaux (H1, H2, ... H6...), et pas simplement deux. Chaque canal de diffusion aura sa ligne à retard particulière, dont le délai est fixé en proportion directe avec la distance entre le haut-parleur correspondant et le haut-parleur destiné à projeter le son direct (sans délai), en fonction bien sûr de la vitesse du son dans l'air (344 m/s) :

$$\text{délai} = n (\text{distance}/344)$$

« distance » en mètres, « délai » en secondes, $n = 1$.

Il s'agit d'un procédé semblable au processus d'« alignement temporel » (*time alignment*) régulièrement utilisé lors de l'installation des systèmes multicanaux professionnels. Cependant, ici, rien n'empêche d'essayer des solutions originales. Par exemple, en remplaçant la valeur standard de la vitesse du son avec des valeurs arbitraires, on pourra obtenir une sorte

Deuxième Partie

d'« élargissement » ou de « contraction » du champ acoustique : il faut simplement multiplier la valeur de la distance réelle par un multiplicateur n supérieur ou inférieur à 1. Ces valeurs (n et *distance*) sont à fixer avant la performance, même de façon qualitative et approximative, compte tenu naturellement de la position relative des haut-parleurs et de la taille de la salle. Le but n'est pas d'engendrer l'illusion d'un espace autre que l'espace concret de la performance, mais de susciter à l'écoute la conscience d'une certaine « tactilité » des événements sonores, et de rendre aussi sensible et « présente » que possible l'incidence des réflexions de l'espace particulier.

Il va de soi que, à nouveau, on pourra introduire des variations des lignes à retard, de sorte que le délai soit modifié par un mécanisme autorégulateur, entre un délai minimal (voire nul) et un délai maximal (n fois *distance/344*). Appelons-le « circuit déphasage multicanaux », abrégé **DMX**. Pour simplifier, le schéma suivant ne prévoit que deux haut-parleurs :

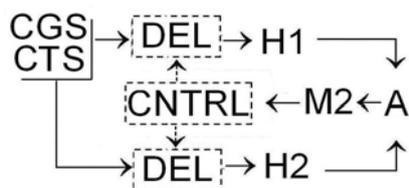


Fig1-23

De façon similaire aux circuits que nous avons illustrés auparavant, le signal CNTRL est calculé en fonction de l'amplitude du son total couramment présent dans la salle. Étant donné qu'il s'agira normalement d'un signal non périodique, le déphasage finira par accroître la complexité de la trame des réflexions acoustiques dans A, en réalisant une sorte de modulation continue de la structure microtemporelle des réflexions. En pratique cela implique qu'un même événement sonore (qu'il soit issu des CGS ou des CTS) pourra entraîner des réflexions légèrement différentes. C'est un peu comme si le dispositif complet (ou les haut-parleurs, du moins) était en mouvement. Ou comme si les parois et les autres surfaces du lieu étaient en mouvement (comme lors d'un léger tremblement de terre...). En tant qu'« espace de résonance », l'environnement A pourra sembler « vibrer », ou mieux réagir, aux événements sonores de façon quelque peu variable. Il n'y aura aucune position où la diffusion pourra sortir les mêmes effets (rupture de la symétrie cause-effet). Il n'y aura pas de *sweet spot*, comment les audiophiles appellent le siège optimal d'écoute.

Réarrangé de plusieurs manières, le circuit de traitement DMX est impliqué dans toutes les *Études* du projet *Écosystémique audible*, et dans beaucoup parmi mes installations sonores et mes

Deuxième Partie

œuvres pour instruments et électronique mentionnées auparavant. Ici, à titre d'exemple, considérons en particulier la performance d'*Étude sur le bruit de fond*. Dans ce cas-là, le son issu du circuit de génération LAR-Del est soumis au traitement DMX (tandis que le son d'autres circuits arrive directement aux haut-parleurs). En vérité, dans le processus performatif concret, le traitement DMX n'est qu'une partie intégrante de la boucle de LAR-Del elle-même : c'est un processus de modulation de phase effectivement incorporé dans LAR-Del. En altérant la phase de façon lente mais imprévisible et ininterrompue, DMX contraste le processus d'accumulation, ou mieux le rend plus varié et dynamique. Même le mécanisme de rétrocontrôle de LAR-Del – le sous-circuit de *feedback* négatif (FBN) – sera constamment conditionné par les légers déphasages introduits par DMX.

2.3.5 Note finale sur les circuits CGS et CTS

À la rigueur, l'observation que je viens de faire, vaut en général pour tous les circuits jusqu'ici discutés, lorsque deux ou plusieurs parmi eux sont actifs ensemble. Compte tenu de leur interaction permanente et de la médiation structurelle de l'espace environnant, ces circuits sont des composantes intégrées en un seul processus de niveau supérieur. Comme l'on a dit, tout processus de génération (CGS) nourrit les traitements (CTS), et tout traitement produit des sons qui, diffusés dans l'espace accueillant la performance, entrent inévitablement dans les processus de générations et en conditionnent le déroulement. En fait, nous l'avons vu, les sons issus des CTS vont retourner dans les circuits CTS eux-mêmes, à travers les circuits CGS ! On peut schématiser cette notion comme suit :

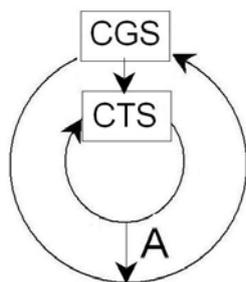


Fig1-24

Pris séparément, les CGS font émerger un flux sonore à partir du bruit ambiant (le « silence » tout au début de la performance), tandis que les CTS différencient et prolifèrent les sonorités émergées des CGS. Les circuits CGS sont « génératifs » au sens qu'ils permettent qu'il y ait du son – qu'il y ait du son au lieu du silence. Ils font ça en trouvant dans le bruit de fond l'énergie

Deuxième Partie

minimale pour nourrir le réseau des processus mis en œuvre. Le bruit de fond revêt alors un rôle que l'on pourra dire « ontologique » : sans bruit, pas de son et pas de musique.

La fonction systémique des circuits CTS, par contre, est « différenciante », morphogénétique, au sens que tels circuits permettent de déformer et reformer les phénomènes sonores émergent des CGS, ainsi que de les développer à court et long terme. Dans l'ensemble, ce que les CTS font est de laisser émerger une pluralité d'événements sonores singuliers mais cohérents au niveau global. Ce sont simplement des processus de traitement du *signal*, cependant ils élaborent des *gestes*, des morphologies sonores prolongées. Entrant plus en détail, le circuit RED (ré-échantillonnage et délai) ne fait fondamentalement que répliquer et multiplier l'énergie du signal audio qu'on a lui transmis, même s'il le fait en introduisant des transformations (translations de fréquence et de durée). Il va de même pour le circuit DMX, quoiqu'il obtienne des effets de transformation moins évidents. Ce sont alors des « opérateurs de redondance » (le sigle RED pourra renvoyer à REDondance). Par contre, les traitements granulaires ont tendance à disperser ou à dissiper l'énergie du signal, d'autant plus lorsqu'il s'agit d'effectuer des traitements récursifs (granulation de sons déjà granulaires ou poudreux...) : ils « défibrent » ou vaporisent la matière sonore venant de prendre forme par les autres circuits. Tandis que la synthèse granulaire du son est une technique de type additif, consistant à générer du son par juxtaposition et superposition de quanta sonores, le traitement granulaire peut être vu comme une démarche soustractive consistant à effacer, à éliminer des quanta sonores d'un signal donné – ou, si l'on veut, à introduire des quanta de silence dans un signal donné.

Pris ensemble, les circuits de génération et de traitement forment un dispositif complexe, dont les parties interagissent à travers l'environnement. Ils créent un écosystème, un réseau qui comprend et admet l'agence de l'espace autour en tant qu'environnement d'existence. L'espace de la performance n'est plus uniquement considéré comme « espace de projection » (espace à occuper pour diffuser du son provenant d'ailleurs) ; il est d'abord (1) source d'énergie (bruit de fond, sons accidentels du public ou d'origine autre), (2) source d'information (grâce à laquelle on a la possibilité d'établir des mécanismes de contrôle et d'autorégulation), et finalement (3) résonateur mécanique (à savoir un filtre – par ailleurs un filtre pas vraiment linéaire²¹).

²¹ Je fais allusion au fait que les mouvements des auditeurs et des performeurs empêchent de regarder la salle comme un résonateur à phase stable : c'est un filtre dont la réponse en phase est toujours légèrement variable.

Deuxième Partie

L'ensemble des circuits mis en action pourra réagir aux perturbations de l'environnement de façon plus ou moins prolongée : émergence et différenciation développent un processus apparemment orienté, sans qu'il y ait aucune séquence prédéfinie d'actions ou d'événements sonores (telle qu'une partition musicale ou une liste ordonnée d'instructions informatiques). Tout découle des paramètres du traitement audionumérique (longueur des tampons mémoire, vitesse de lecture mémoire, lignes à retard plus ou moins importantes, facteurs de compression ou d'étirage temporel, granularité des signaux de contrôle...). Toute structure musicale demeure éventuelle, potentielle (on pourrait dire « virtuelle »). S'il y a une structure émergente, elle n'est pas spécifiée « hors temps » et « hors lieu » mais survient et croît justement « en temps » et à la fois « en lieu »²² : elle ne découle pas d'un système de relations prédéterminées et séparées de la situation concrète de la performance, mais d'un système de relations situées et dépendantes, potentiellement ayant son propre comportement autonome.

Notion d'émergence. La performance et la forme

Les scientifiques et les épistémologues parlent d'« émergence » en plusieurs sens [Dessalles *et al.* 1995b]²³. Pour ce qui concerne cette thèse, il s'agit essentiellement de la « formation de configurations » (*pattern formation*) dans un système composé de plusieurs processus partiels non linéaires et capables de s'auto-organiser et de se produire en comportements imprévisibles [Bich 2006 : 284] et irréductibles aux processus partiels [Debaise 2004 : 22]. On peut parler de l'apparition inattendue de « propriétés nouvelles » d'un système complexe à partir des interactions entre des sous-systèmes ayant des structures et des comportements plus simples voire banals. Certains auteurs précisent que les sous-systèmes doivent être capables d'agir dans et sur un environnement partagé, afin justement d'interagir entre eux [Dessalles *et al.* 1995b : 348]. En

²² « En temps » et « hors temps » renvoient aux catégories de la « musique symbolique » de Xenakis [1963 : 191 et ailleurs, 1992 : 207 et ailleurs].

²³ Je ne peux m'arrêter que très brièvement sur la notion d'« émergence », laquelle d'autre part... émerge à plusieurs reprises dans ce travail de thèse. Je prends en compte les traitements théoriques différents, tous cependant liés à une perspective de la pensée de type systémique [Morin 1977, Varela *et al.* 1993, Dessalles *et al.* 1995a, Dessalles *et al.* 1995b, Visetti 2004, Sève *et al.* 2005, Bich 2006, Protevi 2009, Sartenaer 2010, Atlan 2011].

Deuxième Partie

bref, parler d'« émergence » veut dire évoquer en même temps l'implication d'une pluralité d'agents, leur coopération, et leur dépendance à l'environnement²⁴.

J'ai, moi-même, discuté une notion théorico-musicale d'« émergence sonologique » depuis longtemps [Di Scipio 1994a, 2008a]. Particulièrement intéressante, dans le contexte opératoire du projet *Écosystème audible*, est la distinction entre « émergence synchronique » et « émergence diachronique » (que j'emprunte à [Visetti 2004]). Au cours de la performance, les circuits CGS créent les conditions pour des phénomènes d'émergence du type justement « synchronique » : ils rendent disponible du son lorsqu'il n'y en a pas, de façon que d'autres circuits composants puissent entrer en relation et ainsi s'échanger de l'énergie (son) et/ou de l'information (extraction de caractéristiques). L'émergence synchronique met en rapport les parties et le tout : un circuit CGS ne fait que créer les conditions minimales pour que d'autres circuits (du type CGS et CTS à la fois) entretiennent des interactions et finalement s'intègrent dans un ensemble ou réseau cohésif (un « tout »).

Les circuits CTS visent, par contre, à créer les conditions pour des phénomènes d'émergence « diachronique », c'est-à-dire pour l'apparition de configurations sonores nouvelles mais destinées à se modifier encore, à se faire et se défaire au cours du temps. Ces dernières, comme nous l'avons vu lorsque nous avons mentionné des notions systémiques telles que la « causalité circulaire » et la « causation descendante » (vers la fin de [1.3.5]), vont rétroagir sur les phénomènes d'émergence synchronique, et devenir ainsi cause et effet à la fois d'un réseau de processus imbriqués les uns dans les autres. En tant que phénomènes émergents de conditions opératoires partagées, « son » et « structure » seront réciproquement liés et interdépendants.

L'entrecroisement et l'interdépendance d'émergence synchronique et diachronique conduisent finalement à des épiphénomènes d'un autre type, de plus long terme, que j'appellerais « effets de forme », qu'on pourra attribuer à une sorte d'« émergence transversale » [Protevi 2009 : 95, Clarke et Hansen 2009 : 18]. Cela veut dire simplement que, une fois terminée, la performance aura en tout cas produit une *forme*, un ensemble de propriétés et proportions – extérieures et aussi postérieures au contexte de la performance – qu'on peut objectiver et fixer en quelque manière (par exemple sur un support d'enregistrement, ou transcrites graphiquement, ou simplement

²⁴ Par extension, on pourrait dire que l'idée d'« émergence » ouvre une troisième voie entre l'idée de « création *ex nihilo* » et celle de remaniement ou de réarrangement de ce qui est déjà donné !

Deuxième Partie

tenues à l'esprit). Il n'y a pas de forme qui ne soit *a posteriori* par rapport au processus situé, partagé et « vivant » de la performance [Di Scipio 2008a].

À ce niveau du discours, l'expérience particulière du projet *Écosystémique audible* semble éclaircir certains aspects généraux au sujet du caractère « vivant » de la performance. La performance a lieu exactement pour occasionner, pendant un certain temps, des phénomènes d'émergence. Elle soulève d'abord la question « qu'est-ce qui se passe ? ». Et aussi « comment cela se produit-il ? ». Avant de déclencher d'autres processus de sémiotisation, sa première signification est simplement que quelque chose est en train de se produire et qu'il se produit d'une certaine façon et pas d'une autre. Dans cette perspective, donc, ***la performance n'est que le devenir-forme des conditions d'expérience données***. Pour l'essentiel elle pourra être pensée en tant que l'événement d'une « forme » (latin *forma*) « à travers » (latin *per*) les circonstances de l'heure et du lieu²⁵. Que la performance soit « vivante » veut dire qu'elle est en train de croître et de devenir un « vécu ». Et que la forme (le phénomène qui vient d'être vécu) n'est pas là, pas encore. La performance *live electronics* se déroule donc comme un *vécu en train de se faire dans un milieu d'expérience hautement technicisé*.

Le performeur et le dispositif écosystémique

Tout cela se produit par un réseau de flux énergétiques (son) et informationnels (analyse et extraction automatique des caractéristiques du son) opéré par un dispositif performatif potentiellement indépendant de l'action d'un performeur. Une fois activé, l'ensemble des circuits de génération et de traitement pourra se dérouler de façon « autonome », bien que selon la « situation » particulière – c'est-à-dire toujours relative à l'environnement circonstant ainsi qu'à d'autres contingences.

Rappelons toutefois que les *Études* du projet *Écosystémique audible* sont conçues, pour la plupart, comme œuvres de concert performées par un ou plusieurs interprètes « électroniciens ». Et qu'il y en a quelques-unes comportant l'engagement d'instrumentistes (percussionnistes dans une version alternative d'*Étude de la réponse impulsionnelle*, et vocalistes dans les deux versions alternatives d'*Étude du bruit de fond*). Lors de l'entrée en scène, tout performeur devient

²⁵ Dans ce passage, je reprends une belle discussion au sujet de la notion d'« expérience » proposée par le philosophe Sergio Vitale [Vitale 2013].

Deuxième Partie

nécessairement une composante d'un organisme ayant déjà son propre potentiel de génération de son et musique – un potentiel tout à fait limité et circonscrit, bien entendu, mais très dynamique et sensible (voire hypersensible) aux changements. La tâche à poursuivre consiste « simplement » à modifier les conditions de fonctionnement du processus global, soit en manipulant les appareils, soit en utilisant des sources sonores (instruments musicaux ou autres). Le performeur devra agir toujours avec beaucoup de circonspection, puisque toute intervention est en mesure d'occasionner une véritable chaîne de causes et effets multiples, dont les conséquences à long terme sont loin d'être exactement prévisibles. Toute action exercée au moment présent va contribuer, directement ou indirectement, à faire émerger le contexte sonore dans lequel on pourra (ou ne pourra pas) exercer d'autres actions dans l'avenir. Même l'inaction pourra avoir des conséquences importantes.

En même temps, il faut que le performeur prenne l'initiative afin de créer les conditions pour l'émergence de comportements systémiques – donc de formes sonores – qui n'auraient jamais lieu sans intervention humaine. C'est là le défi le plus important pour le performeur : aider l'ensemble dont il fait partie à exprimer et délivrer son potentiel, tout en sachant que ce potentiel provient du degré d'interdépendance et du couplage (on pourra dire la « solidarité ») entre les agencements composant l'écosystème. C'est là aussi la possibilité pour le performeur de caractériser ses actions, d'identifier la latitude de ses propres actions.

Dans l'ensemble (à savoir « en situation »), il s'agit pour le performeur de trouver une marge de manœuvre entre liberté individuelle (sous-détermination des actions) et aplatissement sur la fonctionnalité de l'environnement (sus-détermination des actions). Il s'agit de négocier son autonomie d'action vis-à-vis du caractère réticulaire, non linéaire et justement « émergentiel » du dispositif dont il fait partie. Le but ne peut être que d'apporter un élargissement de la gamme des comportements globaux – donc des sonorités, des gestes, des structures musicales – en sachant qu'il faut renoncer à les piloter selon des directives unilatérales, exclusivement subjectives et indépendantes des liaisons écosystémiques. L'entière performance se déroule – au niveau de l'ensemble ainsi qu'au niveau des détails – dans la stricte interdépendance entre les trois agents composant le dispositif complet : appareils mis en place + caractéristiques du lieu + actions des performeurs.

2.4 Génération et traitement de signaux de contrôle (GTSC)

Tous les processus audionumériques décrits dans les deux sections précédentes comportent des paramètres variables mis à jour par des mécanismes particuliers jusqu'ici évoqués par le sigle CNTRL. L'actualisation des paramètres est réalisée par des processus audionumériques de *génération et traitement de signaux de contrôle* (GTSC) en temps réel. L'idée fondamentale est de baser ces circuits sur des propriétés du son telles que détectées par des procédés d'analyse, notamment des mécanismes d'« extraction de caractéristiques sonores ». Dans le cadre opératoire du projet *Écosystémique audible*, la fonction des contrôles ainsi générés consiste d'abord à rendre possible l'autorégulation des circuits de génération et de traitement audio (nous l'avons vu à plusieurs reprises dans les deux sections précédentes). En faisant cela, cependant, ils vont aussi développer les transformations morphogénétiques des sonorités émergeant au cours de la performance, en favorisant l'émergence diachronique de gestes et développements à long terme²⁶.

Dans notre discours, un processus d'*extraction* n'est qu'un processus de traitement un peu particulier, censé analyser un signal audio (signal bipolaire, oscillant dans la gamme de valeurs $[-1, 1]$) pour obtenir une séquence de données, c'est-à-dire un « signal d'extraction » ayant des valeurs uniquement positives (signal unipolaire dans la gamme $[0, 1]$). Les données « extraites » sont finalement « mappées » (mises en correspondance) sur la gamme des valeurs admises par le(s) paramètre(s) audio sous contrôle, et finalement actualisées. L'actualisation du signal de contrôle consiste à *moduler* – à conditionner de façon continue – un ou plusieurs parmi les paramètres des procédés audionumériques intégrés dans les circuits CGS et CTS.

²⁶ Naturellement, l'idée de créer en temps réel « des signaux de contrôle automatiquement dérivés des matériaux sonores » [Mumma 2005 : 48] n'est pas nouvelle. On pourrait mentionner plusieurs exemples pris du répertoire de la musique électronique analogique (surtout par des compositeurs américains d'orientation expérimentaliste — Gordon Mumma, David Rosenboom, Nicolas Collins parmi d'autres). On pourrait mentionner aussi quelques exemples de musique d'ordinateur en temps réel (surtout dans l'ouvrage du compositeur français Philippe Manoury). En tout cas, en vertu de son caractère hybride, réticulaire et justement « écosystémique », l'approche traitée dans les pages suivantes relève d'une perspective tout à fait inédite jusqu'au début des années 2000, et embrassée depuis par plusieurs artistes et compositeurs de la génération plus jeune.

Deuxième Partie

Un *signal de contrôle* est un signal non périodique à basse fréquence. Habituellement, dans le contexte général de l'informatique musicale, les signaux de contrôle sont calculés à fréquence d'échantillonnage réduite (étant donné qu'ils sont des signaux à basse fréquence). Ici, par contre, ils sont calculés à fréquence d'échantillonnage audio – généralement 44,1 ou 48 ou 96 kHz (pour simplifier, les exemples illustrés plus loin prennent pour acquis la fréquence d'échantillonnage $F_e = 44,1$ kHz). Cela requiert des compromis au niveau technique, étant donné que l'extraction de caractéristiques sonores impose le plus souvent une « granularité » de quelques centièmes de seconde (par « granularité du signal de contrôle » j'entends la vitesse de mise à jour des valeurs).

Donc, l'idée centrale consiste à créer un système de contrôle automatisé par des mécanismes d'extraction des caractéristiques sonores. Plusieurs chercheurs se sont intéressés à ce sujet [Todoroff 2002, Verfaille 2002 et 2003] lorsque je mettais en marche le projet *Écosystémique audible*. Toutefois la tâche envisagée était tout à fait inédite (à ma connaissance) : en effet, elle visait à extraire de l'information relative au son total de la salle, lequel normalement comprend le son issu du dispositif lui-même pendant la performance. Par conséquent, les mécanismes de contrôle à réaliser étaient inévitablement imbriqués dans d'autres mécanismes entrelacés et tous ouverts en permanence sur l'environnement. Pratiquement, il s'agit de « systèmes à rétrocontrôle (ou réinjection, ou *feedback*) [...] qui s'auto-régulent » [Verfaille 2003 : 158], mais plus précisément il s'agit de systèmes qui « s'auto-régulent » à partir d'événements non isolés de l'environnement sonore alentour (et pour cause !).

Normalement, les mécanismes de rétrocontrôle sont conçus en visant à réaliser un système *adaptatif* ou même *auto-adaptatif* [Verfaille 2002 et 2003 ; Verfaille *et al.* 2006b]. L'idée d'« adaptation » cependant n'est pas réellement appropriée à notre discours : elle comporte des critères d'optimisation de la performance, elle implique qu'il y ait un comportement optimal à atteindre. Cela implique par ailleurs que les données « extraites » de l'environnement relèvent d'une description fidèle de la réalité physique ou perceptuelle – une description à prendre pour objective ou pour objectivable. À mon avis, ce sont des axiomes de la recherche en informatique musicale qu'il faut remettre en question, et qu'il faut, en tout cas, mettre de côté dans notre travail de recherche-création. Pour l'instant cependant, il convient de glisser sur ce sujet particulier pour avancer rapidement ; on y reviendra plus loin, après la discussion de quelques exemples opératoires.

Je vais diviser mon exposé sur les signaux de contrôle en trois étapes :

Deuxième Partie

- l'extraction de l'information – à savoir l'analyse de quelques caractéristiques du son qu'on peut regarder comme traits distinctifs de l'événement sonore ; cela produit des séquences de données, des « signaux d'extraction » ; dans certains cas, cela fournit aussi des données individuelles, à utiliser comme contrôles instantanés (non pas comme signaux) ;
- le traitement des données ainsi extraites ;
- la mise en correspondance (*mapping*) de la gamme des valeurs obtenues par le traitement sur la gamme des valeurs admises par le(s) paramètre(s) à contrôler.

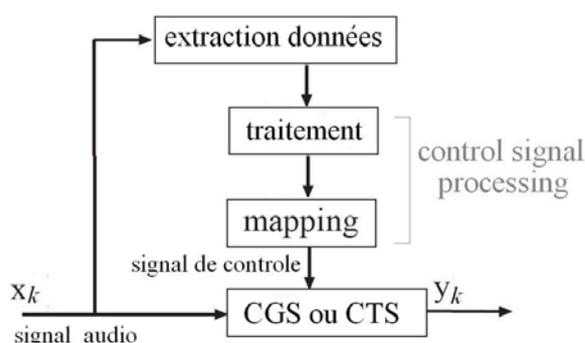


Fig1-25

Ici k est l'indice du temps discret, x_k est le signal à traiter, y_k est le signal traité.

Le *mapping* terminé, le signal obtenu actualise un ou plusieurs paramètres des processus numériques impliqués dans les circuits CGS ou CTS. Dans les chapitres précédents, les trois étapes ont été regroupées sous le sigle CNTRL (« signal de contrôle »).

En passant, notons l'équivalence fonctionnelle de ces trois étapes avec la structure tripartite des processus cognitifs : *sensing* (détection du phénomène dans l'environnement et son « codage », c'est-à-dire transformation en données traitables au niveau supérieur), *processing* (traitement) et *effecting* (application ou « activation », au sens de « mise en place de l'action »). Dans l'ensemble, les trois étapes visent à transformer les propriétés détectées dans le phénomène physico-acoustique en *information* [Etxeberria *et al.* 1994, von Foerster 2003 : 54].

Comme je l'ai signalé un peu plus haut, la première étape soulève des problèmes intéressants pour une épistémologie de la musique visant à approcher la performance en tant qu'événement « vivant » (on y reviendra). La deuxième et la troisième jouent un rôle plus spécifique. La deuxième – le traitement de l'information – relève d'une perspective qui assigne un potentiel

Deuxième Partie

musical à un réseau d'opérations au niveau du signal audionumérique [Di Scipio 2008a]. L'enjeu de la troisième étape – le *mapping* – est reconnu depuis très longtemps en tant que dimension opératoire cruciale pour la conception d'interfaces interactives [Verfaille et Arfib 2001 ; Arfib *et al.* 2002, Filiatriau et Arfib 2005 ; Verfaille *et al.* 2006a ; Verfaille 2006] ainsi que du logiciel d'assistance à la composition [Doornbusch 2002 et 2010]. Notons aussi que la deuxième et la troisième, prises ensemble, forment un segment disciplinaire un peu particulier de l'*audio signal processing* (traitement du signal audio) que j'aime appeler *control signal processing* (traitement du signal de contrôle). C'est précisément par le dessin et la conception de contrôles entrelacés et interagissant en temps réel qu'il est possible d'opérationnaliser un réseau de processus génératifs de type non représentationnel : toute approche de représentation symbolique de la musique – telle que normalement pratiquée dans la « composition assistée par ordinateur » (à base de contrôles MIDI ou autres formes de codage symbolique) – est remplacée ici par un réseau d'opérations à échelle microtemporelle, selon une perspective subsymbolique et justement « émergentielle » de la création musicale [Di Scipio 1993, 1994a, 2003, 2008a, Vaggione 2008].

2.4.1 Méthodes d'extraction de l'information

Quels mécanismes d'extraction de l'information convient-il d'envisager ?

En théorie, on peut compter sur une gamme assez large de méthodes. Les exemples les plus communs [Todoroff 2002] comprennent la détection et le suivi de la hauteur (*pitch tracking*), la détection des pics d'amplitude (*peak tracking*) et le suivi de l'enveloppe d'amplitude (*amplitude following*), la détection des rythmes (*rhythm tracking*), la détection et la séparation entre les composantes harmoniques et non harmoniques du spectre des fréquences (*voiced/unvoiced tracking*), etc. D'autres auteurs fournissent des taxonomies plus structurées, selon une variété de critères de classification [Verfaille 2003 : 103-146, Peeters 2004, Widmer *et al.* 2005]. Plusieurs auteurs remarquent l'importance de classer les propriétés du son en termes de catégories perceptuelles, spécialement lors du traitement des attributs multidimensionnels tels que le « timbre » [Peeters *et al.* 2011].

En ce qui nous concerne, il faut prêter attention aussi à des facteurs pratiques. En premier lieu, les processus d'extraction à réaliser devraient tourner tous en temps réel ; il y en aura probablement plusieurs, intégrés avec beaucoup d'autres processus de traitement tournant simultanément. Tout ça ne devra aucunement remettre en question la fiabilité et la robustesse de

Deuxième Partie

l'ensemble complet des processus audionumériques. En second lieu, nous prenons en compte que, dans l'usage plus commun des méthodes d'extraction, les sons à analyser sont des sons bien connus et bien caractérisés par avance, au moins dans leurs aspects les plus importants : on peut alors ajuster et optimiser l'extraction en fonction d'informations préalables. Par contre, dans notre cas, cela est tout à fait impossible, le son d'ambiance est par définition plutôt indéterminé, et comprend une variété d'événements sonores non isolés et non isolables d'autres événements sonores simultanés : une caractérisation préalable, même approximative, est hors de question. On est donc poussé à renoncer aux méthodes opérant en fréquence (algorithmes d'analyse FFT et similaires) ainsi qu'à mettre de côté les méthodes ayant tendance à travailler de manière efficace uniquement lorsque la source sonore est très bien déterminée et isolée. La recherche sur la perception auditive dans des environnements complexes et sur la perception de sons environnementaux pourrait fournir des suggestions intéressantes [Bregman 1993, Misdariis *et al.* 2010, Bouillet 2005 : 43-51], toutefois elle se penche justement sur des enregistrements sonores de longue durée, sans aucune nécessité de réaliser l'analyse en temps réel.

Lorsque j'ai commencé à travailler sur le projet *Écosystème audible* (entre 2001 et 2002) je me suis directement tourné vers des méthodes très simples, fondées sur quelques processus de traitement dans le domaine du temps – les plus faciles à réaliser à l'ordinateur et les plus économiques quant au poids computationnel. En ce temps-là, je n'avais pas connaissance de la variété des méthodes qui auraient pu me convenir [Todoroff 2002, Verfaillie 2002, Verfaillie 2003 : 116-122, Collins 2006] et, par ailleurs, en partie expérimentées déjà dans certaines approches de « musique interactive » [Rowe 1993, Bullock 2008]. Mais c'était probablement une bonne chose ! Je veux dire que j'ai pu me concentrer moins sur la réalisation de méthodes d'extraction optimales que sur les fonctions systémiques qu'elles auraient pu avoir dans un réseau de processus censés se dérouler de façon autonome. Évidemment, le but n'était pas d'aboutir à « un système vraiment exhaustif pour caractériser des signaux sonores » [Peeters *et al.* 2011 : 2903], ni d'avancer une description opératoire de catégories perceptuelles préalablement fixées : le but était plutôt de bricoler avec des processus d'analyse assez élémentaires mais aisément réglables *ad hoc* selon une logique globale visant à aboutir à une certaine autonomie de comportement musical.

Il faut éclaircir le fait que, en tant que première étape dans la génération de signaux de contrôle, l'extraction de l'information est regardée ici comme un territoire disponible à

Deuxième Partie

l'expérimentation créative, pas un outil à utiliser « comme il faut », selon des critères indépendants du travail de création. Partant, ici nous regardons la génération et le traitement en temps réel des signaux de contrôle comme le cadre opératoire pour parvenir à composer les relations dynamiques entre les multiples agents du dispositif performatif, donc pour parvenir finalement à « composer les interactions » [Di Scipio 2003]. Tout détail à ce niveau comporte la possibilité (ou l'impossibilité) de faire émerger des gestes et des structures sonores pendant la performance.

2.4.2 Mécanismes d'extraction de caractéristiques primaires

Tout d'abord nous allons examiner certains mécanismes capables de détecter quelques-unes des *caractéristiques sonores primaires* et d'en suivre les variations dans le temps. On appellera « primaires » ou « de base » les caractéristiques n'étant pas fondées sur la mise en rapport avec les autres caractéristiques, donc évaluables de façon directe. On commencera par le *niveau d'énergie* du signal et par les *pics d'amplitude*. Ce sont des mesures effectivement « du signal » (pas « du son »), toutefois leurs variations ont une pertinence, une influence directe au niveau auditif et musical (degrés et pics d'intensité).

INTGR-1/Variations d'énergie à court terme

Par *énergie* d'un signal numérique s'entend la « somme de toutes ses valeurs d'amplitude au carré ». Comment nous l'avons vu dans un passage précédent, le niveau d'énergie d'un signal audionumérique est calculé comme « valeur efficace d'amplitude », équivalant à la racine carrée de la moyenne des carrés (*root mean square, RMS*) des valeurs absolues des échantillons.

$$E = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |x(n)|^2$$
$$y_k = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^{n=N} |x_{k-n}|^2}$$

Form1-1

Pratiquement, le signal y_k est calculé à partir de segments du signal audio d'entrée x_k : chaque valeur successive y équivaut à l'énergie moyenne d'un segment de N échantillons (durée effective de quelques dizaines de millisecondes). Ce « signal d'extraction » sera un signal unipolaire de basse fréquence suivant *grosso modo* les variations d'amplitude du signal audio. Le mécanisme

Deuxième Partie

en question est donc un « suiveur » de l'enveloppe d'amplitude (comme nous l'avons vu, un tel mécanisme est utilisé dans le circuit de génération LAR, Larsen autorégulé [2.2.1]). Il s'agit d'une méthode d'analyse statistique dont la précision se réduit lorsque N grandit.

Notons que tout cela équivaut au « calcul des moyennes mobiles » (*moving averaging filter*), formalisable comme un simple filtre RIF passe-bas :

$$y_n = (A x_n + B x_{n-N})/N$$

ici $n = [1, N]$ et $(A + B) < 1$.

Dans ce simple filtre, connu aussi comme « filtre intégrateur » [Oppenheim *et al.* 1998 : 35], la fréquence de coupure est égale à $1/N$, correspondant à l'inverse du temps d'intégration $Fe/(N \cdot Te)$. On appellera **INTGR-1** le signal d'extraction ainsi obtenu. Normalement, on fixe le temps d'intégration entre 10 ms et 50 ms.

Comme le suggère [Del Duca 1987 : 231], en alternative, on peut utiliser un filtre RII tel que le suivant :

$$y_n = A \text{ abs } x_n + B y_{n-N}$$

on assignera aux coefficients A et B des valeurs assez petites, telles que le filtre puisse demeurer un filtre stable.

Dans l'ensemble il convient de schématiser le mécanisme qu'on vient de décrire de la manière suivante :

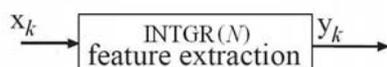


fig1-27

INTGR-2/Variations d'énergie à long terme

Reprenons ce dernier mécanisme. Si le temps d'intégration (le segment de N échantillons) est très long, il suivra les changements de niveau de façon évidemment moins précise. Néanmoins, cela pourra fournir une description statistique des variations d'énergie à plus long terme, une estimation de « combien active » est une source sonore pendant un laps de temps de plusieurs secondes. Ce n'est rien plus un « suiveur d'amplitude », mais il peut nous donner une information potentiellement utile. Rappelons que le mécanisme opère à l'intérieur d'un réseau de circuits de génération et de traitement structurés selon une logique récursive : avec un temps d'intégration assez long, le signal obtenu – que nous pourrions appeler INTGR-2 – fournira une estimation de

Deuxième Partie

« combien actif » le réseau a été pendant les derniers $Fe/(N \cdot Te)$ secondes (cela pourrait être plusieurs minutes).

Notons aussi que, en allongeant la « fenêtre » d'intégration, les valeurs RMS seront toujours plus petites, s'approchant de zéro (cela vient évidemment du calcul de la moyenne arithmétique) ; dans les étapes successives de la construction du signal de contrôle, il sera procédé à la multiplication du signal INTGR-2 par un facteur arbitraire, tout en limitant le résultat utile à la gamme normale [0, 1].

Naturellement, les mécanismes INTGR-1 et INTGR-2 sont seulement deux cas bien séparés d'une gamme de solutions plus vaste, selon la longueur de la fenêtre d'intégration. En général, dans le projet *Écosystémique audible*, le suivi du niveau d'énergie fournit la base pour plusieurs signaux de contrôle, à plusieurs échelles temporelles. On verra plus loin des exemples concrets.

INTGR-3/Variations de « densité temporelle »

Considérons les signaux audio de type impulsionnel tels que générés par les circuits MIAR et LAR-Mod (dans *Étude de la réponse impulsionnelle* et *Étude du silence*). La tentative de suivre l'évolution de l'énergie moyenne d'un signal audio de ce type ne va pas de soi, et peut amener aisément à produire des données aberrantes : cela vient du fait que la structure du signal consiste en une séquence d'événements (beaucoup) plus brefs que le temps d'intégration. Il est vrai qu'à l'entrée du suiveur on a le son diffusé dans la salle et repris par les micros, donc non pas les impulsions synthétiques mais les impulsions reflétées par les parois de la salle (impulsions + réflexions). Mais la question demeure, car il s'agit encore d'impulsions très courtes : si le nombre d'impulsions par fenêtre d'intégration est petit, le mécanisme produira des valeurs RMS presque nulles ; au contraire, si les impulsions sont nombreuses, les valeurs RMS seront plutôt grandes, même si l'amplitude réelle est identique. En effet la « caractéristique » qu'on essaie ici de détecter est une propriété *d'ensemble*, à savoir appartenant moins à *un* événement sonore qu'à une *trame* de micro-événements sonores (la trame des impulsions reflétées dans la salle). En d'autres termes, s'il y a quelque chose que notre mécanisme est en mesure de suivre c'est la *densité temporelle* des micro-événements (nombre d'événements par unité de temps, c'est-à-dire dans la fenêtre d'intégration). Pour des valeurs N vraiment grandes (équivalentes à la seconde ou à des dizaines de secondes, par exemple), ce qui est détecté est pratiquement la quantité moyenne de pics d'amplitude du signal.

Deuxième Partie

Or, « densité » et « intensité » sont attributs corrélés de la perception auditive. Même si la recherche psychoacoustique s'est adressée très rarement aux sonorités de type impulsionnel et texturé [MacKay 1984, Pierce 1990, Bregman 1990 : 116-121], il est connu que la perception d'intensité dépend non seulement de l'amplitude mais aussi d'autres facteurs, parmi lesquels la *durée* des sons. La perception des impulsions revêt en ce sens un intérêt tout particulier [Boullet 2005 et 2008]. En ce qui nous concerne, il suffit de constater empiriquement qu'une séquence d'impulsions plus fréquentes semble plus « forte » qu'une séquence d'impulsions moins fréquentes, même si le pic d'amplitude est identique. Paradoxalement, si le train d'impulsions est périodique, le suiveur d'amplitude fonctionne plutôt comme un suiveur de fréquence : plus les impulsions sont fréquentes, plus les valeurs RMS sont grandes. Cependant, nous allons prendre en compte n'importe quelle structure séquentielle d'impulsions, périodique ou non périodique, structurée (rythme) ou aléatoire (texture). Bref, le mécanisme INTGR-3 fonctionne en *suiveur de densité* (nombre d'événements dans l'unité de temps donnée).

INTGR-Sup, INTGR-Inf/Niveaux d'énergie à différentes régions en fréquence

Le signal audio en entrée est préalablement soumis à deux filtres RII en parallèle, passe-bas et passe-haut, ayant la même fréquence de coupure. Ensuite, les deux signaux filtrés sont séparément soumis au calcul du niveau d'énergie (comme dans le calcul d'INTGR-1).

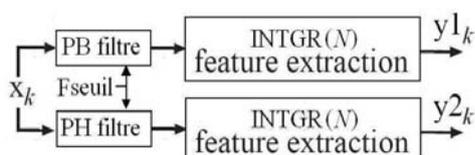


fig1-28

Supposons que la fréquence de coupure des filtres soit équivalente au centroïde spectral (valeur centrale ou « centre de gravité » du spectre) du signal en entrée. Les deux signaux $y1_k$ et $y2_k$ correspondent aux variations d'amplitude chez les deux macrorégions spectrales, au-dessous et au-dessus du centroïde. On obtient donc deux courbes de variation, INTGR-Inf et INTGR-Sup.

Comment on l'avait précisé ailleurs [2.3.1], la valeur du centroïde est fixée avant la performance, en analysant le son d'ambiance en situation de « silence ». Pour la déterminer, on peut utiliser des méthodes classiques d'analyse spectrale (FFT). Toutefois, par souci de cohérence avec l'ensemble des mécanismes qu'on est en train de décrire, on préfère ici réaliser une recherche automatique de la fréquence de coupure à partir de laquelle les énergies moyennes

Deuxième Partie

de $y1_k$ et $y2_k$ convergent (c'est une stratégie plus grossière, mais très simple à mettre en œuvre et à calibrer pendant les répétitions musicales, à plusieurs reprises si nécessaire). Au cours de la performance, INTGR-Inf et INTGR-Sup exprimeront l'évolution des énergies dans la salle, dans les deux macrorégions en fréquence.

Il va de soi qu'il serait possible d'étendre la portée d'une telle méthode en ayant recours à un banc de filtres passe-bande ayant des fréquences centrales équidistantes ainsi qu'un nombre correspondant de mécanismes d'intégration du niveau d'énergie. En pratique, plus grand est le banc de filtres, plus proche nous sommes à répliquer un *vocoder* (banc de n filtres analytiques, répartis uniformément dans le domaine des fréquences) voire l'analyse TDF (« transformée discrète de Fourier » à n canaux) [Bellanger 1998 : 67-70]. Évidemment le poids computationnel d'une telle solution augmente en fonction du nombre de filtres/canaux d'analyse. Dans la plupart des cas, je me limite à une division binaire du domaine des fréquences (comme je l'ai fait pour *l'Étude de la réponse impulsionnelle* et *Étude du feedback*). Cependant, parfois, j'ai utilisé des filtres passe-bande très sélectifs pour détecter des fréquences spécifiques (dans *Texture-Multiple* pour six instruments et électronique *live*, 1993). Pour l'installation *Modes d'interférence n° 3* (2007) j'ai réalisé un banc de six (ou douze, dix-huit...) filtres passe-bande pour déterminer la vibration des cordes d'une (ou deux, trois...) guitares électriques.

2.4.3 Mécanismes d'extraction de caractéristiques secondaires

Les signaux obtenus par extraction des caractéristiques primaires (INTGR) sont eux-mêmes soumis à un second pas d'analyse. Cela produit des données à regarder comme « caractéristiques de seconde ordre » (ou « méta-descripteurs » [Verfaille 2003 : 103 et 131-135]). Le but sera donc la détection de propriétés statistiques plus générales et abstraites que les caractéristiques sonores primaires, dont les variations arrivent dans un laps de temps généralement plus long. Les valeurs produites sont mises à jour à vitesse (beaucoup) plus lente que celles des caractéristiques primaires. On devra les utiliser surtout comme données de contrôle actualisées de temps en temps, régulièrement ou pas.

Détection des valeurs maximales d'énergie :

La tâche la plus simple consiste à détecter l'amplitude maximale atteinte par un signal d'extraction type INTGR dans un certain laps de temps. La valeur ainsi obtenue, dans la gamme normale $[0, 1]$, est mise à jour périodiquement. Prenons en considération trois cas concrets :

Deuxième Partie

AbsMaxLoc/Valeur maximale locale d'énergie

Détection du pic (valeur maximale absolue) d'un signal type INTGR dans un laps de temps. Soulignons qu'il s'agit du pic dans la variation du niveau d'énergie, donc idéalement dans l'enveloppe d'amplitude – pas du pic d'amplitude du signal audio. On verra très tôt à quoi cela peut servir.

DepSeuil/Dépassement de seuil

Détection de combien de fois un signal INTGR dépasse un certain seuil d'amplitude (préétabli ou obtenu par d'autres mécanismes d'analyse) dans le laps de temps donné. La valeur détectée est un nombre entier positif, dont le maximum est indéterminé. Le seuil est fixé « à la main », avant et pendant la performance. En principe, la détection de nombreux dépassements signalera une certaine vitesse et variété dans l'évolution des niveaux d'énergie (voire une évolution trop erratique), tandis que la détection de dépassements plus rares signalera des comportements plus stables (voire l'absence complète de variations importantes). Cela constitue une information utile pour actualiser des paramètres censés aboutir éventuellement soit à une plus dense soit à une plus paresseuse activité sonore.

MaxLocDiff/Différence entre plusieurs valeurs maximales d'énergie

Lorsqu'on utilise plusieurs microphones comme « sources de contrôle » (M2), on peut soustraire la valeur d'amplitude maximale détectée à partir d'un micro à la valeur détectée à partir d'un autre micro ; cela permettra d'évaluer où, dans la salle, le son a été d'intensité majeure dans le laps de temps donné (« où » relativement à la disposition des microphones, bien sûr). Les différences sont à imputer aux propriétés acoustiques des différentes niches à proximité des micros.

Au cours de la performance, ces trois mécanismes vont modifier quelques paramètres importants dans le processus de génération et de traitement. Par exemple, la détection des pics du son total de la salle (AbsMaxLoc) est utilisée pour réduire l'amplitude des signaux audio en entrée (en entrée aux CGS et aux CTS à la fois). Cela va s'ajouter aux mécanismes de régulation du *feedback* au niveau local (les signaux type CNTRL mentionnés auparavant [2.2]), en créant ainsi une sorte de mécanisme d'autorégulation générale du *feedback* de l'ensemble des circuits. Ce type de rétrocontrôle a une incidence importante dans la gestion des boucles de *feedback* audio (circuits de génération tels que LAR, LAR-Del et LAR-Mod), dans des œuvres comme *Étude du bruit de fond* et dans *Étude du feedback* – ainsi que dans plusieurs de mes installations

Deuxième Partie

sonores²⁷. La différence des valeurs maximales (MaxLocDiff) est utile pour déterminer le délai des lignes à retard du circuit DMX (déphasages sur les haut-parleurs), généralement afin de compenser les différences détectées. C'est le cas particulièrement dans *Étude sur la réponse impulsionnelle* et *Étude du bruit de fond*.

Il est important de noter que la détection des pics (AbsMaxLoc) est destinée aussi à contrôler en proportion directe le signal en entrée des mécanismes d'extraction type INTGR : lorsque les pics sont forts, le mécanisme produit des signaux plus forts, en favorisant des réactions et des autorégulations plus efficaces dans l'ensemble des circuits. Cela entraîne une sorte d'*autorégulation des signaux de contrôle* dont la nécessité systémique est d'introduire dans les processus audionumériques une forme de *sensibilité* aux conditions sonores environnantes.

Une logique similaire est impliquée lorsqu'on utilise les caractéristiques secondaires pour modifier la fenêtre d'intégration des mécanismes d'extraction des caractéristiques primaires – dont elles-mêmes découlent. Ainsi, par exemple, on fait en sorte que plus le pic d'énergie (donnée secondaire) décroît, pendant le laps de temps précédent, plus la fenêtre d'intégration pour extraire le niveau d'énergie (donnée primaire) s'allongera, dans le laps de temps successif ; et vice-versa, plus fort est le pic, plus courte sera la fenêtre. Dans la performance d'*Étude du feedback*, la fenêtre d'intégration pour l'extraction du niveau d'énergie se déplace entre 6 et 12 secondes, en proportion inverse de AbsMaxLoc (plage [0, 1]) et DepSeuil (plage [0, valeur entière positive indéterminée]). Cela relève d'une idée précise : la croissance des pics (AbsMaxLoc) et la variété des développements dynamiques (DepSeuil) qu'on aura pu observer vont pousser les mécanismes d'extraction des caractéristiques primaires à raccourcir leur temps d'intégration : au tour successif, cela leur permettra de « faire plus attention au détail », pour ainsi dire, et d'exercer par conséquent une autorégulation plus efficace. Au contraire, si ces valeurs décroissent, le système pourra « se relaxer » et « prendre son temps ». C'est un autre aspect de l'autorégulation de la sensibilité du système aux conditions externes, croisé avec le mécanisme de rétrocontrôle sur l'amplitude du signal en entrée mentionné juste avant.

²⁷ C'est le cas de *Sans titre 2005* et de *Sans titre 2016*, où les micros sont dispersés quelque part dans une salle plus ou moins grande. Cependant, une stratégie très semblable est à l'œuvre dans deux installations pour lesquelles les micros miniatures sont placés dans des tuyaux ou des bouteilles — je parle de *Conduites publiques* (2011) et *Chambres privées* (2008-2009), conçues sur commande de la Galerie Mario Mazzoli de Berlin.

Deuxième Partie

Ces mécanismes d'autorégulation de l'extraction d'information réalisent pratiquement une « régulation de la régulation » – un processus d'ordre supérieur plutôt commun chez les systèmes biologiques (voir par exemple [von Foerster 2003, Bich 2012 : 35])²⁸. Ils pourraient être regardés comme des mécanismes d'adaptation aux conditions sonores externes. Sauf qu'il s'agit plutôt d'« auto-adaptation », puisque la plupart des sons dans la salle – après le début de la performance – sont ceux issus de l'ensemble des circuits CGS et CST. Le dispositif complet devient pratiquement un système « auto-éco-observant », c'est-à-dire un système qui s'observe lui-même *dans et par la médiation de* son milieu extérieur (l'auto-éco-observation est un critère fondamental dans les systèmes vivants – naturels et sociaux – dits « systèmes autopoïétiques » [Maturana et Varela 1980, Maturana 2002, Mancilla 2011]).

Détection des laps de temps :

Dans le contexte d'*Écosystème audible*, il y a au moins deux mécanismes d'extraction destinés à relever les laps de temps s'écoulant entre deux événements :

DurDepSeuil/Temps entre deux dépassements de seuil

Il s'agit de mesurer la durée pendant laquelle un signal type INTGR demeure au-dessus ou au-dessous d'un seuil fixé, naturellement dans la gamme normale [0, 1]. En outre, on pourra voir éventuellement si la durée ainsi détectée est, elle, plus longue ou plus courte qu'une valeur de durée donnée [valeur entière positive]. Noter que ce dernier constitue un mécanisme d'extraction de l'information « d'ordre plus haut », visant à détecter une caractéristique encore plus abstraite par rapport aux données primaires.

Ce type de détection a une grande importance dans *Étude du bruit de fond*. En premier lieu, chaque nouvelle valeur de DurDepSeuil va changer les temps de délai de DMX [2.3.4], et va ainsi déterminer un léger déphasage du son de LAR-Del (boucle d'accumulation du son ambiant) sur les haut-parleurs (cela pourra produire à la fois une accumulation plus rapide ou plus lente, selon le cas). En outre, lorsque finalement l'intensité du son issu de LAR-Del demeure au-delà du seuil pour un laps de temps plus long que la valeur fixée (20 secondes), tous les tampons mémoire seront « vidés », de sorte que les circuits de traitement n'auront plus rien à traiter et le circuit d'accumulation par *feedback* devra éventuellement commencer tout à nouveau, comme

²⁸ Pour insister sur la métaphore biologique, on peut penser ces mécanismes d'autorégulation de deuxième ordre comme une sorte de « système immunitaire » du réseau audionumérique mis en place.

Deuxième Partie

« du début ». En termes d'analyse systémique, c'est un point de « rupture morphologique », une « catastrophe » [Le Moigne 1977 : 231]. En termes plus musicaux, c'est un point de climax, suivi immédiatement par une pause étendue – plus ou moins silencieuse – après laquelle le processus va repartir à nouveau. Le silence sera probablement interrompu par des résidus, des « déchets sonores » très courts, retransmis par les lignes à retard du circuit RED.

Un tel exemple montre que la segmentation musicale d'*Étude du bruit de fond* est occasionnée par des échanges et des interactions au niveau du traitement du son et des conditions sonores liées au lieu particulier²⁹. Ici, alors, le son n'est pas *matière* à forger, mais *énergie* et *information* à saisir pour ainsi dire « au vol », au cours de la performance. La forme émerge – en temps réel ainsi qu'en espace réel – de l'information qu'on arrive à « extraire » (ou mieux, créer) au niveau des détails de la trame sonore. Les détails qu'on aura pu saisir et caractériser deviennent des facteurs morphogénétiques de la musique : la musique prend forme à partir du bruit de fond de la salle et du couplage du dispositif électroacoustique à l'environnement sonore de la salle [Di Scipio 2011].

DéLMic/Délais entre les pics d'énergie détectés à partir de microphones différents

Détection du temps écoulé entre les pics d'énergie de deux signaux INTGR, un relatif au micro M1, l'autre relatif à M2. Le but est pratiquement de mesurer le délai par lequel un transitoire d'intensité forte (par exemple un transitoire d'attaque plutôt marqué) parvient aux deux microphones éloignés l'un de l'autre. Cela dépend évidemment de la vitesse du son (344 m/s) et de la distance des haut-parleurs. L'orientation et la latitude du champ acoustique (le diagramme polaire) des haut-parleurs et des micros, et même la proximité des parois et d'autres surfaces importantes auront une certaine incidence.

Le délai détecté sera généralement de quelques millisecondes. En utilisant un système de diffusion stéréo, le mécanisme serait équivalent à la détection du délai interaural impliqué dans la perception de la direction d'émission du son (effet de précedence). Mais cela ne pourrait bien fonctionner que pour des transitoires très marqués, dans un contexte complètement silencieux et, comme précisé, pour un système de diffusion stéréo. En outre, il faut reconnaître que, parmi tous les mécanismes d'extraction de l'information décrits ici, c'est le plus ardu à réaliser de façon satisfaisante. C'est pourquoi je l'utilise de façon plutôt intuitive, par tentatives et erreurs.

²⁹ Une logique similaire est naturellement à la base d'*Étude du bruit de fond (dans le canal vocal)* et de quelques œuvres pour instruments et électronique (*Texture-multiple, 3 morceaux muets, 2 pièces d'écoute et surveillance*).

Deuxième Partie

Dans *Étude de la réponse impulsionnelle*, la valeur DélMic va contrôler le circuit de traitement DMX, afin de raccourcir ou allonger le délai des lignes à retard multicanales. Le léger déphasage ainsi entraîné modifie la microstructure temporelle des réflexions sonores de la salle, et cela a des effets à la fois constructifs et destructifs sur l'entrée du son dans la boucle en *feedback* du sous-circuit LAR-Mod.

Autres mécanismes d'extraction de l'information

Les mécanismes d'extraction des caractéristiques secondaires que nous venons de voir, produisent des séquences de données mises à jour à des laps de temps de quelques secondes (ce sont des signaux de très basse fréquence). À côté, il y a des mécanismes travaillant plus vite, avec une certaine continuité (mis à jour au temps d'échantillonnage, T_e).

DiffSupInf/Différences d'énergie à différentes régions en fréquence

Revenons aux signaux INTGR-Sup et INTGR-Inf, les variations du niveau d'énergie à deux différentes macrorégions en fréquence, au-dessus et au-dessous du centroïde spectral de la salle (voir fig1-28). Effectuons la soustraction entre les deux. Le « signal-différence » obtenu se balancera autour d'une valeur moyenne équivalant au centroïde spectral du bruit de fond de la salle : s'il y a plus d'énergie aux fréquences supérieures, le signal se déplace au-dessus de la valeur moyenne, s'il y a plus d'énergie aux fréquences inférieures, le signal se déplace au-dessous. Un tel mécanisme travaille alors en « suiveur de brillance ». Pour la psychoacoustique, la brillance (*brightness*) du son « est fortement corrélée avec le centre de gravité du spectre » [Krimphoff *et al.* 1994 : 625], et le centroïde spectral est défini comme « le pivot entre hautes fréquences aiguës et basses fréquences » [Wallmark 2014 : 57].

Ce signal pourra piloter, par exemple, la translation en fréquence des processus de ré-échantillonnage (SAMP) impliqués dans les circuits de traitement (RED). En suivant un critère de compensation spectrale, on fera de manière à transposer le signal audio vers l'aigu lorsque le son en entrée aux micros est « sombre » (valeur DiffSupInf petite), ou vers le grave si le son en entrée est « brillant » (valeur DiffSupInf grande). Une telle stratégie est essentielle dans *Étude du feedback*, par exemple.

DéINTGR/Dérivée du signal INTGR

Effectuons le calcul de l'ampleur du changement de la valeur d'un signal type INTGR : cela veut dire obtenir la dérivée première du signal en question, qu'on peut penser comme la différence ou la « pente » entre les deux valeurs du signal en question. En d'autres termes, faire la dérivée

Deuxième Partie

d'INTGR-1 équivaut à mesurer le « taux de variation » du niveau d'énergie totale dans la salle, d'instant en instant. En principe, il y a plusieurs méthodes pour obtenir cette dérivée. Ici, on a besoin du calcul des « différences finies décentrées en direction rétrograde³⁰ » :

$$d_k = \frac{y_k - y_{k-1}}{N \cdot T_e} \quad \text{Form1-4}$$

$N \cdot T_e$ = durée du segment de signal pris en considération.

En général, la « dérivée première » d'un signal type INTGR est énormément utile pour réaliser les mécanismes d'autorégulation à long terme. On peut aisément obtenir la dérivée seconde (dérivée de la dérivée première) et les dérivées d'ordre supérieur. On peut aussi calculer des dérivées supplémentaires, à différents laps de temps ($y_k - y_{k-2}$ ou $y_k - y_{k-3}$ etc.). Ces dernières seraient des « sections de Poincaré », c'est-à-dire des trajectoires représentatives des variables d'état d'un système dynamique composé par n mécanismes type INTGR. Enfin, on peut détecter la *variance* du signal INTGR, à savoir l'écart entre la valeur actuelle du signal et la valeur moyenne dans son « passé récent », dans une fenêtre de temps plus ou moins longue.

Vecteurs d'information et boucle informationnelle

La description des traits distinctifs les plus généraux du phénomène nécessite « la mise en relation » de données indépendamment détectées [von Foerster 2015]. Cela demande de suivre les différences et les corrélations entre deux ou plusieurs signaux issus des mécanismes d'extraction différents, en s'approchant d'une représentation multidimensionnelle de l'évolution dynamique du système. D'autre part, ce ne serait que la généralisation d'une démarche déjà examinée lorsque nous avons décrit des mécanismes tels que DiffSupInf et DélMic (données obtenues par mise en relation de deux signaux d'extraction type INTGR).

En bref, l'ensemble de telles mesures sert à recueillir, au cours de la présentation de l'œuvre, de vrais *vecteurs d'information*. C'est-à-dire un vaste répertoire de traces représentatives du développement du dispositif performatif. C'est la base même pour aboutir à réaliser un système

³⁰ Il nous faut cette méthode, car le calcul se déroule en temps réel en base aux échantillons d'INTGR-1 déjà disponibles : la dérivation « centrée » et « postgrade » serait applicable si INTGR-1 était un signal enregistré ou préalablement soumis à une ligne à retard. En tout cas, la méthode suivie est la plus directe.

Deuxième Partie

capable de développer un minimum d'« autonomie ». De cette façon, le dispositif pourra en toute autonomie (1) suivre l'évolution à long terme des données qu'il a su « extraire », et (2) utiliser de telles données pour modifier et réorganiser ses propres fonctions de génération et traitement du son. Notons cependant que la tâche 2 rétroagit sur la tâche 1 : du fait de la structure récursive de notre approche, tous les mécanismes d'extraction de l'information sont effectivement des boucles systémiques. Dès qu'elle vient d'être concrètement actualisée pour moduler les paramètres des CGS et des CTS, l'information « extraite » va toujours conditionner l'information « à extraire ». Les circuits de génération et traitement des signaux de contrôle forment donc *une boucle informationnelle structurellement imbriquée dans la boucle énergétique* des circuits de génération e traitement audio (on y reviendra dans [2.5]).

Évidemment une telle approche est particulièrement convenable et même nécessaire dans la création d'œuvres « installatives », où la nécessité impose que le dispositif ait un certain potentiel d'autonomie opératoire. La plupart des mesures statistiques que je viens de mentionner sont effectivement à l'œuvre lors de la présentation des installations sonores *Chambres privées*, *Conduites publiques* et *Sans titre 2016*. Par souci de concision, il ne convient pas de s'arrêter sur les détails. Mentionnons cependant un mécanisme un peu spécial, utile pour saisir la portée de notre proposition. Les données RMS extraites du son d'ambiance (capté par quatre ou plus microphones) sont accumulées de façon continue : chaque nouvelle valeur est additionnée à la somme totale des valeurs précédentes ; l'accumulation avance pour plusieurs minutes, jusqu'au dépassement d'un certain seuil préalablement fixé ; à ce point-là, le système effectue une réinitialisation forcée de toutes les variables et de tous les paramètres, en faisant ainsi glisser soudainement l'ensemble des processus audionumériques (dans les circuits CGS et CTS) vers une nouvelle étape de développement. Pratiquement, cela entraîne une « transition de phase » dans le processus global de l'unité systémique préalablement nommée « écosystème performatif autonome ».

Il s'agit d'une généralisation de la stratégie d'abord élaborée pour *Étude du bruit de fond* (stratégie que j'avais résumée lors de l'illustration de la « détection de laps de temps », un peu plus haut) : les vecteurs d'information que le système aura pu créer pendant la performance lui offrent une base de connaissances essentielle pour réorienter son processus dans les prochaines minutes. Autrement dit, l'œuvre devient un dispositif capable d'observer son évolution (laquelle cependant dépend de l'environnement) et de modifier son développement (selon des critères

Deuxième Partie

basés sur les informations recueillies, lesquelles évidemment demeurent relatives à l'environnement particulier ainsi qu'au dessin particulier de l'équipement électroacoustique dans l'environnement).

Pour examiner le déroulement d'un tel processus écosystémique, on peut essayer de suivre – au cours de la performance – l'évolution parallèle des données « extraites » et des signaux de contrôle engendrés. Dans sa réalisation d'*Étude du bruit de fond*, Peiman Khosravi, en 2017, a développé une interface graphique en temps réel pour visualiser l'évolution des paramètres variables les plus importants, de manière à pouvoir les observer en détail. Les auteurs d'un article récent [Rimoldi et Manzolli 2016] ont proposé une méthodologie d'analyse d'*Étude du feedback* basée sur la « détection des récurrences », selon lesdits « diagrammes de Poincaré ». En théorie, cette dernière idée équivaut à la tentative de reconstruire l'évolution de quelques-unes des plus importantes variables de contrôle, mais à partir de l'enregistrement d'une performance particulière d'*Étude du feedback* (ma propre performance de 2003). Une approche d'analyse probablement plus appropriée consisterait à entrecroiser les deux propositions, en appliquant les méthodes « récurrentes » de Rimoldi et Manzolli aux signaux visualisés par le logiciel de Khosravi, afin d'en examiner de plus près l'évolution et la corrélation (ou le manque de corrélation).

2.4.4 Traitement des données extraites et achèvement du signal de contrôle

Le flux de données produit par les mécanismes d'extraction de caractéristiques sonores primaires (tels que INTGR, DéINTGR, DipSupInf), constitue *ipso facto* un signal audionumérique basse fréquence, un « signal d'extraction ». Le traitement du signal d'extraction produira un « signal de contrôle » destiné à moduler les paramètres variables des processus audionumériques des circuits (CGS et CTS). Nonobstant que ce soit un signal basse fréquence, il est préférable de le calculer à fréquence d'échantillonnage audio, afin de ne pas perdre en précision numérique.

En principe tout cela devrait en être de même pour les données relatives aux caractéristiques secondaires ainsi qu'aux détections statistiques d'ordre plus haut. Cependant, du fait qu'elles sont actualisées de temps en temps, à intervalles variables et plutôt étendus (plusieurs secondes, parfois minutes), ces données sont normalement utilisées telles qu'elles sont, sans traitement – nous venons juste de voir quelques exemples, dans la section précédente. Naturellement, il pourra

Deuxième Partie

être nécessaire de recourir à des opérations de *mapping*, pour mettre les valeurs de telles données en correspondance avec la gamme correcte des valeurs paramétriques.

Les mécanismes que nous allons décrire maintenant sont dessinés pour transformer un « signal d'extraction » en « signal de contrôle » en ayant recours – pour l'essentiel – à trois types de traitement du signal :

- ligne à retard simple (RIF) ;
- ligne à retard en rétroaction (RII) ;
- filtres passe-bas ou passe-haut d'ordre réduit.

Ces traitements – évidemment de niveau technique tout à fait basilaire – seront utilisés soit individuellement, soit agencés « en cascade » (chaîne de traitements), selon les cas.

DélSimpleLong

C'est une simple ligne à retard (filtre numérique à mémoire *single*) à réponse impulsionnelle finie (RIF). Cela équivaut à un processus numérique déjà examiné en forme d'équation aux différences finies (Form1-3).

$$y_n = C x_{n-N}$$

Dans le cas particulier, le délai sera très long (plusieurs secondes). Pratiquement cela va déterminer *quand*, dans le futur, le signal en entrée (type INTGR ou autre) actualisera les processus audionumériques dans les CGS et les CTS. Cela signifie, donc, qu'une propriété sonore détectée au moment actuel va contribuer à changer les conditions de traitement du son dans un moment à venir.

Dans *Étude de la réponse impulsionnelle*, par exemple, deux lignes à retard de 20 et 30 secondes vont retarder le contrôle exercé par des signaux type INTGR sur l'amplitude de deux traitements granulaires différents (GRD). C'est une sorte de *porte* retardée (un relais de communication, si l'on veut) : le niveau d'intensité du son actuel dans la salle impose le niveau d'amplitude – « ouvre la porte » à – des transformations du signal audio dans un moment à venir. Dans l'*Étude du feedback*, la densité des traitements granulaires (GRD) est sous le contrôle d'un signal INTGR retardé de quelques secondes. Dans l'*Étude du bruit de fond*, les signaux d'autorégulation de la boucle de *feedback* principal (LAR-Del) sont actualisés après un délai de 20 secondes. Dans tous ces cas différents, chaque événement sonore pourra à la fois nourrir le flux des opérations à l'instant actuel et conditionner les opérations qui vont en découler quelques secondes après.

Deuxième Partie

LatenceFiltreComb

Un « signal d'extraction » type INTGR est soumis à une ligne à retard avec *feedback* (filtre récursif, à réponse impulsionnelle infinie, RII). Le délai sera très court (de l'ordre de la centiseconde ou milliseconde). Le gain de *feedback* sera plutôt grand, mais naturellement toujours inférieur à 1 (généralement dans la gamme [0.9, 0.995]). Une telle ligne à retard équivaut pratiquement au classique « filtre en peigne » :

$$y_n = x_n + C y_{n-N} \quad \text{Form1-5}$$

C = le gain de *feedback*, N = délai en échantillons. Si $N = 441$ et $F_e = 44100$, alors temps du délai = $N \cdot 1/F_e = 0.01$ '.

À cause du *feedback*, la ligne à retard fonctionne alors en « accumulateur » : sa réponse impulsionnelle sera plutôt soutenue et s'éteindra après plusieurs secondes. L'effet concret est d'ajouter une certaine « latence » au signal, tout en conservant le profil général. Les pics du signal seront remplacés par des courbes plus douces, et toute variation d'amplitude sera un peu plus souple. Parfois il y aura des artefacts – notamment des ondulations, des petites vagues (*ripples*). Ce sont des micromodulations d'amplitude sur la crête du signal, dont la profondeur et la périodicité sont proportionnelles aux valeurs C et N ; pour les annuler, sans modifier la courbe générale du signal, on peut utiliser un filtre passe-bas à la sortie de la ligne à retard, avec une fréquence de coupure très basse (disons entre 1 et 30 Hz), de sorte à « lisser » les vagues.

Ce traitement particulier est utilisé dans presque tous les contrôles dynamiques réalisés en temps réel dans les *Études* du projet *Écosystémique audible*. Il est utilisé de façon tellement régulière qu'il n'y a pas de sens d'évoquer quelques exemples.

FiltrePB, FiltrePH

On prend en considération des filtres récursifs (RII) de structure extrêmement simple, à réponse en fréquence soit passe-bas soit passe-haut, du premier, deuxième, troisième ou quatrième ordre (plus haut est l'ordre du filtre, plus rapide est la pente de la courbe de réponse en fréquence). Par exemple, le passe-bas du deuxième ordre sera :

$$y_k = x_k + C1 y_{k-1} + C2 y_{k-2} \quad \text{Form1-6}$$

$C1$ = coefficient positif < 2 , $C2$ = coefficient positif < 1 .

Dans le projet *Écosystémique audible*, des tels filtres sont utilisés soit à la sortie d'autres mécanismes de traitement (comme LatenceFiltreComb, comme l'on vient de noter), soit pour limiter un peu la largeur de spectre des signaux audio à l'entrée des mécanismes d'extraction de

Deuxième Partie

l'information. Le but le plus important dans ce dernier cas est d'affaiblir l'énergie des fréquences plus graves, autrement capables d'invalider le bon fonctionnement des mécanismes d'extraction des caractéristiques sonores de base (et par conséquent les mécanismes d'extraction d'ordre supérieur). Il suffira d'utiliser un simple passe-haut, dont la fréquence de coupure sera fixée *ad hoc* vis-à-vis du bruit de fond de l'espace de présentation de l'œuvre.

Dans des œuvres installatives telles que *Modes d'interférence n° 3* et *Chambres privées*, j'ai introduit des filtres (passe-bas et passe-haut, mais aussi passe-bande) dans les circuits CGS, contrôlés par des mécanismes d'autorégulation ; cela afin de modifier la structure de résonance des boucles de *feedback* (comme LAR). C'est un truc, un petit artifice pour varier les sons de l'effet Larsen, tout en sachant cependant qu'ils demeurent largement dépendants des propriétés acoustiques de la salle et de l'équipement disponible. Très récemment, j'ai utilisé une stratégie similaire pour *Étude du silence* et pour une œuvre intitulée *Violations de la présence* (pour violon, électronique *live*, et paysage sonore préenregistré, 2018).

Dans quelques cas, ces filtres sont intégrés aussi dans les processus de traitement audio (CTS). Dans *Étude du feedback*, par exemple, on utilise des passe-haut et des passe-bas pour des raisons purement fonctionnelles, c'est-à-dire pour couper les fréquences trop aiguës ou trop basses éventuellement sortant parfois des modules de ré-échantillonnage (SAMP).

Dans d'autres cas, de tels filtres sont utilisés à des fins plus « expressives », c'est-à-dire pour introduire des variations de timbre : ils deviennent alors des composantes à part entière des circuits de traitement (et, par conséquent, du réseau complet des circuits CGS et CTS). Dans *Étude du bruit de fond*, un filtre passe-haut empêche l'accumulation de fréquences très graves dans le circuit LAR-Del : la fréquence de coupure cependant n'est pas fixée, elle est mise à jour chaque fois que l'intensité sonore totale (niveau d'énergie détecté par INTGR) dépasse un certain seuil (fixé pendant les répétitions musicales, dans la même salle de concert) ; la mise à jour donc arrive à des laps de temps irréguliers, parfois très proches, parfois très distancés ; la valeur de la fréquence est à son tour mise à jour en fonction du temps s'écoulant entre plusieurs dépassements du seuil récents (DurDepSeul). On voit bien comment, à partir d'une exigence simplement fonctionnelle, l'occasion se présente pour introduire des variations justement expressives – lesquelles offrent, à l'oreille, une sorte de ré-égalisation totale du bruit de fond projeté par les haut-parleurs. Bien qu'« expressives », ces variations auront inévitablement elles aussi une incidence structurelle sur le processus de long terme. Dans la performance d'*Étude du bruit de*

Deuxième Partie

fond (dans le canal vocal), un effet similaire est obtenu lorsque le performeur sort le microphone miniature de la bouche, et puis l'y replace après quelques secondes ; de cette façon, la posture du canal vocal va moduler les résonances formantiques imposées au bruit de fond.

2.4.5 Mise en correspondance du signal de contrôle (*mapping*)

Dans notre discours, le *mapping* est l'opération consistant à faire correspondre (ou à « aligner ») la plage des valeurs d'un signal de contrôle avec la plage de valeurs associée à la variable contrôlée (« paramètre »). Plus généralement, c'est la transformation d'un « domaine » ou ensemble ordonné de valeurs en un autre. Il s'agit pratiquement de spécifier la « fonction de transfert » qui permet de passer d'un domaine à l'autre. Dans notre cas, il s'agit généralement de transformer le domaine de nombres réels positifs $[0, 1]$ en un domaine de nombres réels à spécifier (ensemble de valeurs à interpréter comme valeurs de fréquences, de temps, d'amplitude, de phase, etc.).

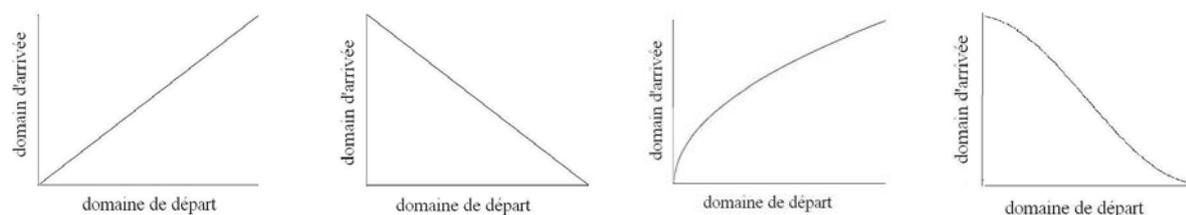
La transformation pourra être linéaire en proportion directe ou inverse (additions et multiplications) :

$$\begin{aligned} \text{Exemples} \quad [0, 1] &\Rightarrow [20, 20000] = (x \cdot 19980) + 20 \\ [0, 1] &\Rightarrow [1, -1] = 1 / ((x \cdot 2) - 1) \end{aligned}$$

ou non linéaire en proportion directe ou inverse (courbes obtenues par élévation à puissance, logarithme, fonctions trigonométriques, etc.) :

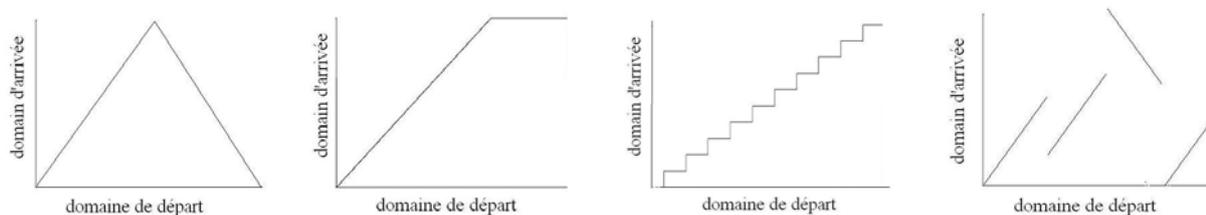
$$\begin{aligned} \text{Exemples} \quad [0, 1] &\Rightarrow [0, 1] = x^{1.5} \\ [0, 1] &\Rightarrow [3, 14, -3, 14] = \sin(1 - x) \end{aligned}$$

Les profils des fonctions de transfert qui correspondent à ces quatre exemples sont les suivants (sans spécification du domaine d'arrivée) :



Avec quelques mathématiques en plus, on pourra obtenir des transformations plus raffinées, voire peut-être arbitraires – telles que les suivantes, par exemple :

Deuxième Partie



L'approfondissement de ce sujet particulier comporte un niveau de formalisation mathématique ou informatique dont on n'a pas besoin aux fins de notre discussion. En tout cas, il est évident que chaque fonction de *mapping* pourra conditionner le réseau d'interactions récursives de façon particulière, en introduisant des redondances microdynamiques, lesquelles, à leur tour, pourront à long terme favoriser la variété des *gestes* et des changements qui vont émerger du réseau de génération et traitement du son. Il est important alors de se pencher brièvement sur le rôle systémique que l'opération de mise en correspondance peut revêtir dans le comportement du dispositif performatif complet.

Critères et stratégies de mise en correspondance

Il faut d'abord établir si le paramètre sous contrôle est « homogène » à la caractéristique sonore extraite pour générer le signal de contrôle. Il y aura homogénéité, par exemple, lors du réglage du niveau d'amplitude en sortie d'un processus de génération audio par le niveau d'énergie du signal dans la salle ; ou lors du réglage du niveau d'entrée du signal audio à un tampon mémoire selon le pic d'énergie qu'on a détecté, disons, il y a 20 secondes. Pas d'homogénéité lors de l'utilisation de la donnée DurDepSeuil (laps de temps s'écoulant entre deux dépassements d'un seuil d'énergie de la salle) pour contrôler, par exemple, la vitesse de ré-échantillonnage du circuit SAMP ou la fréquence de coupure d'un filtre. Les opérations de mise en correspondance seront évidemment plus ou moins arbitraires selon l'homogénéité entre l'information extraite de l'environnement et le paramètre sous contrôle. En outre, tout en préservant l'homogénéité, un signal de contrôle type INTGR pourra être utilisé de plusieurs manières, par exemple pour piloter un niveau *de sortie* (par exemple à la sortie des circuits de génération LAR, MIAR, LAR-Mod, etc.) ou *d'entrée* (par exemple à l'entrée des lignes à retard ou des tampons mémoire utilisés dans d'autres circuits de traitement, tels que RED e GRD). Mais il pourra aussi être mappé pour déterminer de façon arbitraire des valeurs de *fréquence* (vitesse

Deuxième Partie

des impulsions de MIAR, translation en hauteur de RED, fréquence de coupure de FiltrePB ou FiltrePH), de *densité* (GRD) ou enfin de valeurs de *temps* (durée des impulsions de LAR-Mod, durée des grains de GRD, temps de délai de DMX ou de DélSimpleLong). Une fois mis de côté, le critère d'homogénéité, la seule stratégie sensée consiste à expérimenter le raccord entre source de contrôle et paramètre contrôlé de sorte que ce lien soit perceptivement saisissable au cours de la performance ; une difficulté plus importante vient du fait que la connexion pourrait s'avérer saisissable seulement à long (ou très long) terme, spécialement lorsque les circuits impliqués comprennent des lignes à retard de plusieurs secondes.

Revenons à un exemple qu'on a rapidement illustré dans une section précédente [2.2.1]. Dans le mécanisme d'autorégulation de l'effet Larsen (LAR), la génération du signal de contrôle (CNTRL) est basée sur l'extraction du niveau d'énergie du son du micro (INTGR) et sert à régler l'amplitude du signal en sortie de LAR : il y a donc homogénéité, mais le *mapping* nécessaire comporte une relation de proportion inverse (renversement de la gamme des valeurs $[0, 1] \Rightarrow [1, 0]$). Bref, la fonction de transfert est très simple : $CNTRL = 1 - INTGR$.

Supposons, par contre, l'utilisation de INTGR pour piloter la fréquence du sous-circuit SAMP (dans le traitement appelé, dans son ensemble, RED) : il faudra mapper alors le niveau d'énergie $[0, 1]$ sur la gamme des fréquences $[0, Fe/2]$, ou bien sur une portion de la gamme, par exemple $[100, 5000]$. C'est alors un *mapping* arbitraire, comportant une relation de proportion directe entre amplitude et fréquence³¹. Cela nécessite simplement une multiplication et une addition : $CNTRL = (INTGR \cdot 4900) + 100$. Plus arbitraire encore serait d'invertir la proportion et mapper INTGR sur le domaine $[5000, 100]$, à savoir : $CNTRL = ((1 - INTGR) \cdot 4900) + 100$.

Supposons enfin l'utilisation de INTGR pour piloter la densité des grains créés par le sous-circuit de traitement GRD : il faudra mapper le niveau d'énergie sur la plage des valeurs de densité (de 0 à quelques centaines de grains par seconde). Théoriquement c'est un *mapping* arbitraire, car les deux caractéristiques mises en relation sont différentes. Cependant, comme on l'avait noté ailleurs [2.2.3], amplitude et densité sont deux paramètres du phénomène sonore directement mis en corrélation par la perception auditive. En réalisant un *mapping* selon une

³¹ Une solution similaire a été adoptée par Gordon Mumma pour son œuvre *Diastasis, as in Beer* (pour deux guitares électriques et dispositifs de traitement analogique, 1967), ainsi que dans le dessin de son dispositif électronique *sound-modifier console*, de 1970 [Mumma 2015 : 45 et 69].

Deuxième Partie

logique d'inversion des valeurs (densité = $1 - \text{INTGR}$), on peut envisager des situations où des sons *fortissimo* seront traités de sorte à se désintégrer ou s'émietter en granules sonores éparpillés, tandis que des sons *pianissimo* seront traités en s'allongeant en une texture plus « lisse » et dense.

Notons que, par souci de simplicité, ces exemples n'incluent pas la possibilité de soumettre préalablement le signal INTGR à traitements (LatenceFiltreComb, DélSimpleLong, etc.). Notons également que ces diverses opérations de *mapping* pourraient en principe entrer dans le traitement des données extraites. La raison pour laquelle il est préférable d'en discuter séparément est que le traitement audio nécessite des algorithmes beaucoup plus compliqués, visant à façonner les courbes du signal indépendamment de la magnitude de ses valeurs. Dès lors, il est préférable d'effectuer le *mapping* séparément, et de traiter le signal de contrôle – dans son domaine normal $[0, 1]$ – indépendamment de la gamme réelle des valeurs des paramètres à actualiser.

Par ailleurs, une nette séparation entre traitement de l'information et *mapping* final rend possible quelques solutions particulièrement intéressantes. D'abord, on peut tirer de multiples formes de *mapping* d'un même signal de contrôle, de sorte à utiliser un même signal pour actualiser plusieurs paramètres à la fois. Une telle solution produit une bonne cohérence dans l'évolution des paramètres, dont la portée musicale sans doute n'est pas marginale. Il en va de même avec la possibilité de moduler la fonction *mapping* elle-même, en introduisant des variables : ainsi, par exemple, la transformation que nous venons juste de voir – à savoir $[0, 1] \Rightarrow [5000, 100]$ – pourrait être reformulée comme $[0, 1] \Rightarrow [A, B]$, où A et B sont des variables actualisées par d'autres signaux de contrôle ! Ce sont toutes des stratégies de gestion des signaux de contrôle mises à l'œuvre un peu partout dans les *Études* du projet *Écosystème audible*.

On peut, en outre, mélanger plusieurs signaux de contrôle pour en tirer un signal « résumant » l'évolution de caractéristiques sonores différentes. Et, naturellement, on peut utiliser quelques-unes des données secondaires et dérivées [2.4.3] pour modifier un signal de contrôle, par exemple pour l'amplifier ou le réduire, ou pour l'éteindre et le redémarrer selon des événements de dépassement de seuil ou selon d'autres stratégies. Dans le travail de création, tout cela comporte des décisions concernant les interactions entre divers niveaux du réseau des signaux, et nécessite une expérimentation très attentive et de longue durée. L'enjeu, en fin de compte, n'est que la

Deuxième Partie

détermination d'une vraie « syntaxe d'interaction » de laquelle on pourra voir émerger non seulement des « sons » mais aussi des gestes et des structures changeant au fil du temps.

Fonction systémique des signaux de contrôle

L'opération de *mapping* dévoile la signification systémique assignée aux signaux de contrôle – surtout (mais pas exclusivement) – en cas d'homogénéité entre information détectée et paramètre sous contrôle. Dans l'exemple concernant le circuit LAR qu'on a mentionné un peu plus haut, le signal de contrôle revêt une fonction de *compensation* : le contre-balancement entre le niveau d'entrée et le niveau de sortie d'une boucle de *feedback*. D'évidence, cela vient du mécanisme de *feedback* négatif (FBN) dont on avait parlé au début de notre discussion des circuits CGS (voir fig1-2). L'exemple portant sur le contrôle de la densité granulaire (GRD) selon l'inverse du niveau d'énergie (INTGR), compte lui aussi comme exemple de compensation. Par contre, dans l'exemple concernant le contrôle du facteur de transposition en fréquence (SAMP), le signal de contrôle revêt une fonction qu'on peut dire de *complémentarité* directe (plus fort est le niveau, plus aiguë est la translation de fréquence³²).

Prenons un autre exemple. Supposons que la translation en fréquence du sous-circuit SAMP suive la différence entre les niveaux d'énergie de deux régions du spectre, telle que détectée par le mécanisme DiffSupInf. On a dit auparavant qu'une telle information peut être interprétée comme « brillance » du son par rapport à un seuil donné. Effectuons le *mapping* de telle manière que la fréquence de SAMP augmente lorsque le son total de la salle est plus brillant [$0,5 < \text{DiffSupInf} < 1$], et décline vers le grave si le son total est plus sombre [$0 < \text{DiffSupInf} < 0,5$]. Dans un tel cas, on pourra parler de redondance ou de concurrence³³.

Compensation, complémentarité et redondance sont des critères qualitatifs utilisés dès le tout début du travail sur *Écosystème audible*, indispensables afin d'assigner à l'ensemble des données et des signaux de contrôle audionumériques une fonction opératoire en mesure de créer de manière autonome les conditions d'émergence du son et du développement morphogénétique [Di Scipio 2003 et 2008a].

³² En psychologie, dans le contexte de recherche sur les relations intersubjectives, Paul Watzlawick avait parlé d'« interactions complémentaires » [Watzlawick *et al.* 1971 : 61].

³³ Semblable à ce que Watzlawick appelle « interaction symétrique » [Watzlawick *et al.* 1971 : 61].

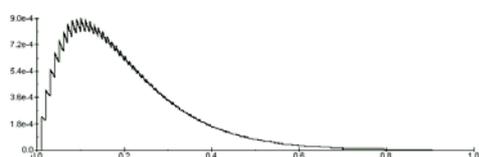
Deuxième Partie

Annotations supplémentaires/1

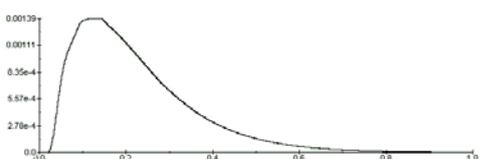
Dans *Étude de la réponse impulsionnelle*, le niveau du signal à l'entrée du circuit GRD (traitement granulaire) est piloté par un signal de contrôle tiré des variations du niveau d'énergie (valeurs RMS, dans une plutôt grande fenêtre d'intégration du signal audio, égal 0.1 s). Il y a homogénéité entre l'origine du signal et le paramètre à contrôler. Le processus complet de génération du signal de contrôle est le suivant :

- (A) la séquence des données RMS (signal d'extraction) passe par un filtre en peigne type RII (délai = 0.01 s, gain de *feedback* = 0.9) ; les valeurs du signal obtenu sont très petites, dans la plage [0, 1] ;
- (B) le signal en sortie du filtre en peigne passe par un filtre passe-bas (du cinquième ordre, fréquence de coupure = 0.04 Hz) ; les valeurs obtenues sont un peu amplifiées, mais encore très petites ;
- (C) le signal en sortie du passe-bas est mappé de façon que la plage des valeurs est renversée et la courbe du signal est plus profonde (exponentiation). Le *mapping* inclut aussi une forte amplification du signal (coefficient arbitraire de 718), pour finalement couvrir la plage entière [0, 1].

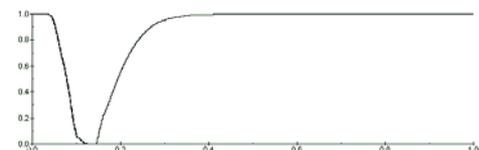
Les trois opérations sont visualisées ci-dessous. Pour produire la visualisation, on a utilisé un signal de type impulsion (un seul échantillon de valeur maximum, 1). Les trois courbes visualisées sont alors la réponse impulsionnelle des processus impliqués dans chacune des trois étapes mentionnées.



(A) ligne à retard avec *feedback* (filtre en peigne, RII)



(B) passe-bas



(C) fonction de *mapping* = $1 - (B \times 718)^2$

Comment l'on a dit, ce signal de contrôle va moduler le niveau du signal audio en entrée au traitement GRD. Lorsque sa valeur est grande, le niveau audio en entrée du granulateur se réduira et cela causera, à son tour, l'affaiblissement de la texture sonore granulaire, dans quelques secondes (selon la longueur du tampon mémoire) ; à ce point-là, le son dans la salle décroît, et

Deuxième Partie

dès lors le signal d'extraction INTGR aura des valeurs plus petites ; par contre, le signal en entrée à GRD s'accroîtra à nouveau, et cela produira dans quelques secondes le retour de la texture de granules sonore.

Annotations supplémentaires/2

Encore dans *Étude de la réponse impulsionnelle*, le niveau du signal du sous-circuit EVBF (échantillonnage variable basse fréquence) est piloté par un signal de contrôle ainsi généré :

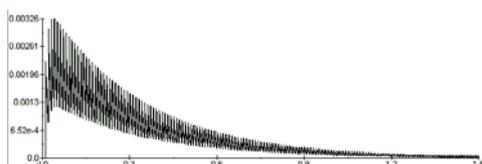
(A) le signal d'extraction INTGR (fenêtre d'intégration = 0.01 s) est soumis à un filtre en peigne (délai = 0.01 s, gain de feedback = 0.97) ;

(B) à son tour le signal du peigne est soumis à un filtre passe-bas (cinquième ordre, fréquence de coupure = 0.04 Hz) ;

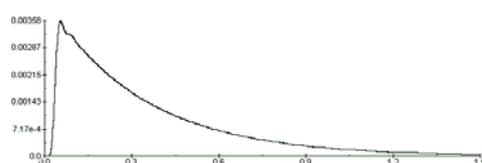
(C) à son tour le signal du passe-bas est soumis à une ligne à retard, ayant un délai et un gain de *feedback* variables (ci-dessous, à titre d'exemple, délai = 1 s, gain = 0.5) ;

(D) le signal sortant de B est mélangé avec le signal de C (l'amplitude de C est réduite de moitié) ; le *mapping* final comporte l'amplification du mélange (multiplicateur arbitraire pour couvrir la plage complète [0, 1]), et l'inversion des valeurs ainsi obtenues.

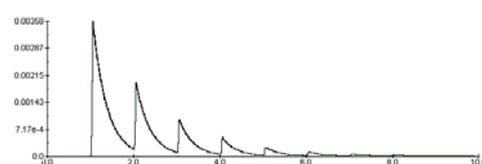
Les quatre étapes sont visualisées ci-dessous, en forme de réponse impulsionnelle des mécanismes impliqués.



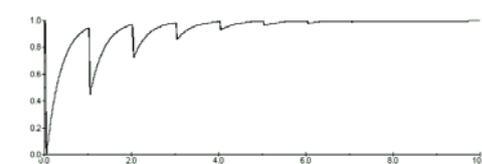
(A) ligne à retard avec *feedback* (filtre en peigne, RII)



(B) passe-bas



(C) ligne à retard (longue) avec *feedback*



(D) fonction de *mapping* = $1 - (B + (C/2)) \times 278$

Deuxième Partie

Du fait de l'utilisation deux lignes à retard (étapes C et D), le signal ainsi obtenu s'allonge beaucoup dans le temps. Pratiquement, tout changement important de niveau d'énergie dans la salle aura une incidence importante sur le « futur prochain » du train d'impulsions produit par EVFB, lequel, cependant, est une des parties en cause dans la genèse du signal de contrôle lui-même, étant une des sources sonores audibles dans la salle.

Paramètres constants, fixés *in situ*

Pour conclure cette section dédiée aux contrôles des paramètres *variables* des circuits CGS et CGT, considérons rapidement les quelques paramètres qui demeurent *constants* pendant la performance. Ils sont initialisés avant du début de la performance, en fonction de trois données, à savoir : la distance entre les haut-parleurs les plus éloignés entre eux, la réverbération de l'endroit, la réverbération et la fréquence moyenne du spectre du bruit de fond du lieu (centroïde spectral). La distance des haut-parleurs est évidemment déterminée en mètres. Pour la réverbération, il suffit de la déterminer selon une évaluation qualitative, sur une échelle arbitraire de 0 à 1 (0 = ambiant très sec, comme dans certains espaces en plein air, voire dans un studio ; 1 = ambiant très réverbérant, comme dans une grande cathédrale).

La fréquence du centroïde spectral sert uniquement dans le mécanisme de génération du signal DiffSupInf (valeur de « brillance »), censé piloter principalement les variations en fréquence du sous-circuit de traitement SAMP. Les deux autres paramètres sont utilisés de multiples manières. D'abord, ils sont utilisés pour fixer les temps d'intégration et les lignes à retard dans les mécanismes de génération des contrôles (GTSC). Sans entrer dans les détails, remarquons tout simplement que, ne serait-ce que pour ce fait, les mécanismes GTSC sont destinés à se comporter de façon différente à chaque nouvelle performance.

Il y a évidemment plusieurs paramètres constants à initialiser dans les circuits CGS et CTS. Parmi eux, il y en a quelques-uns ayant grande importance pour le sort de chaque performance particulière. Par exemple, la donnée de la distance entre les haut-parleurs est utilisée dans toutes les lignes à retard impliquées dans le circuit DMX (déphasage multicanaux). Dans *Étude de la réponse impulsionnelle* cette même donnée est utilisée comme temps de délai de la ligne à retard placée à la sortie du sous-circuit de génération MIAR (modulation d'impulsions autorégulée). Rappelons que, en vertu de ce retard, les impulsions produites par MIAR ne seront entendues

Deuxième Partie

qu'après la texture sonore obtenue par leur traitement granulaire (par GRD), de manière à découpler (à l'écoute) la séquence « cause → effet », ou « originale → transformée ».

Bien qu'évaluée de façon qualitative et arbitraire (comment l'on a dit), la donnée de la réverbération est extrêmement importante. Dans *Étude du feedback*, cette donnée va initialiser la longueur des tampons mémoire des sous-circuits de ré-échantillonnage (SAMP) et du circuit de granulation (GRD). Elle va fixer aussi les délais (DEL) faisant partie du circuit de traitement RED. Cela veut dire, dans l'ensemble, que la performance d'*Étude du feedback* sera moyennement plus lente dans des endroits amples, et plus rapide dans des endroits petits.

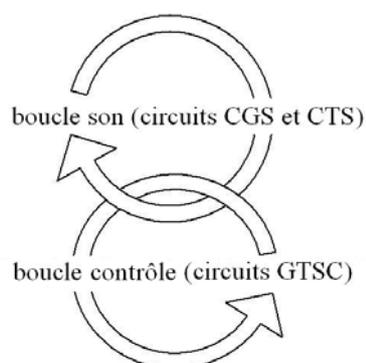
En général, c'est précisément le rôle systémique des paramètres d'abord initialisés en base à la réverbération et la distance entre les haut-parleurs : ils vont amener l'évolution de la performance à se dilater et à se contracter selon la taille de l'espace disponible. Des salles grandes et très réverbérantes vont favoriser un déroulement plus prolongé et relaxé, tandis que des salles petites et sèches vont favoriser un déroulement plus rapide et serré. Cela entraîne une corrélation temps-espace importante pour une approche de création « écologiquement informée ». Personnellement, j'essaie d'expérimenter une telle corrélation dans plusieurs de mes créations, que ce soient des œuvres de concert (avec ou sans instruments) ou installations sonores.

2.5 La « double boucle » et le caractère « écosystémique »

Dans le projet *Écosystémique audible*, la génération, le traitement et le *mapping* de signaux de contrôle en temps réel composent, ensemble, un noyau d'opérations visant à réaliser l'interdépendance entre les dimensions à la fois morphogénétiques, expressives et structurelles du sonore. C'est un domaine créatif à part entière : en effet, c'est au niveau des mécanismes GTSC que le dispositif complet – exposé aux contingences impliquées par la « situation » de la performance – peut élaborer l'information qu'il faut afin de se modifier, de se renouveler, tout en demeurant cohérent vis-à-vis de sa structure systémique. Dans le travail de création, c'est à ce niveau-ci qu'on commence à « composer des interactions » de sorte que la performance puisse se développer à partir de son autonomie minimale et finalement « prendre forme ».

Bien que réalisé à base de processus audionumériques (analyse et traitement de l'information) visant à moduler d'autres processus audionumériques (génération et traitement audio), le comportement concret des mécanismes GTSC dépend en fin de compte de la médiation des transducteurs électroacoustiques ainsi que de l'acoustique distinctive du lieu de la performance. Dans l'ensemble, ces mécanismes font de manière à accueillir certaines sollicitations provenant de l'environnement, en excluant d'autres. L'environnement est d'abord une source d'information nécessaire et « vitale » pour la performance en tant que processus de morphogenèse.

D'autre part, du fait même de la logique récursive au cœur de notre propos, tout signal de contrôle est lui-même l'effet et à la fois la cause de l'information : il est un produit, mais il conditionne et modifie les processus qui créent les sons étant à son origine. Nous l'avons déjà souligné : tout mécanisme GTSC est un circuit en *feedback*, une « boucle informationnelle » à distinguer des « boucles énergétiques » des circuits CGS et CTS. Dans son ensemble, alors, le dispositif écosystémique complet est structuré par deux boucles imbriquées l'une dans l'autre :



Form1-29

Deuxième Partie

Dans cette structure bi-annulaire, la boucle GTSC réalise une fonction systémique qu'on peut assimiler à la boucle « action ↔ perception » dans les organismes vivants (appareil sensori-moteur dans les unités systémiques bio-cognitives). Par contre – pour garder la métaphore biologique ou organismique – la boucle des circuits CGS + CTS réalise une fonction, dirons-nous, « métabolique ».

La boucle des contrôles comporte un ensemble de mécanismes équivalant à la tripartition cognitive *sensing* (détection et codage), *processing* (traitement), *effecting* (mise en place, actualisation). La fonction particulière du traitement du signal de contrôle est de connecter perception et action de façon bidirectionnelle, de sorte que le système puisse percevoir et modifier l'environnement sonore. Rappelons que tout mécanisme de traitement individuel (qu'il fasse partie des circuits CGS, CTS ou GTSC) est structuré par un ou plusieurs anneaux en rétroaction fermés à travers l'environnement. Cela veut dire que chaque circuit individuel retourne sur soi par l'environnement, mais également que l'environnement retourne sur soi par chacun des circuits individuels qui l'habitent (voici une définition concise d'« environnement » en tant que milieu commun).

L'enjeu général, dans une telle perspective opératoire, est probablement qu'une hypothèse de création soit fondée sur une conception du sonore qui relève à la fois d'une dimension énergétique et d'une dimension justement informationnelle. Ensuite, il y a aussi l'idée que la « forme » soit quelque chose « à faire croître » au cours de la performance, à concrétiser d'après l'exposition à des conditions matérielles toujours renouvelées – selon le contexte, la « situation » ici-et-maintenant. Deux questions alors s'imposent : d'abord, que veut dire « information » ou « dimension informationnelle », dans ce discours. Ensuite, que veut dire « forme ». La première est évidemment une question du type épistémologique ayant pour nous cependant des implications esthétiques. La seconde est évidemment une question esthétique ayant pour nous cependant des implications épistémologiques.

Je voudrais me pencher maintenant sur ces deux questions, lesquelles en dernière analyse ne sont que le trait d'union de la présente « recherche ↔ création ».

2.5.1 La construction d'information

J'ai abordé la détection des caractéristiques sonores en tant que processus d'« extraction d'information ». Pourtant, que veut dire « extraire de l'information » ? Est-ce que l'information

Deuxième Partie

est quelque chose qui est déjà « là » dans l'environnement, de sorte qu'elle peut être collectée, prélevée, récupérée de quelque part ? En quoi l'environnement s'offre en tant que « source d'information », comme on l'a dit plus haut ? Est-ce qu'il contient de l'information et nous la transmet de quelque manière ?

Dans une célèbre critique du réductionnisme informationnel, « l'environnement ne contient aucune information. L'environnement est tel qu'il est » [von Foerster 2003 : 189, 252 et 259, Clarke 2009 : 52]³⁴. Dire « environnement » cependant veut dire impliquer qu'il y a quelque chose ou quelqu'un qui est environné. Le point de départ de tout discours à propos d'information (y compris la « théorie de l'information », base de l'informatique) est justement la nette séparation entre un « système » et ce qui l'environne [Bertschinger *et al.* 2007]. Dans la théorie de l'information classique [Brillouin 1959, Shannon et Weaver 1963, Pierce 1980], la séparation est sans appel, irréconciliable – et cela réduit l'information à un critère de quantification mathématiquement formalisable (et extrêmement utile pour l'ingénierie des communications !) Par contre, dans les démarches constructivistes de la science et de la pensée, une telle séparation ne va pas de soi, et peut s'avérer être simplement inapplicable : l'information alors est envisagée comme une description créée par un système cognitif en mesure d'agir sur un environnement et de subir ses actions [von Foerster 2003 : 251]. Quand il agit, le système perçoit les réactions de l'environnement, tandis que, lorsqu'il subit les actions, il est à son tour amené à réagir. Sa capacité cognitive consiste, pour l'essentiel, en la mise en relation entre ce qu'il fait et ce qu'il reçoit ou subit. L'information peut être alors repensée comme le *différentiel* d'action et de perception détecté par un système couplé à son environnement [Jonas 1999 : 92, Clarke 2012], à savoir le produit d'un ensemble de distinctions et différenciations opérées (von Foerster dit « computées ») par le système dans l'espace environnant le plus proche de lui [Maturana et Varela 1980]. D'abord, elle n'est pas transmise ni « donnée » mais justement créée. C'est une « construction » [Brier 2000] achevée par une unité systémique sensible à ce qui l'entoure, capable de créer du sens à partir de ce qu'elle peut « sentir » dans le médium auquel elle est couplée. L'interrelation et la dépendance réciproque d'action et perception demeurant au cœur des facultés cognitives forment un *circulus creativus* (« anneau créatif ») [von Foerster 2015].

³⁴ Je prends la traduction française dans [Morin et Piattelli-Palamarini 1974 : 154].

Deuxième Partie

Il est évident qu'il n'y a aucune possibilité que l'information – ainsi conçue – puisse fournir une description « objective » de l'environnement, étant donné aussi que les terminaux et les canaux du système sont des surfaces de couplage dont le comportement est, sinon idiosyncrasique, pour le moins non linéaire (par exemple la membrane de l'oreille, ou la membrane d'un micro ou d'un haut-parleur). En outre, tout système cognitif – peu importe qu'il soit élémentaire ou complexe – entraîne un ensemble de procédés de traitement tout à fait particulier. Cela ne veut pas dire que l'information ainsi créée soit arbitraire ou fallacieuse, ou qu'elle n'atteint pas son objectif, mais simplement qu'elle n'est jamais irréductible à une donnée de réalité de manière univoque : il ne s'agit pas d'une démarche de relativisme épistémique radical, mais d'une démarche envisagée par certains auteurs, de façon un peu paradoxale, en tant que « réaliste » [Vidali et Neresini 2015 : 148]. Que dans l'environnement il y ait « réellement » quelque chose, cela ne fait aucun doute. Mais qu'un système constructeur d'information puisse adhérer ou avoir prise sur la « réalité en soi » pour en tirer ou « extraire » une description objective, cela est hors de question. Il est de la responsabilité du système (ou de son concepteur) de produire de l'information qu'on puisse partager avec d'autres systèmes (et leurs concepteurs).

Une telle perspective envisage évidemment une notion d'information de nature relationnelle et processuelle : d'un côté, l'information est produite justement par une mise en relation des différences détectées dans l'environnement ; de l'autre, elle demeure toujours liée à un système particulier (doté de terminaux particuliers et d'une organisation cognitive particulière) ainsi qu'à l'environnement perçu par le système comme son milieu spécifique. Il n'y a pas d'information indépendamment d'un agent – qu'on pourra nommer « système », « observateur », « sujet », « organisme », etc. – en mesure de décider de sa portée épistémique par rapport à un contexte partagé avec d'autres agents [Vidali et Neresini 2015 : 18 et 159]. Bref, l'information n'existe pas « en soi » : elle est toujours connectée à une signification valable, non seulement pour le même système qui la produit, mais aussi pour le(s) système(s) qui la partage(nt). Autrement dit, elle est inséparable d'un contexte d'utilisation concret [von Foerster 2003 : 109]. Tout cela marque une distance importante de la notion classique de l'information comme mesure de l'organisation (ou

Deuxième Partie

mieux de la désorganisation, de l'imprévisibilité) d'un système « clos », c'est-à-dire non conditionné par l'environnement³⁵.

La *construction* de l'information et sa dimension constitutive pour les *relations* entre système et environnement sont deux notions imprégnant de façon profonde et récurrente la discussion à propos de la génération et du traitement de signaux de contrôle (GTSC) dans la section précédente [2.4]. C'est pourquoi, en nous approchant du sujet, on a d'abord hésité quelque peu à adopter des termes comme « extraction », « adaptation », « donnée », etc. On a finalement adopté ces termes « sous réserve », mais la discussion a laissé entrevoir (nous l'espérons) une propension à la fois inventive et fonctionnelle des procédés mis au point pour produire de l'information (mécanismes de détection et description des traits distinctifs du son diffusé dans l'espace de la performance). Dans une optique constructiviste, l'environnement ne peut être défini comme « source d'information » qu'au sens où il est le site des échanges énergétiques qu'on pourra traiter pour créer de l'information. Et au sens qu'il ne peut, en tout cas, que conditionner les processus de création de l'information. L'environnement est le médium par lequel un système ouvert (non clos) crée les conditions qu'il lui faut pour gérer et contrôler l'énergie qu'il lui faut pour se garder en fonction et se développer. La « construction des contrôles » est une condition préalable de tout système avec un minimum de capacités cognitives (un système « minimalement cognitif » [Etxeberria *et al.* 1994 : 52]).

Digression : « principe de codification indifférenciée »

Pour conclure sur ce sujet, je voudrais revenir sur une circonstance que j'ai mentionnée de façon plutôt hâtive, mais qui n'est pas marginale. La plupart des mécanismes d'extraction adoptés dans les circuits GTSC (l'appareil « cognitif » d'*Écosystème audible*) s'appuient sur l'analyse du niveau moyen d'énergie (RMS), paramètre corrélé tant à l'amplitude du signal qu'à l'intensité

³⁵ Par « notion classique d'information » j'entends la notion affirmée dans l'ingénierie des communications [Shannon et Weaver 1963] où la signification des messages transmis simplement n'a aucun rôle [Hörl 2015 : 2, Morin 2005b : 37 et 38, Vidali et Neresini 2015 : 34 et 55]. C'est le propre d'une telle notion que de regarder l'environnement en tant que source de « bruit » – à savoir, de nuisance, de dérangement et distorsion du message. On reviendra au sujet du « bruit » plus loin. Sur les multiples notions d'« information » chez plusieurs champs de la recherche, et sur les limites d'une approche réductionniste à ce sujet, voir la belle discussion par [Vidali et Neresini 2015].

Deuxième Partie

du son [2.4.2]. (Par ailleurs, notons qu'il en va de même dans la recherche sur les méthodes d'extraction illustrées dans [Verfaille 2002 : 34-36]. Ainsi que dans le travail pionnier de compositeurs tels que Gordon Mumma [2015 : 48, 69 et ailleurs] et Nicolas Collins [2014].) En ce qui nous concerne, la circonstance pourrait renvoyer à un choix de convenance : il s'agit de mécanismes décidément très simples à réaliser, efficaces pour une économie de travail en temps réel, et aisément reconfigurables de plusieurs manières selon le besoin. Mais, il y a plus.

D'abord s'appuyer sur la détection d'amplitude et de niveau d'énergie pour créer des signaux de contrôle veut dire suivre et généraliser une *logique de transduction* : dans sa fonction systémique, « un transducteur est une résistance modulable interposée entre une énergie potentielle et le lieu d'actualisation de cette énergie » [Simondon 1958-1969 : 143]. Un dispositif de transduction est donc un « médiateur entre deux domaines » censé conduire – ajoute Simondon – « une énergie potentielle à son actualisation ». Pour l'essentiel, c'est une interface permettant qu'une intensité d'énergie (dans un médium) puisse *moduler* et conditionner l'intensité d'une autre forme d'énergie (dans un autre médium). Un tel dispositif – tel qu'un microphone, mais aussi un récepteur nerveux ou tout autre type de « senseur » – ne vise pas à sélectionner et coder les variations de l'énergie qu'il reçoit, il ne sait rien à propos des propriétés de telles variations. Ce qui se produit est tout simplement qu'il *est modulé* (par une pression variable ou autre force variable dans un médium) et à son tour *module* (le potentiel d'un champ magnétique ou d'un autre type, dans un autre médium). Au fond, un convertisseur analogique-numérique (CAN) ne travaille pas autrement : il module le signal analogique (par un train d'impulsions, PCM = *pulse code modulation*) et en restitue des valeurs d'amplitude instantanées.

En termes très généraux, il en va de même en neurophysiologie : le potentiel bioélectrique des cellules du système nerveux est modulé (à travers les neurones) par le potentiel d'une autre source de potentiel [Cappuccio 2008 : 51, Colombetti et Thompson 2008 : 85]. Par exemple, dans le fonctionnement de l'oreille interne, la fréquence d'impulsion des fibres neuronales est conditionnée (à travers plusieurs étapes de transduction mécanique) aux variations de pression détectées (captées, « sensées ») par la membrane auditive [Chouard 2001 : 178]. En général, dans tout système cognitif (même les plus minimales, comme chez les organismes cellulaires les plus élémentaires), un terminal nerveux ne sait rien de la nature et des qualités des forces qui modifient son comportement : en tant que « récepteur », il ne fait que subir une modification,

Deuxième Partie

dont l'intensité pourra alors être pensée comme « codage », c'est-à-dire comme une représentation ou description de l'agent en contact avec le récepteur.

Dans les années 1970, von Foerster a clarifié le premier cette circonstance, qu'il a appelée « principe de la codification indifférenciée » (*principle of undifferentiated encoding*) : l'état d'un récepteur nerveux ne dit rien de la nature ou des propriétés de l'événement énergétique détecté, il se limite à en subir le changement d'intensité, il se limite à *se faire moduler* [Brier 2000, von Foerster 2003 : 214 et 233, von Foerster 2015]. Mais, naturellement, la modification subie constitue un fait (une « donnée » !) que le système cognitif peut concrètement traiter pour finalement construire de l'information.

Dans son organisation fonctionnelle et systémique, l'ensemble des mécanismes de détection et des circuits de génération des signaux de contrôle (GTSC) du projet *Écosystémique audible* semble poursuivre une stratégie similaire. D'abord à partir du couplage entre l'équipement électroacoustique et l'espace environnant, ce qui est codifié est l'*intensité* des perturbations provenant de l'environnement, pas la nature ou les qualités des « agents perturbateurs », pour ainsi dire. Récapitulons : les microvariations de pression atmosphérique d'abord captées par les micros, modulées par le convertisseur et transformées ainsi en signal audionumérique, sont intégrées à plusieurs échelles de temps (première étape GTSC) et aussi traitées (deuxième et troisième étapes GTSC) en aboutissant finalement à de multiples traces d'énergie – les variations de niveau d'intensité qui à leur tour vont moduler les traitements audio (CGS et CTS). Ces trois étapes GTSC définissent le *sensorium* du dispositif (sensation et construction de l'information), tandis que les circuits CGS et CTS définissent l'appareil *motorium* (génération et traitement du son). Tous les mécanismes du *sensorium* et tous les mécanismes du *motorium* sont couplés de façon permanente à l'environnement et travaillent en boucle « action ↔ perception » à travers l'espace environnant.

2.5.2 « Formation » et « histoire du réseau d'interactions »

Comment nous l'avons dit, pendant la performance des œuvres du projet *Écosystémique audible* tout événement sonore est pris dans une double boucle récursive à la fois énergétique et informationnelle : tout événement nourrit le processus de génération et transformation du son et en même temps contribue à créer des vecteurs d'information visant à orienter et développer le processus global et ses multiples ramifications dans le futur prochain. Tout événement particulier

Deuxième Partie

ouvre potentiellement une chaîne de réactions et interactions successives, en déterminant des conséquences plus ou moins importantes sur le court et le long terme – particulièrement en présence d'interactions non linéaires. La réaction en chaîne des causes et effets donne lieu à une dérive phylogénétique marquée par l'éventuelle survenance d'événements sonores singuliers, et toujours conditionnée par les caractéristiques acoustiques de l'endroit. Chaque effet pourra s'avérer être la cause d'effets à venir, et peut aussi rétroagir sur les processus particuliers qui l'ont occasionné de sorte à soit les renforcer soit les inhiber, selon les cas (*feedback* positif ou négatif).

Cette condition de « causalité circulaire » ou « enchevêtrée » [Sève *et al.* 2005 : 62] – accompagnée par la non-linéarité des interactions et par l'irréversibilité temporelle des processus (dont on parlera juste un peu plus bas) – soulève des questions importantes pour l'analyse musicale de ces œuvres, des questions d'ordre théorique et pratique à la fois [Meric et Solomos 2011, Rimoldi et Manzolli 2016]. En termes systémiques, cela relève de « l'impossibilité d'une décomposition linéaire des processus de causation dans les échanges entre les agents et l'environnement » [Barandirian et Moreno 2006 : 178]. Nous sommes donc amenés à regarder le déroulement de l'action performative comme un processus de codéterminations continues entre les agences performatives ayant une incidence directe ou indirecte au niveau de la morphogenèse du son. Le processus performatif se déroule en tant que « dérive historique » du réseau écosystémique. Il s'agit effectivement de l'*histoire des interactions* « du système [dispositif performatif] avec l'environnement et les autres systèmes qu'il contient » [Brier 2000 : 270] (voir aussi [Stewart 1993 : 10, Maturana 2002 : 11, Hallowell 2009 : 149, Descola et Ingold 2014 : 37]). Rappelons la notion d'« histoire naturelle des réseaux » introduite par Gordon Pask il y a longtemps [Pask 1960].

Ce qui émerge de cette coévolution est une *forme*, un profil finalement concret, mais d'abord tout à fait potentiel, avant la performance. C'est l'effet d'une croissance, d'un processus de *formation*, justement – c'est l'effet d'« émergence diachronique » de plus long terme occasionné par la performance. Normalement, selon les directions contenues dans la partition, la performance ne pourra se conclure qu'après la survenance d'une pluralité satisfaisante de textures, de gestes et de développements sonores. Cela signifie, en termes plus précis, qu'elle ne se terminera pas tant que le dispositif n'a pas su produire un bon nombre de trajectoires dans son *espace des phases* – l'espace abstrait ayant pour coordonnées les variables systémiques du processus performatif. En

Deuxième Partie

simplifiant, il y a deux types de conclusion : ou la performance se termine lorsque le dispositif « ne sait plus quoi faire » dans les conditions contextuelles données (le processus ne semble avoir plus rien de nouveau à produire) ; ou elle se termine simplement parce que le temps accordé est fini ! (ou pour d'autres raisons de force majeure, « extra-systémiques » pour ainsi dire).

Ces observations comportent deux éléments d'intérêt particulier pour essayer d'éclaircir une notion de « forme » cohérente avec la perspective du projet *Écosystème audible*. Il y a certainement la question du caractère *processuel* de la forme, tel qu'on vient juste de le souligner. Mais il y a aussi une idée de la forme ayant des implications théoriques plus profondes, à rattacher à la notion d'*identité systémique*.

Notion processuelle de la forme

Le répertoire de la musique électronique en direct contient une vaste gamme de morphologies processuelles où « la forme musicale est la conséquence d'une succession d'événements au cours de l'action » [Baranski 2009 : 4]. Ici, nous allons nous limiter à prendre en compte un type de déroulement processuel que j'ai qualifié, ailleurs dans cette thèse, de « récursif » : à chaque moment de la performance, les événements sonores actuels sont l'effet concret d'événements précédents et constituent à la fois le contexte à partir duquel vont se produire des événements ultérieurs. (Un exemple bien connu, plutôt « linéaire » dans son déroulement temporel, est *I am sitting in a room* d'Alvin Lucier. Un exemple « non linéaire » – basé sur une partition de musique « aléatoire » – est *Solo* de Stockhausen³⁶.) Lors d'un processus non récursif, par contre, les événements en cours ne dépendent pas directement des événements arrivés dans le passé, ni ne vont nécessairement influencer ceux à venir (exemples : *Mikrophonie I* de Stockhausen, *Cartridge Music* de John Cage ou *Pendulum Music* de Steve Reich). Comme nous l'avons vu, le processus performatif des *Études* du projet *Écosystème audible* est du type récursif et se déroule par ailleurs selon un type de récursivité hautement non linéaire et sensible à d'innombrables contingences contextuelles.

En principe, un processus non récursif est toujours réversible : on peut l'arrêter et le reprendre d'où l'on préfère. Par contre un processus récursif s'avère irréversible, spécialement s'il s'agit

³⁶ Par souci de concision, je me limite ici à mentionner uniquement des exemples très bien connus tirés du répertoire désormais « classique » de la musique électroacoustique en direct.

Deuxième Partie

d'un processus à base d'interactions non linéaires « situées » (se déroulant en conditions de travail en « temps réel » et en « espace réel ») : on ne peut pas le reprendre où il a été arrêté, on ne peut pas retourner à un certain stade antécédent de son évolution, puisque chaque stade de l'évolution contient les traces plus ou moins audibles de ce qui est arrivé dans le passé. Notons, en passant, que ceci assigne naturellement une responsabilité importante à tout agent humain participant au processus écosystémique – le(s) performeur(s), y compris les assistants techniques – toute intervention individuelle, tout geste, toute décision va marquer, de façon plus ou moins audible, le déroulement des interactions écosystémiques à venir, donc la « forme » (la trajectoire particulière) qui en émergera. On peut toujours essayer de contrebalancer les effets d'une action, mais on ne peut pas les effacer et faire comme si de rien n'était. À chaque moment le *contexte de l'action* du performer ne consiste pas simplement en un ensemble « environnement + appareils », mais aussi en un ensemble de traces sonores produites par les actions et les interactions précédentes de l'écosystème performatif. Il n'y a aucune représentation symbolique du passé, toute « mémoire » est dans les sonorités perçues ici-et-maintenant comme franges découlant du passé (émergence diachronique). La responsabilité vient précisément du fait d'être un facteur causal à part entière de la concaténation des événements. Georges Canguilhem a écrit (d'après Henry Bergson) que, dans la temporalité processuelle des systèmes vivants, « chaque forme dérive des formes antérieures » [Canguilhem 1966 : 206]. John Stewart a écrit que, au cours de la vie d'un système cognitif, « tout état actuel surgit de l'histoire complète des interactions » que le système a entretenues avec son environnement [Stewart 1993 : 10]. Hans Jonas a suggéré – en faisant écho à Antonio Gramsci – que toute situation « à présent », ici-et-maintenant, est la recognition et la subsumption du passé [Jonas 1999 : 122].

Un processus non récursif peut toujours suivre une trajectoire déterminée par avance – peu importe que la trajectoire relève d'un schéma rigide préalablement fixé ou d'une stratégie d'improvisation plus ou moins libre. Par contre, un processus récursif pourra difficilement être amené à suivre une trajectoire préétablie. Un profil complet, une forme possible, n'émergera concrètement qu'*a posteriori* – il faut attendre... La forme donc n'est plus une prémisse mais un produit de la performance (à l'inverse, c'est la performance qui est prémisse – voire aussi une promesse – de formation et de croissance, justement). Jonas a décrit l'émergence des formes organiques comme un processus de « concrétion » [*id.* : 112].

Deuxième Partie

Toujours un peu différente et fortement liée au temps, au lieu et aux conditions de la performance, la forme pourra être pensée à l'instar même d'un « sous-produit », si on veut. En vérité elle ne sera jamais ni arbitraire ni aléatoire, en étant le fruit d'interactions qui sont strictement causales. Effectivement, prise séparément, toute relation de cause et effet, ainsi que tout retour de l'effet sur la cause, réalise un lien déterministe. Toutefois, au cours de la dérive écosystémique, l'enchevêtrement des connexions non linéaires impliquées à tous les niveaux interactionnels comporte une dimension de complexité irréductible à une logique déterministe, qui autorise à voir les phénomènes d'émergence en tant qu'« épiphénomènes », justement : la tâche essentielle de notre dispositif performatif est d'activer plusieurs processus systémiques et de se produire selon plusieurs comportements, tandis que les événements ainsi engendrés ne sont que des traces – un reste, un effet collatéral ou résiduel du processus systémique. Le compositeur Herbert Brün (un ami israélo-palestinien-allemand-américain de Heinz von Foerster) avait suggéré à plusieurs reprises que « la musique ce sont les traces laissées par la composition » [Brün 2004]. Rappelons aussi certaines œuvres de Helmut Lachenmann, où tout son et tout acte d'articulation musicale sont « la trace d'une action achevée » [Vidal 2012 : 78]. Dans la perspective du projet *Écosystémique audible*, « composition » veut dire « composition des interactions », à savoir conception et expérimentation d'un « système » en tant qu'ensemble *composé* de parties en interaction : la musique est alors l'épiphénomène audible de ces interactions dans leur déroulement au fil du temps, dans un lieu particulier.

Notion émergentielle de la forme et « identité systémique »

Or, comment serait-il possible de parler de « forme musicale » si toute chance de phénoménalisation sonore est d'abord dans l'ordre de l'émergence ? Comment caractériser la forme, lorsqu'elle demeure virtuelle jusqu'au moment où les agents performatifs se relient concrètement à l'ici-et-maintenant d'un contexte d'action situé et délimité dans le temps et l'espace ? De telles questions semblent exiger une perspective différente à ce sujet.

Au lieu de penser la forme à l'instar d'un « système de signes » (notion traditionnelle) ou d'un « processus » (notion moderniste), et à côté d'une idée de la forme comme « système d'actions » (notion expérimentaliste), il conviendra de cerner une notion plus... conforme à une vision systémique. En premier lieu on devra mettre la forme en relation avec les agencements entre les composantes du dispositif performatif (performeurs + équipement + environnement),

Deuxième Partie

indépendamment des comportements particuliers engendrés à chaque performance. Cela équivaut à invoquer la *variété systémique* du dispositif performatif, le « nombre de réseaux concevables » à partir des interconnexions entre ses composantes [Le Moigne 1977 : 124 et 211]. La dérive interactionnelle particulière achevée lors d'une performance n'est qu'une trajectoire singulière dans un champ de possibilités d'abord insaisissables, c'est-à-dire une trajectoire à travers l'*espace des phases* du système performatif (en systémique, l'espace des phases est la totalité des configurations ou des états qu'un système peut théoriquement revêtir, dont l'ampleur est directement proportionnelle au nombre de variables du système).

On peut résumer tout cela comme suit : la notion de « forme » ici se rattache moins au profil complet du processus performatif, aux trajectoires émergentes pendant la performance, qu'à l'*identité systémique* du dispositif, spécifiée par les agencements particuliers ainsi que par les interdépendances dynamiques particulières propres à l'organisation fonctionnelle du dispositif. Toute trajectoire particulière relève du potentiel dynamique propre de l'unité systémique, d'un « répertoire de comportements (d'interactions) » [Barandirian et Moreno 2006 : 177]. L'identité est justement « systémique », c'est-à-dire « du système », tandis que tout phénomène singulier d'émergence sera toujours un peu différent, nous dirons « non identique ». Cela comporte donc un double niveau, un jeu entre variance phénoménique et invariance systémique – un jeu qui relève d'une analogie signifiante avec la dimension processuelle biunivoque des systèmes biologiques : « transformation permanente de la matière, invariance de l'unité biologique » [Bich 2012 : 41].

Attention, il est important de souligner que ce discours ne relève pas d'une analogie simplement théorique : l'identité systémique est de l'ordre du sensible – ou mieux de l'*audible*, dans notre cas. La performance des *Études* du projet *Écosystème audible* nous donne les traces audibles des agencements particuliers et du jeu d'interactions particulier mis en œuvre. L'organisation fonctionnelle du dispositif performatif contraint la variété systémique, par conséquent elle délimite les interdépendances et les comportements dynamiques qui se produisent : pour celui qui écoute, l'évidence de ces contraintes internes au système est donnée par la récurrence et la concomitance d'événements sonores similaires ou différents, plus ou moins nuancés, voire anamorphosés de façon importante, à divers instants de la performance. Dans sa réalité sensible, l'émergence de *la forme est le devenir audible des contraintes* qui tiennent

Deuxième Partie

ensemble – et dès lors, délimitent – les marges de jeu de chaque agent performatif individuel ainsi que la portée des interactions entre eux.

D’abord « virtuelle » (avant l’action performative), puis « émergente » (au cours de l’action) et *in fine* « résiduelle » (après l’action), la cohérence de l’événement performatif s’avère perceptible au fil du temps comme développement phylogénétique pluriel et unitaire à la fois – comme une histoire des interactions entretenues par les différents agents impliqués. En un certain sens, l’écoute pourra saisir le *devenir-son des relations entre agents différents liés aux mêmes coordonnées de temps et lieu*. (Cette observation laisse entrevoir des connexions importantes avec les sujets traités dans la Troisième Partie de cette thèse).

Or, tout en provenant de l’implication personnelle dans le projet *Écosystémique audible*, ce discours cependant peut être intéressant à deux égards de niveau plus général. En premier lieu la relation biunivoque d’identité systémique et variance phénoménique échappe à une conception théorico-musicale objectiviste ayant tendance à fixer la forme par une image abstraite. Elle nous aide ainsi à déplacer le discours sur la forme musicale d’une perspective absolutisante (idéaliste et réifiante en même temps) vers une perspective relationnelle (matérialiste et virtualisante en même temps).

En second lieu, à l’instar de tout discours d’« identité », la notion d’identité systémique invoque évidemment la notion complémentaire d’« altérité systémique ». Pour la pensée systémique, c’est généralement l’environnement qui revêt justement le rôle éponyme de l’ensemble des entités « autres » perçues en tant que telles par un système donné – amicales, inamicales ou neutres qu’elles soient. En même temps, la présence d’un environnement est tout simplement nécessaire pour la définition générale de « système » et pour la constitution de tout système particulier. Effectivement, loin d’un discours « identitaire » (aujourd’hui tellement populaire), l’identité systémique n’est rien sans la pluralité des entités habitant l’environnement – sans interaction, solidarité et collision avec d’autres systèmes. C’est une identité de nature performative, définie plus par des changements, des modulations que par des agencements fixés et rigides. Une forme de cohérence processuelle plutôt qu’une propriété matérielle. C’est la tentative du système de s’individualiser par rapport aux autres, selon un processus d’individuation toujours inachevé et toujours contrasté par des tentatives de s’associer, de se relier. Le système agit sur l’environnement pour le ressentir et le modifier, mais réciproquement, il est ressenti et modifié par d’autres systèmes actifs dans et sur le même environnement. Il est

Deuxième Partie

une composante à part entière du processus d'individuation propre d'autres systèmes, mais il est aussi produit par eux. On pourra parler d'identité « métastable », en empruntant une annotation du philosophe Jean-Luc Nancy [2013 : 58]. On pourra aussi reprendre l'expression paradoxale d'« identité relationnelle » [Debaïse 2004].

Le point fondamental, en tout cas, est que, même au niveau de l'existence biologique, « identité et activité » coïncident [Bich 2012 : 43]. Une unité systémique se définit et se subjectivise par l'interaction sur et avec les autres qu'elle rencontre lorsqu'elle se perçoit et s'observe dans l'environnement. L'idée même d'*interaction* ne prend pas de réelle signification sinon lorsqu'il s'agit de la comprendre en tant qu'« encastrement de l'autre dans le soi et du soi dans l'autre » (von Foerster cité dans [Clarke 2009 : 46]), loin évidemment de se réduire à une question de « machine à cliquer ».

Effectivement, dans notre cas, l'environnement est un agent *constitutif* de l'écosystème performatif, la source même de l'énergie sonore et de l'information nécessaires pour ses opérations « vitales ». Bruits accidentels divers, sons du public, sons issus de l'extérieur, bruits divers d'origine technique dans la salle (sifflement des haut-parleurs, appareils de climatisation, petits ventilateurs d'ordinateur, système d'éclairage, etc.) : en fonction de la position et de la qualité des microphones, une partie de ces sons ne sera pas captée, demeurant « autre » du processus performatif, mais une autre partie sera cependant captée et va entrer alors dans la double boucle structurant le dispositif performatif. D'autre part, nous l'avons vu, au cours des opérations le dispositif performatif pourra se fermer à ce qui arrive de la salle, le cas échéant – par exemple en refusant d'accueillir des sons d'intensité excessive, ou en filtrant des fréquences trop graves ou trop aiguës, etc. C'est donc au dispositif, selon ses capacités cognitives (mécanismes GTSC), de décider d'instant en instant ce qui fait partie de « soi » et ce qui est « autre ». Il y a *ouverture* constitutive, mais il y a fermeture ou *clôture* dynamique – et pourtant c'est l'ouverture qui permet la fermeture [Morin 2005b : 29]. (L'imbrication d'ouverture et clôture est une caractéristique fondamentale du fonctionnement des systèmes biologiques [Maturana et Varela 1980] et sociaux [Luhmann 2009, Castoriadis 2005, Mancilla 2011].)

En tant que liée aux conditions situées, précaires et hybrides de la performance, la forme renvoie donc à un « maillage d'identités », à la cohérence d'un ensemble d'interdépendances vivantes et vécues : « un “soi” pluriel et virtuel, c'est-à-dire [...] instable, non substantiel, non polaire, dé-subjectivé, émergent du chaos pour former une cohérence de surface, passagère et

Deuxième Partie

vivante » [Goddard 2003 : 208]. Si la forme est création de seuils, clôture d'une perception autoréflexive (de soi à soi à travers l'environnement), elle pourra être aussi la manifestation sensible d'une réflexivité ouverte ou mieux « non-égologique » [*id.*]], achevée *grâce à* – et non pas *nonobstant* – l'altérité et aux conditions de performance.

Les phénomènes de morphogenèse émergeant au cours du processus performatif témoignent donc d'une relation de coexistence dynamique et de dépendance mutuelle entre l'unité systémique censée fonctionner de façon stable et fiable, et les sources d'altérité sonore qui en tout cas habitent ou visitent son environnement. En théorie, tout événement sonore nourrit et à la fois menace le dispositif performatif – c'est aux circuits de contrôle (GTSC) de transformer les événements, même les bruits les plus inattendus et étrangers, en ressources (ou de les rejeter). Tout simplement, sans sonorités « autres », il n'y aurait aucune morphogenèse musicale, donc aucune évidence sensible de l'identité systémique. Cette relation de codépendance de soi et non-soi est à l'origine du « caractère provisoire et précaire » [Canguilhem 2009 : 56] connotant l'existence de notre unité écosystémique de génération et différenciation du son.

Pour clore sur ce sujet, je voudrais ajouter que la notion de forme comme « identité systémique » pourrait s'avérer de pertinence analytique et théorico-musicale plus générale, surtout par rapport aux expériences de création où la performance (ou l'installation sonore) comporte l'exploration du champ de possibilités inhérent à des dispositifs performatifs dessinés en vue de performances *site-specific*. Je pense ici au travail d'électronique *live* de David Tudor et de Gordon Mumma, ainsi qu'à certaines œuvres de John Cage, de Mario Bertoncini ou de Godfried Willelm Raes – et je pense également à un certain nombre d'auteurs plus jeunes et plus près de la démarche examinée dans cette thèse (cf. les propositions récentes examinées dans [Waters 2007, 2011, 2013, Green 2013, Sanfilippo 2018, Hayes 2019]). J'aimerais aussi bien rappeler que, depuis longtemps maintenant, le compositeur et théoricien italien Walter Branchi caractérise la forme de ses œuvres comme « ce qui résulte des mutations d'état du système » [Branchi 2017 : 27]³⁷. Si le projet *Écosystème audible*, au début des années 2000, a ouvert un scénario inédit par rapport aux contributions de quelques pionniers, c'est qu'il assigne un rôle capital à l'agentivité environnementale en tant qu'agentivité performative, en reliant opérativité

³⁷ La pensée de Branchi sur ce sujet s'est développée à la suite de quelques intuitions préliminaires de Franco Evangelisti et de Gottfried Michael Koenig, remontant aux années 1960 et 1970.

Deuxième Partie

en temps réel (« musique interactive ») et *en espace réel* (art sonore *in situ*). L'identité systémique dont je parle sera mieux caractérisée justement comme une « identité écosystémique ». En passant, notons que Hugues Bazin a parlé de « formes écosystémiques » par rapport à certaines approches de l'art contemporain environnemental [Bazin 2015].

Notion d'« agentivité écosystémique »

Comme on le sait, l'écologie scientifique définit un « écosystème » comme une unité processuelle (dynamique) comprenant plusieurs composantes biotiques (organismes vivants) et abiotiques (matériaux physico-chimiques) qui habitent et partagent un certain environnement [Odum 1953]. Le mot indique alors un « méta-système vivant », à savoir un système structuré par une pluralité de sous-systèmes, vivants ou non. Tandis que « système » veut dire « ensemble de parties et de fonctions en interaction entre elles » [von Bertalanffy 1969 : 67, Vidali et Neresini 2015 : 47], « écosystème » ne veut évidemment rien dire d'autre que l'environnement autour est à regarder comme une des parties constituantes du système, et notamment comme la composante en mesure d'exercer plusieurs fonctions fondamentales dans et pour l'ensemble. Naturellement, on peut et on doit sérieusement douter qu'il y ait, dans le monde réel, des systèmes concrets complètement dépourvus d'environnement : il faut simplement admettre qu'« il n'y a pas de système sans environnement » [Bogue 2009 : 42, Hallowell 2009 : 144] – sauf évidemment si l'on prend en compte des systèmes purement formels, abstraits (lesquels cependant sont des constructions humaines, et par conséquent relèvent de conditions systémiques concrètes).

La différence entre *paradigme faible* et *paradigme fort* de la *liveness* – dont on a parlé près de la fin de la Première Partie – reflète la différence entre une approche de la performance *live electronics* ayant tendance à penser le système performatif indépendamment de son environnement (physique et culturel) et une approche pour laquelle ***on ne peut penser le système performatif que comme écosystème***.

Dans mon travail de création, je parle d'écosystème *audible*, précisément parce que les composantes du réseau mis en œuvre peuvent s'influencer les unes les autres soit à travers l'espace acoustique alentour soit par l'échange de signaux (représentations analogiques et numériques des variations de pression de l'air). Appareils, performeurs et public sont plongés dans une situation où « tout est relié avec tout » (pour évoquer ladite « première loi de l'écologie » [Commoner 1971]), si ce n'est que « tout » ici signifie simplement « toutes les

Deuxième Partie

composantes du dispositif performatif qui sont en mesure d'émettre du son, ainsi que de le transmettre, de le refléter et de le modifier » (performeurs, équipement, appareils particuliers, salle, instruments musicaux, public, sources sonores hors de la salle...). Les composantes élaborent donc leur « état de *reliance* » (en reprenant le vocabulaire du sociologue Marcel Bolle de Bal [2003 : 103]) entièrement dans le médium acoustique et électroacoustique. C'est, pour moi, la première condition de possibilité d'une musique (la seconde, c'est que tout ça soit réalisé par une certaine économie des moyens). Une telle conception radicalement *médiale* du son s'insère dans un discours de type théoricien et critique plus large – au sujet de l'expérience du sonore et de l'écoute – sur lequel on reviendra dans la Troisième Partie.

Généralement, une notion opératoire d'écosystème peut être examinée selon deux points d'observation complémentaires, celui du « tout » (c'est-à-dire de l'unité écosystémique) et celui des connexions entre les composantes (type de connexion, critères d'interaction, incidence sur les interactions concomitantes). Au cours de notre discussion, on a jusqu'ici échangé librement les deux perspectives. Essayons, maintenant, d'en résumer les éléments les plus importants, pour finalement nous approcher d'éclaircir une notion provisoire d'« agentivité écosystémique ».

À niveau global, on peut appeler « écosystème » un « système total de relations incluant l'environnement » [Ingold 2011 : 86], « une totalité indivisible » [Canguilhem 2009 : 150]. Soulignons qu'il n'y a pas simplement interdépendance mais *symbiose* entre les composantes. Le réseau comporte des interactions simultanées au niveau des composantes (condition préalable d'émergence synchronique et génération du son) ainsi qu'au niveau des interactions entre les composantes et le tout (condition préalable d'émergence diachronique, morphogenèse et anamorphose des sons et des structures sonores étendues). Les deux niveaux ne sont pas séparables. L'écosystème n'est pas un composite d'éléments séparables : les éléments sont des composantes, oui, mais plus précisément ils sont des constituants. Toute séparation ou scission d'un ou plusieurs constituants peut s'avérer fatale : même une modification suffisamment profonde pourra produire un changement des agencements systémiques et par conséquent une transformation de l'identité systémique (on parle parfois de la relative plasticité des systèmes vivants, de leur capacité de résilience). Au pire – si les composantes coupées ou modifiées revêtent des fonctions « vitales » – la scission ou la modification des composantes pourra déterminer l'extinction du processus dynamique.

Deuxième Partie

Au niveau des mécanismes partiels et des connexions individuelles, nous savons que toute interaction en cours à un instant donné pourra avoir une incidence positive ou négative sur plusieurs autres interactions concomitantes : par conséquent ce qui compte alors comme « environnement » dans les opérations d'un mécanisme particulier à l'intérieur du réseau écosystémique n'est pas l'environnement « du réseau » mais un contexte local et temporaire d'échanges énergétiques ou informationnels (le réseau est l'environnement plus proche, la niche, de chacun des agencements particuliers dont il est composé). Chaque connexion individuelle entraîne des variables partagées avec d'autres connexions, et par conséquent elle ne peut pas être isolée et examinée « en soi ». En outre, toute interaction entre les mécanismes partiels détermine ou conditionne le contexte des interactions entre ces mécanismes et l'environnement, tandis que, réciproquement, toute interaction avec l'environnement conditionne et détermine les interactions entre les mécanismes.

En vertu d'une telle *complexité* (à ne pas confondre avec « complication »), se déclenche toute une « écologie des (inter)actions » où il n'est pas possible de « distinguer discrètement » les événements interactionnels [Latour 2007 : 43]. Un tel tissu serré de variables contextuelles et une telle densité interactionnelle rendent futile toute tentative de décomposition ou de réduction du processus global en unités discrètes, d'autant que – rappelons-le – la plupart des interactions occasionnées sont du type récursif et non linéaire. « L'enchevêtrement extrême » de ce type d'interactions entraîne une dimension d'inhérente complexité [Morin 2005b : 93], irréductible aux événements causaux individuels, et rend problématique l'idée même d'un « réseau » d'interactions, généralement tenue pour acquis³⁸.

Nous avons déjà rencontré cette question de l'irréductibilité des interactions écosystémiques, lorsqu'on a noté par exemple la non-linéarité de l'équipement électroacoustique et des agencements systémiques, ou bien la récursivité des interactions, la « causalité circulaire », la

³⁸ Certains auteurs critiquent l'idée que la métaphore de « réseau » – aujourd'hui tellement populaire – puisse s'appliquer à n'importe quel contexte d'interaction, surtout lorsque les interactions se produisent dans un médium phénoménologique tel que le son (un médium dense et continu). Selon l'anthropologue Tim Ingold et le géographe Nigel Thrift, parler de réseau « détruit la signification et la cohérence » des *relations* créées par l'interaction. À la place, ils proposent de parler de « trame » (tramage) ou de « maille » (maillage) [Thrift 2006 : 142, Ingold 2011 : 155, Descola et Ingold 2014 : 21]. Morin nous rappelle que le mot latin *complexus* veut dire « tissu, tissage » [Morin 2005b : 21].

Deuxième Partie

« distribution » des facultés cognitives et d'action, l'environnementalisation des médiations techniques, etc. C'est exactement à cause de l'impossibilité de réduire les effets à leurs causes efficientes qu'on parle d'« émergence » au lieu de « production », « fabrication » ou autres processus linéairement décomposables. En tout cas, à ce point de notre réflexion, la question se pose de comprendre si on peut au moins décomposer la performance de l'écosystème selon les trois principaux facteurs agentiels dont il est composé : l'humain (performeurs, assistants), le technique (équipement, logiciel) et l'environnemental (salle de concerts ou autres type d'endroit). Pour aborder cette question, il me semble important de nous arrêter un instant sur l'autonomie systémique qu'on peut attribuer à ces trois formes d'agentivité.

La notion d'agent autonome implique qu'il y ait une boucle cognitive « action ↔ perception » grâce à laquelle un système s'autorégule à partir des traces que lui-même laisse dans l'environnement ainsi que d'autres événements qui s'y produisent : c'est par définition une forme d'autonomie relative – ou « autonomie dépendante » – pour laquelle le risque d'hétéronomie est indispensable et constitutif (on a traité ce sujet au cours de la Première Partie, particulièrement). C'est le type d'agentivité qu'on peut normalement assigner au(x) performeur(s), s'il y en a³⁹. L'effort majeur dans le projet *Écosystème audible* a été de créer des mécanismes ayant le rôle d'un sous-système « minimalement cognitif », pour doter ainsi le dispositif performatif complet d'une boucle « action ↔ perception ». Bien qu'il s'agisse évidemment d'algorithmes audionumériques (dessinés par ailleurs sans aucune présomption de modéliser ou de répliquer des phénomènes cognitifs spécifiques), le dispositif technique devient ainsi lui-même un agent relativement autonome, en analogie avec le(s) performeur(s). Les codéterminations réciproques entre ces deux agents dépendent en tout cas de la médiation préalable de l'environnement, lequel par ailleurs fournit l'énergie acoustique nécessaire afin que les deux puissent effectivement exprimer leur potentiel d'action.

En reprenant ici une suggestion d'abord introduite près de la fin de la Première Partie [1.3], on peut dire que notre écosystème performatif constitue en définitive un système multi-agent et hybride dans le processus duquel

³⁹ « Normalement », mais seulement jusqu'à un certain point : dans beaucoup d'exemples de musique *live electronics*, le compositeur invite les performeurs (instrumentistes) à exécuter leur partition de façon strictement déterministe, en évitant de se laisser influencer par ce qui se produit dans la salle et par les sons issus des appareils de traitement.

Deuxième Partie

- le comportement de chaque agent individuel (de chaque performeur et chaque traitement audionumérique) n'est pas vraiment et pleinement « le sien », et se déroule plutôt d'une manière « émergente de ses interactions avec l'environnement » [Laville 2000 : 1307] ; tandis que
- le comportement collectif n'est pas directement assignable à aucun des agents composants, étant plutôt une propriété d'ensemble de l'unité processuelle écosystémique.

Il pourra donc exprimer une forme d'agentivité irréductible aux agents composants, que je propose de définir en tant qu'*agentivité écosystémique* [Di Scipio et Sanfilippo 2019]. On pourrait parler aussi d'« agent distribué » ou d'« inter-agentivité », et par conséquent de systèmes « multi-agent » ou « inter-agent » (ce sont des termes renvoyant aux recherches d'intelligence artificielle mais fréquemment évoqués aussi dans la recherche en informatique musicale [Dahlstedt et McBurney 2006, Rammert 2008, Borgo et Kaiser 2010, Borgo 2016, Bown *et al.* 2015, Stapleton 2017, Tatar et Pasquier 2019])⁴⁰. Certains chercheurs considèrent les phénomènes d'émergence nécessairement liés à un réseau de type multi-agent [Lamarche-Perrin 2011]. Ici, je préfère la locution *agentivité écosystémique* (ou *éco-agentivité*) en premier lieu pour éviter d'emblée d'évoquer une notion banalisée d'interaction : comme souligné un peu plus haut, dans notre discours, « interaction » signifie « encastrement de l'autre dans le soi et du soi dans l'autre » (von Foerster) ou, plus simplement, « action partagée avec d'autres » [Latour 2007 : 54]⁴¹. En second lieu, je préfère la locution « agentivité écosystémique » pour souligner les deux conditions opératoires fondamentales tout à fait irréductibles à d'autres approches :

⁴⁰ À ma connaissance, aucune parmi les recherches ici mentionnées n'implique l'environnement comme un milieu d'interaction concret et comme agent performatif.

⁴¹ En tout cas, rappelons que plus fondamental encore que l'interaction est le couplage structurel entre les agents, à partir notamment du couplage « système ↔ environnement » [1.3.1]. À propos d'interaction : « il existe en français les mots *interaction* (daté par le *Robert* de 1876) et *interagir* (daté de 1966) [ainsi que] *interactivité* (daté de 1980) » [Couchot 2013 : 31]. Le mot « inter-agent » est plus récent, souvent utilisé dans le langage administratif et financier. Par contre « inter-agentivité » découle du jargon de la recherche en psychologie cognitive (spécialement au sujet de l'intelligence artificielle) : c'est la condition caractérisant les relations et les échanges entre agents cognitifs [Brassac 2004] et impliquant une sorte d'« interactivité de deuxième ordre », par exemple entre deux ou plus machines capables d'une certaine autonomie [Couchot 2013 : 34].

Deuxième Partie

- *l'agent environnemental est reconnu pour le rôle constitutif qu'il a dans les opérations des agents humains et techniques, pris soit séparément soit ensemble ;*
- *il est impossible ou considérablement réducteur d'isoler et de distinguer les interactions dans le système (entre différentes composantes) des interactions du système avec l'environnement (entre composantes et l'environnement).*

Cela se rattache parfaitement au type de performativité caractéristique de ce qu'on a appelé, dans cette thèse, le *paradigme fort de la liveness* :



Une telle condition performative à structure triadique reprend la notion générique d'« écosystème performatif » [Waters 2007], mais la réinterprète comme une forme d'inter-agentivité où l'environnement est reconnu en tant qu'agent constitutif et le dispositif électroacoustique est reconnu dans son potentiel d'interaction autonome avec l'environnement.

Je tiens à souligner que déplacer la source de l'action performative au-delà de la portée du performeur n'implique aucune diminution de sa responsabilité musicale et technique – tout au contraire : à mon avis, l'implication d'un performeur (instrumentiste ou électronicien) dans un tel contexte performatif demande et entraîne une conscience du *devenir-milieu* de la technique qui devrait vraiment être au cœur de toute assomption de responsabilité dans l'âge contemporain. En ce sens, le projet *Écosystémique audible* appartient à **un régime de l'art consistant à créer des pratiques de subjectivation sans les séparer du milieu environnant MAIS aussi sans les laisser au déterminisme du milieu**. Certes, s'il y a distribution des facteurs agentiels il y a également « distribution de la responsabilité » [de Rosnay 2015], mais d'autre part, aujourd'hui, la plupart de la responsabilité « réside dans la manière de répondre aux assemblages dont on n'est qu'une partie » – comme le souligne le compositeur Peter Nelson à la suite de la philosophe Jane Bennett [Nelson 2016 : 214]. Il s'agit de responsabilité éthique, oui, mais d'abord aussi politique. Dans notre cas, par ailleurs, l'« assemblage dont on fait partie » est un assemblage techno-écosystémique dont la conception est de la responsabilité du compositeur : le performeur (lorsqu'il n'est pas le compositeur lui-même) partage une responsabilité déjà prise en compte, une responsabilité que la performance ouvre à la coparticipation et coresponsabilisation des auditeurs.

2.5.3 Registres métaphoriques et opératoires de notre recherche-crédation

Avant de conclure cette deuxième partie, je voudrais m'arrêter brièvement sur la dimension métaphorique des notions opératoires et des critères d'explication que notre discussion a, jusqu'ici, empruntée à la biologie théorique, aux sciences cognitives et à l'écologie. Dans le contexte du projet *Écosystème audible*, en fin de compte, « environnement » est toujours environnement *sonore* ; « action » veut dire toujours *émission de son* ou actualisation des *conditions d'émission*, tout « métabolisme » n'est que *transformation du bruit de fond en son structuré*, et toute « perception » ne renvoie qu'à une tentative arbitraire de *créer de l'information* à propos d'un champ sonore d'abord défini par un équipement électroacoustique. Comme nous l'avons souligné, le caractère écosystémique de notre dispositif performatif découle spécifiquement du médium sonore : toute interaction se déroule *dans* et *par* le son, ou parfois par des « signaux ». L'agentivité du dispositif écosystémique – sa capacité d'action autonome – découle d'un « système cognitif » qui n'est rien d'autre qu'un réseau d'algorithmes de traitement audio (il s'agit par ailleurs de traitements assez simples). De toute évidence, le renvoi régulier à des critères bio-cognitifs et écologiques sous-entend un registre de signification du type justement métaphorique.

Dans quelle mesure est-il légitime de s'appuyer sur ces métaphores ? Et comment caractériser les limites (et les risques) inhérents à leur utilisation ? Pour aborder ces questions, il suffira de prendre en compte un registre métaphorique en particulier, celui du biologique – le plus proche de la question de la *liveness* mais aussi le plus épineux, le plus sujet à de possibles malentendus et le plus aisément perçu comme viatique d'un esprit réductionniste (ou, au contraire, d'un vitalisme abusif).

Limites de la métaphore biologique

On peut à juste titre considérer notre dispositif performatif *live* en tant que système « auto-observant » (pour ne pas dire « auto-écoutant ») : il est capable, en quelque mesure, de se retrouver lui-même réfléchi dans les événements sonores qu'il engendre dans l'environnement, grâce à un ensemble de mécanismes de rétrocontrôle pensé comme appareil pseudo-cognitif. De ce fait, il est aussi en mesure de s'autoréguler et de s'auto-soutenir, en nourrissant ses circuits de génération et traitement du son. L'auto-observation – mieux caractérisée ici comme « auto-éco-

Deuxième Partie

observation » – est une condition nécessaire de l'autorégulation et de l'autosubsistance : elle « introduit, dans le système, la possibilité de se distinguer de l'environnement et d'autres unités systémiques qui y habitent » [Livingston 2009 : 256].

Par contre, notre dispositif n'est pas un système « auto-organisé » ni « auto-organisant ». Cela veut dire – c'est une vraie banalité – qu'il n'a aucune chance de modifier son organisation systémique et fonctionnelle. Son « organisme » – l'ensemble des composantes agencées entre elles de manière spécifique – n'est aucunement susceptible d'auto-modifications : il ne peut pas remplacer ni déplacer ses composantes, ni en changer la (les) fonction(s) systémique(s). Gilbert Simondon avait exprimé cela en écrivant que « la machine ne peut pas reformer ses formes » [1958-1969 : 144] – sauf naturellement par l'intervention d'un ou plusieurs agents humains, bien entendu (c'est à nouveau l'image de l'homme comme « organisateur permanent [et] interprète vivant des machines »). Bref – c'est une banalité encore plus grande – ce n'est pas à lui de produire et garder en fonction ses composantes (transducteurs, code informatique, instruments musicaux, etc.).

Nous rappelons des telles platitudes, car ce qu'un système « vivant » est en mesure de faire c'est précisément ça : garder en fonction ses senseurs et ses organes de façon autonome, à chaque instant de son existence, par tout un réseau d'interactions chimiques, électrochimiques et d'autres types couplées à l'environnement – c'est comme ça qu'il préserve son « autonomie biologique » [Varela 1976 et 1989a, Maturana 2002 : 13, Hansen 2009 : 138]. En citant le philosophe Hans Jonas, le neurobiologiste Henri Atlan a suggéré que tout organisme comporte « un processus ininterrompu d'autoconstitution de la forme et de la substance même de l'organisme » [Atlan 2011]. Cela marque donc une limite dirons-nous *ontologique* de la métaphore biologique : à la différence des organismes vivants de n'importe quelle complexité, *notre dispositif écosystémique n'est pas un système autopoïétique*. Un système est défini d'« autopoïétique » s'il est en mesure de « produire ses organes », c'est-à-dire de garder et renouveler son organisme (son organisation) pour sauvegarder les conditions de son fonctionnement [Maturana et Varela 1980, Maturana 2002]. Un organisme vivant est un système autopoïétique parce que ce qu'il « atteint dans son opération est lui-même » [Canguilhem 1966 : 204]. Par définition, sa finalité première est de

Deuxième Partie

produire et supporter ses propres conditions vitales, au moins pour un certain temps⁴². Cela vaut également – et sûrement non pas au niveau simplement métaphorique – pour des organismes sociaux tels que les « institutions », les communautés, les systèmes économiques, etc. [Castoriadis 1980a, 1980b, 1983, Dumouchel et Dupuy 1983, Luhmann 2009, Latouche 2014]. Et naturellement pour les systèmes écologiques (justement les écosystèmes « proprement dits ») [Jørgensen et Müller 2000, Odum 2001]. En général, « les machines autopoïétiques » [Guattari 1992 : 61] sont toujours en train de déterminer leurs limites, engagées en permanence dans la construction des frontières de leurs actions et perceptions dans leur milieu d'existence [Courtial 2009 : 149-153].

Au mieux, le dispositif performatif d'*Écosystème audible* ne peut que déclencher et gérer un réseau de processus électromécaniques de génération et transformation du son, en opérant de façon plus ou moins autonome au cours de sa (courte) existence. Dans l'ensemble, son action accomplit une tâche dont le résultat n'est pas lui-même, mais quelque chose d'autre, à savoir une forme sonore – quelque chose de sonore qu'on pourra peut-être qualifier de « musical ». *Son organisation ne relève pas des finalités spécifiques à ses opérations*. Il est vrai, toutefois, que si le dispositif n'aboutit à rien d'intéressant (rien d'acceptable comme une forme de musique ou d'art sonore de quelque valeur dans le contexte social), il ne sera jamais plus remis en action ! D'évidence, son autopoïèse est dans l'ordre du social, pas du biologique (cela vaut pour n'importe quelle pratique d'art).

Analogie cognitive et irréductibilité à la machine

Rapprocher un techno-écosystème [Odum 2001] d'une unité biologique – en vertu de ses échanges énergétiques et informationnels avec l'espace environnant et de son autonomie

⁴² À mon avis, toutefois, une telle « autofinalité » (la survivance) ne suffit pas à caractériser complètement le vivant ni au niveau biologique ni au niveau social : il n'y a aucune raison pour vivre s'il n'y a rien d'autre à faire que survivre. Une fois parvenu à voir le jour – une fois parvenu à interagir avec l'environnement, en tant qu'espace habité par d'autres systèmes, vivants ou non – tout système vivant expérimente que la survivance n'est pas un but en soi et pour soi. L'autopoïèse biologique est une condition de vie nécessaire mais pas suffisante. Rappelons que l'approche de l'épistémologie biocybernétique s'est renouvelée, ces dernières décennies, en arrivant à s'intéresser des phénomènes psychiques (la subjectivité) et sociaux (la culture) [Varela 1989a et 1992, Clarke et Hansen 2009, Luhmann 2009, Protevi 2009, Thompson 2009, Mancilla 2011].

Deuxième Partie

opératoire – serait donc « dépasser la limite » et adopter une position tout à fait risible. Ce n'est même pas du bio-art ! [Abergel 2011, Mitchell 2012, Prunet 2014, Barbanti 2017]. C'est pourquoi j'ai circonscrit d'abord la portée de la métaphore bio-cognitive en parlant d'agents artificiels ayant un minimum d'autonomie cognitive, « minimalement cognitifs ». Certaines recherches abordent la question du « vivant » par une approche expérimentale qui consiste à concevoir des unités biologiques « en partant [...] de composantes simples susceptibles de se relier entre elles avec une grande densité de connexions » [Varela *et al.* 1993 : 135]. Une telle approche vise à construire des ensembles très modestes de cellules biologiques ayant une certaine autonomie d'action lorsqu'elles sont plongées dans un environnement auquel elles peuvent se coupler : concevoir et étudier « les interactions d'un agent [artificiel] avec son environnement [sert à] approfondir l'analyse des agents vivants » [Agre 1995 : 1]. Plus en particulier, les « comportements les plus simples » de ces petites entités biologiques « peuvent nous aider à circonscrire des problèmes intéressants au sujet de la cognition » [Barandiaran et Moreno 2006 : 181]. Il s'agit donc de produire des connaissances sur les phénomènes cognitifs par une méthode de recherche diamétralement opposée aux méthodes classiques, dont le point de départ est généralement un « système » aussi complexe et irréductible que l'être humain, ou d'autres êtres vivants assez évolués (animaux, plantes) [Bich 2012 : 39]. C'est une attitude de synthèse (composition) plutôt que d'analyse (décomposition), de phénoménologie plutôt que de formalisation de la complexité bio-cognitive. Quelques « conditions minimales pour l'émergence de phénomènes cognitifs » sont identifiables déjà au niveau de petits êtres vivants invertébrés et même dans des bactéries [van Duijn *et al.* 2006]. Ailleurs, j'ai cité le travail de [Horchler *et al.* 2004] sur certains insectes dont l'orientation spatiale dépend de petits senseurs auditifs. Pour le néophénoménologue Renaud Barbaras, la capacité de distinguer entre « soi » et « environnement » (éponyme de tout « non-soi ») est à la base des phénomènes cognitifs de tout système vivant [Barbaras *et al.* 2011 : 170], « du niveau des bactéries au niveau de l'individu et de la société » [Castoriadis 1989 : 382]. Même « le vivant le plus simple [...] développe une dimension constitutive de subjectivité » [Barbaras *et al.* 2011 : 170].

Parler de « cognition minimale » suggère, logiquement, qu'il y a plusieurs niveaux, qu'il y a des seuils de fonctionnement cognitif plus ou moins hauts. En suivant l'ouvrage de Varela et de Castoriadis, Mark Hansen [2009 : 127] envisage toute une gamme continue de différents « niveaux de l'être » et de différents « niveaux d'autonomie », selon la profondeur de

Deuxième Partie

l'imbrication entre « système » et « environnement ». Félix Guattari a parlé de différents « seuils d'intensité ontologique » [1992 : 54 et 77] caractérisant les ensembles systémiques les plus différents, des plus simples aux plus complexes. En suivant ces suggestions, il semble possible d'affirmer que, bien qu'il ne soit pas un organisme, notre écosystème performatif n'est cependant pas une « machine triviale » : son « seuil d'intensité ontologique » n'est aucunement de l'ordre de l'autopoïèse, mais n'est pas même de l'ordre du machinique entièrement hétéronome (il n'est pas un « outil », tel qu'un stylo, un synthétiseur, un mélangeur, etc.). Bien qu'absolument minimale, son organisation définit un ensemble hybride à densité connective considérable, un système multi-agent qui se transcende en agent écosystémique lorsque l'interdépendance des composantes est finalement exposée aux interactions (aux risques ainsi qu'aux opportunités) d'un environnement vécu.

Comment on l'a dit dès le début : dans notre recherche-crédation, il n'y a aucune intention de simuler ou de modéliser des phénomènes énormément plus complexes et importants tels que ceux traités par la recherche à orientation biocybernétique et cognitiviste ainsi que dans les épistémologies à orientation systémique et constructiviste. Cependant, il y a sûrement le propos d'en reprendre certaines notions et certains critères afin de caractériser et de saisir les enjeux de la performance *live electronics*. À cette fin, tout effort a été déployé pour ***tourner un registre simplement métaphorique d'abord en analogie fonctionnelle, et finalement en agencement opératoire concret.***

Le but programmatique de notre recherche-crédation – rappelons-le – consiste à identifier, caractériser et expérimenter le lien qui tient ensemble (qui « compose ») les conditions minimales pour appeler « vivante » une pratique de performance électroacoustique en direct. Nous espérons avoir réussi à cerner ce lien par la notion d'*agentivité écosystémique* et en avoir illustré l'enjeu par les détails opératoires du projet *Écosystémique audible*.

PARTIE III

CRITIQUE (CRISE) DU SON

... la sensibilità [...] è diventata la posta in gioco di una vera e propria guerra le cui armi sono le tecnologie e le cui vittime sono le singolarità, individuali o collettive...

[Roberto Barbanti 2017 : 55]

... ascoltare la musica ascoltando l'ambiente – e viceversa...

... ascoltare l'ambiente che ci ascolta...

[Walter Branchi 2007 : 285]

La praxis [...] est toujours « visible » ou perceptible dans la configuration externe de l'œuvre...

[Petru Bejan 2010 : 118]

3.1 Introduction

La Troisième Partie est consacrée à des questions jusqu'ici restées aux marges de notre discours. Les deux circonstances historiques évoquées tout au début de ce travail de thèse – le *devenir-milieu* de la technique (environnementalisation des médiations technologiques) et le *devenir-son* de la musique (prise de conscience du son d'abord comme matériau de construction, puis comme dimension sensible d'ordre atmosphérique, corporel et culturel à la fois) – sont évidemment en rapport non seulement avec le caractère *vivant* de la performance, mais aussi avec l'expérience *vécue* de l'écoute et la dimension phénoménologique du son. Nous proposons alors de nous déplacer de l'analyse des agencements systémiques façonnant l'écosystème performatif et ses opérations concrètes *live*, vers une réflexion plus générale à propos du son – du « sonore » – en tant que médium d'expérience sensible et milieu de connaissance et communication.

Avant d'approcher plusieurs sujets de réflexion qui surgissent à ce regard, essayons d'abord d'en saisir la latitude et les enjeux d'ensemble, et d'en souligner la liaison avec les questions traitées dans les deux parties précédentes.

3.1.1 Les enjeux d'une conscience écosystémique du son et de la musique

Nous allons commencer par un traitement critique de la notion d'« objet sonore », à confronter avec celle d'« événement sonore ». Cela nous permet d'abord d'évoquer une approche objectivante de la perception et la compréhension des phénomènes sonores, enracinée dans un esprit d'ingénierie des signaux (dimension technicienne essentielle pour les médias électroniques d'hier et d'aujourd'hui) mais caractéristique aussi, d'une manière tout à fait différente, de l'approche théorique (en équilibre entre phénoménologie et structuralisme) de Pierre Schaeffer [Schaeffer 1966, Chion 1983]. En outre, cela nous permet d'introduire une perspective plus disponible à saisir le son en tant que *lien* de connexion intime entre le sujet et le monde alentour, et *médium* sensible de leur relation de coappartenance. Cette seconde perspective coïncide avec la dimension justement *relationnelle* et *médiale* du son qu'on avait envisagée lorsque ont été traitées certaines idées systémiques au cours de la première et de la deuxième partie (« couplage », « environnement », « situation », « boucle action ↔ perception », « interaction », « information », « agentivité distribuée », etc.).

Troisième Partie

Notre discours sur les sujets abordés ci-dessous s'appuie sur le débat portant sur l'« écologie sonore » [Barbanti 2008, Mayr 2012, Solomos *et al.* 2016, Solomos 2018a et 2018b], constituant à mon avis une des lignes de pensée et d'action les plus importantes aujourd'hui pour « décoloniser l'imaginaire » de la musique par rapport aux conditionnements technocratiques et par rapport à ce que je vais appeler, plus loin, l'« hégémonie » de l'objet sonore en tant que construction idéologique¹. En particulier, ici nous posons la question d'une *conscience écosystémique* du son, entendue comme la capacité (tout à fait commune mais systématiquement oubliée) de saisir les événements sonores comme des traces auditivement expérimentables des événements qui se produisent dans les alentours. Il s'agit donc de mettre en valeur l'écoute en tant qu'expérience vivante du devenir-audible des relations dynamiques entre les forces et les agents qui sont à son origine – y compris les médiations techniques, et y compris même l'auditeur, considéré ici comme agent constitutif à part entière de l'événement du son et de l'ensemble des forces de production de la musique.

La dernière observation, par ailleurs, évoque une attitude cognitive pour laquelle on pourrait parler d'« écoute irréductible » et même d'« écoute impliquée » (à savoir comportant l'implication plus ou moins consciente de l'auditeur dans l'événement sonore), en contraste avec ce que Pierre Schaeffer appelait « écoute réduite » (visant à réduire le son en objet) [Di Scipio 2012 et 2014].

Pour examiner ces sujets plus en profondeur, nous allons nous tourner ensuite vers le concept de « bruit » – d'autant plus que nous l'avons évoqué à plusieurs reprises dans la deuxième partie (particulièrement au sens de « bruit de fond »). Cela nous permettra d'élargir la discussion et d'aborder certaines questions plus particulières, « secondaires » peut-être, mais d'intérêt non marginal pour vérifier l'enjeu d'une conscience écosystémique du sonore et de l'écoute. Parmi ces questions, il y a, par exemple, l'hypothèse d'une reformulation théorico-musicale du « timbre », à repenser en tant que *trace audible des degrés de liberté d'un système émetteur et canalisateur de son*.

Une autre question concerne la perte de pertinence des moyens d'enregistrement et reproduction du son face à des pratiques fortement situées et focalisées sur l'expérience directe

¹ L'expression « décoloniser l'imaginaire » est récurrente dans l'ouvrage de Serge Latouche (par exemple [Latouche 2011]).

Troisième Partie

ici-et-maintenant des événements sonores, et proches d'une dimension esthétique « atmosphérique » [Böhme 1993] portant sur la perception du « diffus », de « quelque chose de diffus » [Schmidt 2009]. Bien que « secondaire », c'est une question d'importance remarquable, en réalité, qui s'avère être en mesure de remettre en cause le paradigme moderniste de « l'œuvre à l'époque de sa reproductibilité technique » [Benjamin 1936]². Depuis plusieurs décennies, il existe effectivement des pratiques de création sonore dont le résultat ne peut généralement pas être enregistré et reproduit de façon satisfaisante, des pratiques qui échappent délibérément à toute tentative de reproduction et de médiatisation du son (la tentative en tout cas ne peut qu'échouer, voire déguiser l'essentiel !).

Cela évidemment comporte plusieurs conséquences. Ici on n'en mentionnera que deux. D'un côté, il y a l'émergence d'une nouvelle notion esthétique d'*aura*, évoquée ces dernières années par le travail de quelques artistes sonores et théoriciens. D'un autre côté, il y a une question qui nous amène à nouveau au sujet de la « condition technologique » de l'âge contemporain, mais à partir d'une perspective plus particulière : il existe évidemment des pratiques d'arts qui abordent les techniques électroniques et informatiques selon une « économie des moyens » cohérente avec les transformations de la sensibilité dans la situation historique actuelle, mais incompatible avec la médiatisation intégrale des relations humaines imposée par une dérive technocratique (néo-capitaliste) tout à fait évidente.

3.1.2 Critique et crise : « politique du son » ou « biopolitique de la musique » ?

Avant d'aborder ces divers sujets, il convient de noter qu'ils concernent évidemment des phénomènes largement répandus et partagés dans le monde contemporain. Ils prennent un registre esthétique particulier de l'expérience commune – le registre du sonore et de la perception auditive – comme milieu d'une politique du sensible et de la sensibilité (*aisthesis*). Dans l'ensemble, ils relèvent effectivement de « la question de la sensibilité en général » [Barbanti 2017 : 54], c'est-à-dire de la question politique du « partage du sensible » [Rancière 2000, 2006 et 2011].

² Rappelons que le titre original français du célèbre essai de Benjamin (version 1936) était « L'œuvre à l'époque de sa *reproduction mécanisée* ». Pour les éditions successives on a récupéré l'original allemand « Technischen Reproduzierbarkeit ».

Troisième Partie

À notre avis, une conscience écosystémique du son et de l'écoute est en principe commune à toutes les pratiques de musique – à partir des pratiques de jeu d'instruments les plus communes ! Toutefois, dans la situation historique actuelle, une telle conscience est largement minoritaire, et comporte évidemment une critique et une *remise en question d'une idéologie hégémonique de la musique qui réunit fermement une approche réductionniste au son et une approche déterministe à la technique*. (C'est pourquoi certains auteurs préfèrent repenser leur pratique de création non plus en termes de « musique » mais en termes d'« art sonore », en espérant qu'une telle démarche puisse les amener sur un territoire moins infecté par les signes du réductionnisme et par les conditionnements technocratiques.)

Nous appelons « critique du son » l'examen de la manière de vivre, d'expérimenter et de concevoir les phénomènes sonores ainsi que les pratiques culturelles correspondantes (on peut penser ici à certaines recherches dans le contexte des *sound studies* [Sterne 2003 et 2012, Erlmann 2004 et 2010]). Mais nous allons parler aussi de « crise du son » pour évoquer un subtil décalage épistémique et phénoménologique, à mon avis, urgent aujourd'hui, consistant à nous détourner de *l'expérience du son aux conditions d'expérience du son*. Le son est-il encore le centre de notre intérêt de nos jours ? Dans un monde qui n'a été jamais si bruyant, si riche de musiques et de sons, si tant équipé d'outils et des techniques de traitement audio, il est urgent de se tourner vers les conditions de production, de perception et de partage du son (et du silence). Cela me semble important à plusieurs regards. Ici, il suffit de noter que les pratiques portant sur les *conditions d'expérience du son* s'avèrent être des dispositifs opératoires et idéologiques portant sur les *conditions d'existence de la musique*, et par conséquent produisent les prémisses de la musique à venir. Bref, travailler sur les conditions du sonore s'avère d'importance *biopolitique*³.

Comment on le sait, Michel Foucault a bien noté que les pouvoirs politiques et économiques au cours de l'histoire de la modernité se sont adressés de plus en plus directement au corps humain – aux conditions concrètes d'existence de l'être humain, à sa santé – par le biais d'un certain nombre de dispositifs technoscientifiques mis en place de façon de plus en plus efficace

³ La notion de « biopolitique » évoque naturellement le travail du philosophe français Michel Foucault [1976]. Cependant, ici, la façon dont je l'utilise (quelque peu abusivement) doit plus à d'autres auteurs [Canguilhem 1966 et 2009, Agamben 1995, Negri et Hardt 2009].

Troisième Partie

(normes d'hygiène, pratiques de médecine scientifique, disciplines de contrôle des corps sociaux). Ce dont il en va, dans l'exercice du pouvoir moderne, c'est alors la vie elle-même des individus et des communautés. On qualifie de « biopolitique » l'exercice du pouvoir et la pratique politique ayant pour objet la vie humaine et le vivant en général [Foucault 1976]. Bien sûr, ici, nous ne pouvons que simplifier de manière excessive. Il faut préciser cependant que cette notion, chez Foucault, se mêle et se confond avec l'idée de « politique des populations », et par conséquent avec des dispositifs de connaissance et de contrôle de type statistique [Ruelle 2005, Fassin 2006].

Georges Canguilhem (maître de Foucault) distinguait deux niveaux de discours : « le vivant biologique, et ce qui le relie à l'expérience de la vie, c'est-à-dire au vécu expérientiel » [Fassin 2006 : 38]. Pour Canguilhem, le « vivant » (participe présent) contrôle le « vécu » (participe passé) : on devrait alors parler de biopolitique pour signifier une politique du biologique ayant une incidence plus ou moins directe sur le vécu expérientiel (donc sur la subjectivité, sur la société, sur la culture). Pour Hannah Arendt [1983], c'est plutôt le contraire : c'est une politique d'abord adressée à l'expérience vécue qui pourra avoir une incidence, indirectement, au niveau du vivant biologique. Par contre, Giorgio Agamben [1997] souligne la complémentarité entre les deux niveaux et, par conséquent, désigne de « biopolitique » les dispositifs de connaissance et de pouvoir s'adressant aux interdépendances entre eux. Pour le dire autrement, on pourra qualifier de « biopolitique » toute action visant à gouverner et contrôler les processus en vertu desquels le vivant nourrit le vécu qui nourrit le vivant... (rappelons la boucle bio-cognitive et la boucle énergético-informationnelle dont on a discuté ailleurs dans les deux premières parties de la thèse).

Or, dans son ensemble, l'ingénierie audio est devenue pendant le XX^e siècle un formidable dispositif de connaissance et de contrôle du son et de l'oreille – techniques de prise et diffusion du son, supports et appareils pour l'écoute de la musique, appareils d'auscultation médicaux, prothèses et moyens d'amplification et diffusion de la voix, normes d'hygiène acoustique, etc. – qui a eu une grande incidence sur les fondements physiologiques et perceptifs de l'audition, et

Troisième Partie

par conséquent aussi sur les processus cognitifs de l'écoute ainsi que sur les pratiques fondées sur une certaine conscience du son et de l'oreille⁴.

Lorsque l'ingénierie audio s'est adressée au dessin des infrastructures et des environnements de la performance musicale *live* (à partir des années 1950 et 1960), elle a travaillé comme un formidable dispositif de connaissance technoscientifique portant sur les conditions du « vivant » de la musique et des arts performatifs. Cela revient à implémenter une forme particulière de biopolitique dans un contexte spécifique. Il s'agit d'une approche réductionniste au son qui devient un dispositif culturel produisant et délimitant la possibilité (pour la plupart d'entre nous) de vivre la musique et de vivre de musique. Aujourd'hui, dans d'innombrables contextes de musique populaire, la production de concerts *live* (ou d'« événements » médiatisés) est un secteur de l'industrie culturelle d'importance remarquable en matière économique : dans de tels contextes, le caractère « vivant » est un produit industriel dans lequel convergent d'innombrables compétences professionnelles de type technoscientifique et de management.

Or, évidemment, toute musique relève d'une prise en charge des manières de faire du son, de le produire et de le rendre présent pour nous. Et même de la façon de nous rendre nous-mêmes présents au son (plus loin, nous allons parler de l'implication de l'auditeur dans l'événements sonores). La façon de nous adresser au son influe sur la vie de la musique, et cela conditionne ce que la musique, à son tour, fait de notre propre vie. Toute manière de faire de la musique sous-tend une correspondante idéologie du son – un corpus de connaissances, de constructions cognitives et de métaphores culturelles façonnant les manières par lesquelles les êtres humains se rapportent au son et à l'environnement sonore. En retour, ces constructions idéologiques sont renforcées – ou remises en question et modifiées, le cas échéant – par les formes concrètes de l'expérience auditive vécue et par les pratiques correspondantes. Il y a un *double bind*, une stricte interdépendance entre les deux : l'un naît de l'autre.

Le domaine ainsi défini délimite le champ d'intérêt que nous appelons, peut-être trop ambitieusement, « biopolitique de la musique » [Di Scipio 2015]. On peut l'approcher soit dans une perspective d'étude et de recherche, soit dans la perspective d'un travail de création (voire

⁴ Cela s'insère dans un processus culturel plus général que Jonathan Sterne [2003], en suivant une ligne de recherche proche de l'« archéologie des savoirs » de Foucault, fait remonter à l'archéologie des dispositifs médicaux d'auscultation.

Troisième Partie

selon une perspective de « recherche-crédation », évidemment). La direction demeure la même : il s'agit de saisir l'ensemble des savoirs impliqués dans la production et l'expérience vécue *du son* comme le dispositif de connaissance (ou le « cadre idéologique », si l'on veut) essentiel pour fonder les inclinations affectives, les dispositions perceptives et les processus opératoires *de la musique*. En prenant en charge les circonstances matérielles et culturelles qui définissent notre compréhension du sonore, nous nous impliquons dans les conditions d'existence de la musique. Laquelle, en tant que milieu d'action et de connaissance individuelle et collective, renforce ou redéfinit le cadre de compréhension du sonore.

Le son fixe les conditions de la musique et *vice-versa*. Cela signifie que le son n'est pas le but de la musique. Mais aussi que la musique n'est pas non plus le but du son. C'est donc une vraie « crise du son » (laquelle, sur le plan historique, arrive après la « crise de la musique », à savoir après le *devenir-son* de la musique). Le but sera simplement de créer des conditions « écologiquement » acceptables, souhaitables et partageables, où son et musique se déterminent mutuellement. L'écoute sera alors l'occasion pour en expérimenter l'interdépendance et pour y participer.

Le lien : le vivant de la performance et le vécu du son et de l'écoute

Malgré les apparences, dans son ensemble, le discours proposé dans cette troisième partie devrait être considéré comme complémentaire du discours portant sur la *liveness*, proposé dans les deux parties précédentes de la thèse. Au fond, le caractère « vivant » de la performance va de pair avec une certaine conscience écosystémique des conditions d'expérience « vitales » pour la musique ainsi que pour son anamorphose historique en « art sonore ».

D'autre part, au fil de l'histoire récente, le *devenir-milieu* de la technique et le *devenir-son* de la musique se sont effectivement rencontrés justement au milieu d'un ré-encadrement biopolitique général : tant l'expérience *vécue* du son et de la musique que le caractère *vivant* de la performance ont été retravaillés par le biais d'un dispositif de connaissance et de pouvoir profond et réticulaire, tel que celui de la *culture audio* [Cox et Warner 2003]. Tout comme on a pu poser la question *qu'en est-il du « vivant » dans un contexte de performance hautement technicisée ?* on pourra se demander alors *qu'en est-il du « vécu » dans le son et dans l'écoute*. Rappelons que, ailleurs dans cette thèse, on a décrit le processus « vivant » de la performance comme « un vécu en train de se faire ».

3.2 Objet sonore, événement sonore

Nous vivons depuis longtemps à l'ombre d'une idéologie du son et de la musique qui réduit l'expérience du son à celle de l'*objet sonore*. Des raisons bien connues l'expliquent, à la suite des processus historico-musicaux et de la révolution des médias électroniques du XX^e siècle. On peut en parler de plusieurs manières. En ce qui nous concerne, on parlera d'objets *audio* (signaux électromagnétiques et audionumériques façonnés selon les critères de l'ingénierie des communications électriques et électroniques), et d'objets de perception (fixés selon des critères de classification morphologique et typologique, d'abord tout à fait subjectifs mais reconnus en tant que supra-individuels, à savoir intersubjectifs et justement partagés). Les deux, ensemble, forment un dispositif culturel d'énorme incidence dans l'histoire récente de la musique (qu'elle soit savante, expérimentale ou populaire).

3.2.1 L'objectivation « audio »

Il est bien connu que les premiers développements techniques d'enregistrement du son remontent à la fin du XIX^e siècle. Depuis le début du XX^e siècle, et surtout depuis les années 1930, les techniques d'enregistrement électromagnétiques ont essaimé dans de multiples directions de la *culture audio*, dans lesquelles le son est de plus en plus perçu comme une sorte de « chose » posée devant nous (*Gegenstand*), séparée de nous, séparée d'autre chose, et disponible à la manipulation. Nous pouvons le manipuler et n'entraîner aucune modification en lui. Nous avons la sensation, et souvent la certitude, que nous pouvons le déplacer et le laisser « tel quel », en le manipulant selon des intentions totalement indépendantes de ce qu'il est « en soi ». Ceci décrit essentiellement une approche calquée sur une attitude d'ingénierie du signal sonore. Le terme *audio* témoigne précisément de ce type de matrice.

On doit rappeler que les technologies de l'enregistrement sonore et leur énorme diffusion ont ouvert la voie à des développements musicaux très importants, et que ces derniers ont, à leur tour, déterminé la nécessité d'explorer les plus divers moyens d'enregistrement et les plus divers moyens de traitement électroacoustique. Dans son célèbre essai de la moitié des années 1930, Walter Benjamin avait décrit un potentiel positif et libérateur dans les arts fondés sur les technologies modernes de « reproduction mécanisée », notamment parce que, à son avis, elles détruisaient l'élément auratique des formes artistiques précédentes ainsi que les styles bourgeois

Troisième Partie

et élitistes de jouissance de l'art [Benjamin 1936]. C'était une véritable révolution de la sensibilité esthétique et des conditions de la création : « l'œuvre d'art reproduite devient reproduction d'une œuvre d'art destinée à la reproductibilité » [*id.* : 45]. Douze ou quinze années plus tard, plusieurs musiciens enclins à suivre une voie expérimentale de la musique se sont approprié les moyens électroniques de reproduction et les ont transformés en nouveaux moyens de production (c'est l'histoire même de la musique électroacoustique – du moins en grande partie). En même temps, l'industrie discographique s'est développée de manière colossale, jusqu'à devenir un facteur important de transformation culturelle. La *musique* était devenue pensable désormais comme un *art sans fixés*. C'est la raison pour laquelle (comment nous l'avons rappelé dans le prologue) les pratiques musicales performatives ont été redéfinies en tant que pratiques *live* ou « en direct ».

On ne peut pas nier que la disponibilité croissante de produits musicaux audio – aujourd'hui maximisée grâce aux lecteurs portables, à l'Internet en *streaming*, aux haut-parleurs installés partout dans les espaces publics, etc. – et la disponibilité d'un très grand nombre d'outils d'*editing* et de traitement audionumérique ont de plus en plus renforcé une compréhension du son comme quelque chose à manipuler et gérer à *volonté*. Cela favorise, tant chez les auditeurs-consommateurs que chez les musiciens, le sentiment d'avoir un pouvoir, d'être habilités au contrôle du son – sauf qu'il y a un paradoxe, car, en fait, une dépendance subjective de ces médias « habilitants » masque, derrière le sentiment d'être-en-contrôle, un bien plus profond « être contrôlés » (être « sous contrôle »).

En tout cas, l'extrême disponibilité d'enregistrements musicaux dans les espaces publics est désormais devenue une cause notoire de pollution acoustique. Aujourd'hui, le son numériquement reproduit est omniprésent et envahissant et est, depuis longtemps, devenu quelque chose qui conditionne lourdement nos facultés auditives. En sortant du trop grand nombre de haut-parleurs autour de nous, son et musique deviennent des résidus polluants. On peut se sentir gratifié par la sensation d'être-en-contrôle (de quoi ? de son lecteur MP3, de son logiciel de téléchargement, de son périphérique audio...), mais on peut également être frustré de ne pas être habilité à arrêter la confusion qui nous entoure, de ne pas arriver à entendre la voix d'un ami dans un lieu public envahi d'enceintes et d'écrans télé... (c'est l'environnement sonore « de basse qualité », ou *lo-fi*, dont avait parlé Murray Schafer [1977 : 71], mais poussé à l'extrême...).

Troisième Partie

Il semble donc devenu possible aujourd’hui de penser le son et la musique comme quelque chose qui existe d’une manière qui n’avait jamais été possible auparavant : en tant que déchet et pollution, soit le contraire d’un milieu de conscience écologique.

3.2.2 L’objet sonore : construction cognitive et dispositif culturel

Il faut constater que l’approche de l’ingénierie – bien qu’« efficace » et « performante » par définition – a le caractère d’une limite : elle ne peut jamais atteindre le but de réifier le son sauf subrepticement par une transformation parallèle de nos inclinations cognitives. *L’objet sonore est d’abord une construction technique et psychique à la fois.* C’est une façon d’apprendre à percevoir les sons.

Au début des années 1950, Pierre Schaeffer eut besoin d’une attitude d’écoute particulière afin d’arriver à décrire la « morphologie » et la « typologie » des sons fixés sur support qu’il était en train de travailler [Schaeffer 1966 : 389]. La tâche consistait à isoler des aspects caractéristiques (simplement qualitatifs, mais parfois aussi quantifiables) du son « en soi », du son distinct de la source et de toute circonstance contextuelle. Un son devenait une entité objective, à traiter « en tant que telle », dont la signification possible est d’abord « mise entre parenthèses » pour recentrer l’attention uniquement sur sa morphologie dynamique. Schaeffer appelait *écoute réduite* la particulière attitude cognitive produisant l’objet sonore, mise en pratique grâce à la technique du « sillon fermé » (ou boucle de bande magnétique, *loop*). L’objet sonore est le résultat subjectif (mais aussi intersubjectif, cognitivement partagé) de cette pratique de dissociation auditive du son de toute connexion avec des agents et des agencements autres (sur ce sujet, cf. [Schaeffer 1966 : 261-278, Chion 1983]). Il s’agissait d’apprendre à saisir le son isolé de son environnement⁵, de sa source et des éventuelles connotations sémantiques et linguistiques, selon une (mal entendue) logique de « réduction phénoménologique » [Solomos 1999 et 2008a, Kane 2007 et 2014] (voir aussi quelques pistes critiques dans [Molino 1999, Emerson 2007a : 6 et 105, Croft 2007, Di Scipio 2012, 2013b, 2014]).

Mais déjà en tant que signal *audio*, l’objet sonore relève d’une stratégie technologique qui déplace la perception auditive dans une logique de séparation, d’abstraction par rapport au

⁵ Un commentaire intéressant sur Schaeffer a pour titre « L’objet sonore ou l’environnement suspendu » [Augoyard 1999].

Troisième Partie

contexte matériel. Tout le monde, ces cent dernières années, a appris à entendre les sons comme des entités indépendantes de leur contexte particulier. C'est le phénomène cognitif que Raymond Murray Schafer a baptisé *schizophonie* [Schafer 1969]. L'objet sonore façonne (et est façonné par) les modalités cognitives qui nous conduisent à en faire l'expérience comme une entité qui peut être déplacée dans le temps et l'espace, qui peut être re-présentée (répétée), décrite et éprouvée indépendamment des contingences temporelles et spatiales de son existence et de son devenir.

Il semble alors que, dans sa manière de fonctionner, l'objet sonore tend à annihiler le sens relationnel et contextuel inhérent au médium sonore, et affaiblit la conscience du son comme trace transitoire et évanescence des forces qui l'ont occasionné, ainsi que de l'endroit (et de l'heure) où il a été occasionné. Une telle notion va de pair avec ce que, dans son discours plutôt formaliste et traditionaliste, Roger Scruton appelle l'« écoute musicale », c'est-à-dire une écoute par laquelle « on entend les sons séparés du monde matériel » [Scruton 1997 : 221]⁶. En aboutissant à l'objet sonore, l'écoute réduite occulte l'effort physique et l'effort de connaissance nécessaires pour émettre ou produire des sons [Croft 2007 : 60, Kane 2014 : 119], ce qui revient à dire que chaque objet sonore tend à occulter le dispositif culturel par lequel il est produit. Il s'agit d'un recadrage idéologique profond des fonctions écologiques de la perception auditive, sur lequel on peut à juste titre s'interroger aujourd'hui.

Dire que l'objet sonore a un statut idéologique (comme le soutient aussi Brian Kane [2014 : 41 et *passim*]), revient tout simplement à dire qu'il a émergé de conditions culturelles spécifiques et de modalités cognitives particulières. En travaillant ensemble, la *reductio ad objectum* de l'écoute et la matérialité des signaux audio font de l'objet sonore un *dispositif* (au sens de Michel Foucault) formidable : une construction psychique partagée et une représentation historiquement déterminée qui devient « institution culturelle », à savoir un facteur actif (un « actant », au sens de Bruno Latour) de la société, à travers naturellement un ensemble de pratiques correspondantes. Ce dispositif a ouvert des horizons de la création musicale jamais imaginés auparavant, mais, en même temps, a servi de façon décisive à insérer le son dans une économie d'échange de

⁶ Naturellement, à la différence de Schaeffer, pour Scruton, la seule qualité morphologique vraiment importante c'est la périodicité des phénomènes sonores : hauteur et cadence rythmique sont, pour ainsi dire, « garanties de séparation » de la musique de l'environnement sonore circonstant (« bruit », au sens de son non musical).

Troisième Partie

marchandises équivalentes (capitalisme), à en faire un matériau brut pour la production musicale à échelle industrielle.

Une perception objectivante fait donc place à une réification des phénomènes sonores qui sont alors vécus toujours comme déjà pris dans une économie de marché (le marché comme horizon unique et seule condition de réalité). Une telle réification du son – entraînant naturellement des phénomènes parallèles de « fétichisation » [Bonnet 2005] – est largement partagée dans la société, et par conséquent, comme tous les dispositifs culturels, est devenue un processus auto-poïétique : elle produit des effets qui la renforcent en tant qu'attitude cognitive partagée. La difficulté à déconstruire l'objet sonore, en tant que dispositif culturel, réside exactement dans ce *double bind* (lien à double contrainte) : comme tous les artefacts, il reproduit et stabilise les lignes directrices culturelles et idéologiques par lesquelles il est produit. De cette manière, le réductionnisme de l'objet sonore devient, en dernière analyse, une véritable idéologie du son, l'incidence culturelle de laquelle peut être qualifiée d'« hégémonique » par rapport au contexte historico-musical de la fin du XX^e siècle. Sa position hégémonique est évidente lorsqu'on rencontre une définition de l'objet sonore comme celle donnée par notre ami Daniel Teruggi : « [C'est] une sorte de règle universelle : avant de signifier quelque chose, un son est un son et doit être considéré comme tel [...]. On doit toujours envisager le son "en lui-même" ! » [Teruggi 2007 : 215].

Prenons un paradoxe simple mais peut-être significatif. La musique acousmatique, faite d'objets sonores et présentant parfois une poétique illusionniste du virtuel, est souvent jouée dans des salles de concert avec des systèmes multicanaux hautement professionnels et de grande puissance sonore afin de susciter des sensations corporelles qui seraient impossibles à générer avec des outils de diffusion sonore plus habituels (présence de fréquences très basses, haut-parleurs placés tout autour et à des distances différentes, sources sonores qui semblent traverser la salle en suivant divers itinéraires, etc.). Nous touchons donc à la question de l'expérience *immersive*, aujourd'hui souvent reléguée au discours sur la réalité virtuelle – comme on l'a signalé [Solomos 2013 : 260 et ailleurs]. La politique de l'objet sonore devient évidente lors d'une diffusion sonore immersive : la sensation d'être noyé dans le champ sonore est dite être obtenue de façon technologique (grâce à une « technologie de puissance » : grand volume, espaces apparemment plus grands et plus articulés, etc.). Telle est l'incidence désormais justement hégémonique d'une idéologie réductionniste du son, que le mot « immersion » et ses

Troisième Partie

dérivés (expérience immersive, écoute immersive, perception immersive) sont aujourd'hui uniquement associés à des contextes hautement technicisés – on parle de « technologies immersives ».

Comme si, dans des circonstances plus habituelles, le son n'était pas un milieu *dans* lequel nous sommes toujours plongés avec tout notre corps. Comme si le plus faible souffle n'était pas quelque chose qui vient d'être perçu avec le corps complet et qui peut remplir (ou percer) l'oreille (exemple lorsqu'une amante murmure à l'oreille de son aimé). C'est une « inversion cognitive », un phénomène semblable à ce qui s'est passé dans l'histoire de la photographie : « le photographe ne portait pas ce qu'il voit, il prend acte de ce que l'appareil a vu pour lui » [Vitale 2013 : 151].

3.2.3 L'événement sonore

En effet, le son n'est jamais vraiment *objet*. D'abord, on pourra à bon droit rappeler le doute fondamental de toute épistémologie constructiviste : « l'objet existe-t-il en soi ? » [Miermont 1995 : 255]. D'autre part, en ce qui nous concerne, aucun effort d'objectivation ne réussit vraiment à occulter les conditions de production du son et son appartenance à un ensemble de facteurs contextuels et contingents. Le son résiste à une complète « réduction phénoménologique » : cela est quelque chose que notre corps connaît bien, mais que *nous* avons désappris. Comme l'avait souligné Schaeffer lui-même [1966 : 270], d'abord on a du mal à faire l'« effort *anti-naturel* » d'objectiver les sons (en principe, même le son synthétisé par voie électronique ne fait pas exception). Il y a une attitude incompressible de la perception auditive à « incarner » et expérimenter l'écologie des relations et des processus donnant lieu aux événements sonores : dans son déroulement temporel, dans son existence éphémère et précaire, dans sa propagation tridimensionnelle, le son entoure les corps en écoute, il se propage autour et à l'intérieur même des corps, juste après avoir traversé le corps de la source en vibration. Le médium sonore offre justement une possibilité de contact à distance, il rend audible tout contact en tant qu'*événement sonore*⁷.

⁷ Le mot « événement » pourrait ne pas être le meilleur terme, compte tenu de son utilisation usuelle ainsi que de certaines résonances philosophiques, voire mystiques. Cependant, je ne suis pas le seul à utiliser l'expression « événement sonore » – cf. [Mersch 2002], où le contexte de discours est l'esthétique des arts performatifs, et [Casati et Dokic 1994, Roden 2007, O'Callaghan 2009], où le contexte est l'histoire de la « philosophie de la nature ». Pierre

Troisième Partie

Que veut dire « événement » ? Au sens ordinaire, un événement c'est « quelque chose qui est arrivé », au sens épistémologique, c'est quelque chose qui se produit de façon imprévue qui « fait événement ». Au sens médiatique, quelque chose « qui devient saillant » et « fait l'objet d'une focalisation de l'attention publique » [Neveu et Quéré 1996 : 6]. Cependant, ici, je me rattacherais plutôt à l'observation de Merleau-Ponty : « l'événement n'a pas de place dans le monde objectif » [Merleau-Ponty 1945 : 470] : une telle condition de non-objectivité relève évidemment de la fugacité et de la finitude temporelle ; mais aussi d'une dimension relationnelle, comportant l'inclusion dans un ensemble de relations dans le monde. Quand l'événement sonore a lieu (et cela prend du temps), source et espace environnant vibrent pour quelques instants de manière similaire, l'un dépendant de l'autre. La source met en vibration l'espace, mais le son en fait prend aussi des connotations acoustiques de l'endroit, à savoir d'un espace construit, culturellement façonné, vécu selon des critères plus ou moins partagés dans la société : il s'agit d'un événement *dans* l'environnement et *de* l'environnement. Alors l'événement sonore par définition « est part de », « appartient à » et « s'insère dans » l'environnement [Kane 2014 : 151]. On peut toujours le recevoir comme la trace auditive de ce qui arrive dans l'unité espace-temps de l'expérience, dans l'ici-et-maintenant. Le son tend donc à demeurer toujours dans l'ordre de l'événement. En tant que tel, tout son est d'abord préinscrit dans une économie de la relation et du partage. La dimension propagée, répandue et spatiale de ce phénomène comporte une « promesse d'inclusion » [Di Scipio 2013b]. Tandis que la réification opérée par la perception de l'objet sonore vise à retracer le son dans une politique « propriétaire » et exclusive, la capacité de saisir l'événement sonore implique une dimension constitutivement relationnelle, base d'une politique inclusive. On est, ensemble, dans le son.

À côté de son statut énergétique – vibration et transfert d'énergie à travers les corps, les supports, les milieux – l'événement sonore a un statut informationnel : tout en lui est empreinte ou vestige des interactions (matérielles et culturelles) dont il provient, tout est « résonance » des médiations qu'il traverse avant d'atteindre l'oreille⁸. Dans et à travers le son, tout est lié à tout,

Schaeffer lui-même avait opposé « objet » et « événement » [1966 : 114 et *passim*]. En tout cas, cela ne veut dire aucunement que le sens d'« événement sonore » est partagé.

⁸ Ici « information » ne doit pas être entendue comme quelque chose qui est dans (ou appartient à) l'environnement, à savoir comme quelque chose que nous pouvons trouver et récolter dans l'ambiance environnante. Je me suis attardé sur ce point ailleurs dans cette thèse [2.5.1]. Heinz von Foerster [1974] décrivait l'information

Troisième Partie

« tout interagit avec tout » [Truax 1984 : xii]⁹. Chaque surface et chaque obstacle dans l'espace marquent de manière plus ou moins importante l'événement vibratoire, et le modifient de façon subtile avant qu'il arrive à toucher et moduler le tympan de l'oreille. Chaque endroit est un résonateur acoustique particulier, ayant sa voix – à laquelle parfois les hommes assignent des connotations culturelles importantes¹⁰. L'organisme auquel appartient l'oreille ainsi que l'oreille elle-même déposent leurs propres traces dans le son. De même, toute médiation technique et toute canalisation du son, présumé transparent, laissent des traces audibles : l'oreille peut les détecter, elle peut entendre l'opacité des médiations – on pourrait dire : l'oreille peut déconstruire les médias audio. Comme toutes les composantes de l'environnement, les médiations technologiques ont leur voix : elles ne représentent ni ne reproduisent aucun son « comme tel », mais uniquement comme ce qui sort d'une rencontre, d'une relation ou d'un choc. Nous devons le répéter, *il n'y a pas de son en tant que tel* [Di Scipio 2011, 2012, 2013b, 2014].

Fonder une démarche de création sur une telle conscience écosystémique du son, et la rendre expérimentable en direct, « vivante » dans et en relation avec l'unité espace-temps, c'est l'enjeu majeur des arts sonores *live* (qu'ils soient de type performatif ou installatif). Ce qui se passe, au cours du déroulement spatio-temporel de l'événement sonore, c'est une micropolitique de présence, de proximité et de relations. C'est là que la création musicale ou d'art sonore peut faire son travail : « activer un espace » [Joy et Sinclair 2015 : 53] et ainsi « se situer », en transformant un endroit ou un site (connotation neutre) dans un lieu ou une maison (connotation chargée de valeur) – au moins temporairement.

selon une veine constructiviste comme *inférence construite à partir des données sensorielles*. Comme nous l'avons signalé, cette perspective constructiviste a été développée dans des recherches récentes en biologie de la cognition ainsi que dans d'autres démarches de la science qui ont connu « un tournant phénoménologique » [Varela 1986, Varela *et al.* 1993, Brier 2000, Bertschinger *et al.* 2007, Carke 2012, Vidali et Neresini 2015].

⁹ Notons que la citation de Truax reprend presque à la lettre ladite « première loi de l'écologie » : « tout est relié avec tout » [Commoner 1971].

¹⁰ Rappelons l'épistémologie acoustique (ou « acoustémologie ») de l'ethnologue Steven Feld, portant sur « le lieu du son, et le son du lieu » chez certaines populations africaines pour lesquelles une relation forte existe entre les sonorités de l'environnement habité et la structure de la société [Feld 2010].

3.2.4 Implication de l'auditeur. L'écoute « irréductible »

Expérimenter l'événement sonore – plutôt que l'objet sonore – signifie éprouver la dimension relationnelle qui est inhérente au milieu dans lequel nous vivons : « nous n'entendons pas *le* son – nous entendons *dans* le son » [Ingold 2011 : 138]. Tout comme la lumière est le médium par lequel nous voyons, non pas un objet de la vue, le son est le médium par lequel nous entendons et écoutons, non pas un objet de l'audition. La question se pose alors : qu'entendons-nous *dans* le son ? Avant que des habitudes mentales bien implantées puissent l'encadrer dans une logique de séparation et d'objectivation, tout son délibérément occasionné se présente comme la trace audible d'interactions souhaitées ou nécessaires, alors que celles-ci se produisent à un certain moment dans un certain endroit. Par un ensemble de nuances de timbre et de nuances spatiales ayant pertinence pour la perception auditive, l'événement sonore nous raconte les forces physiques et sociales desquelles il émerge. Ici « nous » signifie auditeurs, musiciens et artistes sonores, chercheurs... (toute division des compétences et du travail est secondaire, les intentions d'écoute sont l'effet et la cause à la fois de l'attitude cognitive par laquelle on se met en écoute).

En dernière analyse, alors, un son n'est que le devenir-audible de quelques relations entretenues par des corps et des forces : pour l'essentiel, dire *événement sonore* veut dire simplement qu'il y a, plus ou moins à proximité de celui qui écoute, des relations dynamiques qui deviennent audibles. L'événement sonore n'a jamais *une* source, il émerge d'un ensemble d'interactions, voulues ou accidentelles. Bref, il est d'abord un *événement de relation* saisissable par l'oreille.

L'auditeur est partie intégrante de l'environnement où l'événement a lieu. L'auditeur est donc partie intégrante de l'ensemble des relations saisi en tant que son. Il est dans le son, ensemble avec d'autres auditeurs, mais aussi ensemble avec les forces (mécaniques ou électroniques) produisant le phénomène vibratoire. « Il n'y a pas d'événements sans quelqu'un à qui ils adviennent et dont la perspective finie fonde leur individualité » [Merleau-Ponty 1945 : 474]. Un événement sonore est relatif à un point d'observation (ou mieux d'audition) spécifique. Par conséquent, l'auditeur est lui-même constitutivement impliqué dans l'événement, il « reçoit » le son mais en vérité il participe à le modifier, le relativise et se l'approprie. L'événement sonore nous parle aussi de notre relation à ce que nous entendons dans le son, il porte les traces de notre manière de l'entendre, de l'accueillir, d'y prêter attention, ainsi que de notre relation avec l'espace environnant. (Cela pourrait rappeler le principe d'indétermination de Heisenberg :

Troisième Partie

l'observateur influence et modifie l'observé, l'observateur est constitutivement impliqué dans ce qu'il observe et dans l'environnement qu'il partage avec ce qu'il observe.)

L'implication de l'auditeur dans l'événement sonore comporte une attitude d'écoute tout à fait différente par rapport à l'« écoute réduite ». Tandis que l'objet sonore est là, devant nous (c'est la perception auditive qui produit la séparation, c'est nous qui le mettons là, dehors), l'événement, lui, où est-il ? Autour de nous, à l'intérieur des corps, dans les machines, dans l'environnement ? En vérité, il est « partout », au sens qu'il consiste d'abord en une relation entre tous ces facteurs, en une résonance (« relation sonore ») entre plusieurs facteurs. Y compris justement celui qui est à l'écoute – son corps, sa position dans l'espace, ses relations avec le contexte, ses intentions d'écoute. Avant de se réduire à saisir l'objet, l'écoute est déjà *impliquée* dans ce dont il fait l'expérience. L'auditeur est connecté à des agencements de nature matérielle et culturelle à la fois, prenant la forme audible de l'événement sonore. Après tout, le son est avant tout un médium atmosphérique auquel nous sommes couplés, à travers lequel on peut connaître et se connecter avec le monde que nous habitons et les nombreuses couches de médiations qui le structurent.

Dans cette perspective, « écouter » s'avère être une manière (la manière « auditive ») de saisir le contexte des relations de coappartenance et d'interdépendance entre les corps et les forces actives dans et par un environnement (y compris l'auditeur, comme nous venons juste de le dire). Décrire cela comme une écoute « causale » (ou « indicielle » ou « sémantique » comme le disait Schaeffer) serait réducteur et trompeur : l'écoute construit et déconstruit des liaisons, explore des agencements et des relations de cause-et-effet, s'aperçoit du travail, du risque et de la responsabilité dans l'acte d'occasionner des événements sonores ; son but c'est, en fin de compte, soit de s'approprier soit de rejeter ces relations, ainsi que la responsabilité qu'elles comportent. Il n'y a rien d'objectif, de stable et de sûr dans l'écologie des agencements que l'auditeur – même le plus expert et connaisseur – est en mesure de saisir et d'éprouver. On pourrait parler naturellement d'une dimension constitutivement « écologique » de l'écoute, sauf qu'une telle manière de la penser ne devra présupposer aucune prise objective, stable et sûre sur la réalité. Il n'est pas question de décoder et de reconnaître des signes ou des causes : l'écoute est une activité qui produit de l'information au même instant qu'elle reçoit et « subit » ce qui se passe dans l'environnement. Dans un contexte de musique ou d'art sonore, l'implication de l'écoute sous-tend que l'œuvre est abordée comme une occasion et un moyen pour partager l'expérience vécue, pour saisir auditivement une façon de se rapporter au monde et d'agir dans le contexte partagé.

Troisième Partie

L'écoute n'est pas réductible aux « causes » du son, de la même façon qu'il n'est pas réductible à l'appréhension de ses traits objectifs. Ces deux niveaux sont importants, mais aucun d'eux ne suffit pas à expliquer la dynamique expérientielle de l'inclusion subjective et collective dans l'événement sonore. Tout simplement, dans un médium si dense que le son – « dense » au sens physique ainsi qu'au sens relationnel et culturel – il n'y a aucune possibilité d'objectivité, ni au regard des propriétés morphologiques du phénomène « en soi », ni au regard de ses causes. C'est pourquoi on a proposé, ailleurs, de parler d'*écoute irréductible* [Di Scipio 2015].

L'acte d'écouter a récemment été décrit comme un « processus d'exploration » [Voegelin 2010]. On peut être d'accord, sauf à préciser qu'il s'agit d'une exploration visant moins à faire des découvertes qu'à faire des inventions, moins à découvrir une réalité, qu'à se projeter dans un monde. C'est une exploration de la « situation », une façon de rendre visite, de se rendre à la rencontre, de se rendre présent à quelque chose qui se présente (qui se produit ou qui émerge) dans une certaine situation, à un certain moment, selon certaines modalités, selon certaines conditions de possibilités. Lors de l'écoute d'une musique, le caractère « irréductible » de l'écoute comporte une responsabilité particulière – subjective mais aussi collective (lorsqu'il s'agit d'écouter ensemble, en public) – c'est-à-dire, une *responsabilité performative* : écouter de la musique veut dire participer à la performance, être conscient d'appartenir à l'écologie des actions performatives censées produire ou laisser advenir certains événements sonores. L'auditeur a une responsabilité performative. Il n'y a de musique que dans le moment où un ou plusieurs auditeurs décident de se lier, pour un temps plus ou moins long, à un dispositif de génération de sons, et d'en partager le processus en temps réel et en espace réel. Les conditions de possibilité d'une musique sont soit aux musiciens (compositeurs, performeurs) soit aux auditeurs. C'est une responsabilité partagée. L'événement sonore n'existe qu'en présence d'un événement de relation (on peut l'appeler « interaction »). La musique (même une musique acousmatique) n'existe (ne vit) qu'en conditions de temps réel et espace réel, à savoir à une certaine heure dans un certain lieu, selon certaines conditions de possibilité.

En tant que partie intégrante de l'environnement dont il fait l'expérience auditive, l'auditeur produit lui-même du son. Aussi marginale et « résiduelle » qu'elle soit, la « présence sonore » de l'auditeur n'est normalement pas sans conséquences concrètes sur le contexte des interactions physiques et cognitives donnant lieu à l'événement sonore. Elle n'est pas non plus sans implications pour toutes les conditions de performance en direct, particulièrement dans des

Troisième Partie

contextes performatifs fortement situés, tels que ceux que nous avons associés à une notion forte de *liveness*, dans les première et deuxième parties de la thèse. De plus, en général, aucune pratique d'écoute n'est complètement silencieuse¹¹.

Liaison écosémiotique avec l'environnement : le son comme médium cognitif

L'écoute se fait « irréductible » parce que l'événement sonore nous offre (et nous demande) plusieurs niveaux d'engagement, plusieurs possibilités de s'impliquer dans l'écologie d'agents physiques et culturels mutuellement imbriqués, dont il est le phénomène audible. On peut l'approcher à partir de la liaison *écosémiotique* que tout auditeur a avec son environnement.

Évidemment, le phénomène de l'« écosémiose » renvoie, d'un côté, à l'écologie en tant que science des relations d'interdépendance « organisme ↔ environnement » (pour reprendre la définition donnée par Ernst Haeckel en 1866) ; et, de l'autre côté, à l'observation que les organismes vivants (spécialement les êtres humains) ont des *interrelations sémiotiques avec leur environnement* au niveau sensoriel de même qu'aux niveaux supérieurs d'élaboration cognitive [Nöth 1998, Reybrouck 2001, 2005 et 2015]. La sémiologie consiste, en suivant les sémiologues, à élaborer une signification en fonction d'un contexte de discours. On parlera alors d'écosémiose en considérant comme « contexte » non seulement le contexte linguistique mais aussi le milieu physique et culturel au sens large. Dans une telle perspective, ce n'est que dans le contexte des interactions « organisme ↔ environnement » que la signification peut avoir lieu. La construction du sens chez les organismes vivants est répandue à travers le corps entier, lequel est à penser en tant que dispositif de cognition incarnée (*embodied*) engagée de façon continue et incessante dans des échanges énergétiques et informationnels avec l'environnement [Maturana et Varela 1980, Varela 1989a]. Pour l'essentiel, l'incarnation d'un organisme en tant que système cognitif nécessite (voire coïncide avec) le couplage structurel à son environnement [Ziemke 2003].

En ce qui concerne la perception auditive, tout est évidemment question d'événements sonores potentiellement significatifs pour le corps, en rapport aux causes et aux effets d'actions et d'interactions génératrices de son, dans une situation concrète. En restant « en contact épistémique avec l'environnement sonore » [Reybrouck 2005 : 234] ainsi qu'en développant plus

¹¹ L'idée que l'écoute soit une pratique produisant du son est à la base d'un projet que j'ai esquissé il y a quelques années, mais que je n'ai pas encore eu la possibilité de développer (le titre courant est *Koinoi Topoi* « lieux communs »).

Troisième Partie

généralement « des relations cognitives avec les agents qu'on rencontre dans un monde partagé » [Roden 2007 : 186], un sujet en écoute *se* comprend à partir des « traces » qu'il laisse lui-même dans l'environnement grâce à ses terminaux moteurs et effecteurs. Corrélativement, de la même façon, le sujet saisit l'environnement grâce aux traces laissées par d'autres agents actifs dans l'environnement dont la présence interfère dans le champ d'action de ses organes sensoriels. L'écosémiose a lieu à travers ce processus de *perception énaïve*, élaboré naturellement sur la base d'un appareil sensori-moteur (boucle action ↔ perception). Toute écoute est irréductible dans la mesure où elle est vécue comme une élaboration dynamique des « relations sémiotiques entre organisme et environnement » [Reybrouck 2005 : 231].

On peut justement voir celles que nous avons appelées (déjà à plusieurs reprises) *traces*, comme des signaux, comme des indices ou des signes (ce que Pierre Schaeffer entend, quand il oppose l'« événement » à l'« objet » sonore [1966 : 114 et *passim*]). Cependant, dans notre discours, il ne s'agit pas de dresser un inventaire de traces ou d'en faire un message ou un code qu'il faudra justement décoder. Il s'agit plutôt d'essayer d'expérimenter des relations (matérielles, corporelles, affectives) qui sont rendues audibles par l'événement sonore, quoique temporairement et de manière fugace. Le son est un « médium cognitif », à savoir le milieu dans lequel nous entrons en relation sémiotique et épistémique avec l'environnement. Dans ce milieu, aucun événement n'appartient à une dimension objective, il appartient plutôt à l'ensemble des relations subjectives que nous entretenons avec d'autres agents (humains et non humains), y compris les relations changeantes que ceux-ci ont avec nous. D'une perspective constructiviste, nous agissons dans l'environnement sonore pour y déterminer quelques changements de sorte à pouvoir définir et développer notre « subjectivité auditive », pour ainsi dire – nos oreilles, notre orientation dans l'espace, nos compétences langagières, notre capacité d'écoute et d'accueil – tandis que d'autres agents agissent en même temps de façon similaire à travers le même environnement, donc aussi à travers *nous* qui partageons cet environnement. Chaque force et chaque agent s'activent sur et à travers d'autres agents et d'autres forces, par de multiples boucles de *feedback* enchevêtrées. Ces agents forment les composantes d'une écologie plus large (qui s'insère à son tour dans des contextes écologiques encore plus larges et répandus). C'est là que l'événement sonore a lieu : il émerge du réseau de relations qui concède ou refuse à chaque composante la liberté d'agir ainsi qu'elle le veut afin de se percevoir et se connaître en fonction d'autres composantes, de se construire et se développer. Tout son est, en dernière analyse, la

Troisième Partie

sédimentation « sonore » (sonnante, résonante) de forces historiques et sociales (pour un traitement plus répandu de ce sujet, voir aussi [Kane 2019]).

Filtres d'écoute

Le processus écosémiotique – ou de production d'information et de signification – de l'écoute est normalement contrasté par des mécanismes cognitifs « résistants » et « conservatifs », du type qu'on pourra illustrer ici à partir de certaines annotations du père de l'acoustique musicale moderne, Hermann von Helmholtz. Celui-ci observa que les bruissements, les frémissements et autres petites sonorités résiduelles et faibles qui, normalement, accompagnent les sons des instruments musicaux, sont « très utiles [à l'écoute] pour l'identification de chaque timbre » [von Helmholtz 1885 : 67]. Mais il observa aussi que, par contre, « ceux qui écoutent la musique [sont capables de] se rendre sourds à ces bruits », de se rendre insensibles à ces résidus (vibrations non périodiques) en prêtant attention uniquement au son « en soi » (vibrations périodiques) [*id.*]. Pour von Helmholtz, ces bruits sont nécessaires, mais sans importance pour l'écoute *musicale*. En considération du contexte historique, et de la position qu'il occupait dans la société de ce temps-là, il semble tout à fait normal que Helmholtz ait choisi de ne pas s'en occuper et de se focaliser sur la beauté rationnelle des vibrations périodiques et des spectres harmoniques. Cependant, il est important qu'il ait noté cette capacité de l'auditeur d'activer un mécanisme perceptif de niveau supérieur, une sorte de filtre ou de « détecteur de seuil » de type culturel agissant à la manière d'une *dénoiseur cognitif* très efficace.

Pour en rester à l'histoire, on retrouve un phénomène cognitif similaire, par exemple à l'âge pionnier des techniques d'enregistrement sonore : en effet, l'amélioration générale de la qualité sonore d'appareils tels que le phonographe d'Edison ou le gramophone de Berliner et des frères Pathé, n'était pas seulement question de raffiner la conception technique, mais également une question d'enseigner aux auditeurs à *ne pas écouter* le bruit (cependant aisément entendu) dû aux dispositifs très rudimentaires de prise de son et de reproduction [Sterne 2003 : 255-261]. Que la reproduction (du signal) s'avère plus ou moins « fidèle » (au son), donc, n'est pas uniquement question de développement technique, mais de perception, de sensibilité cognitive, consistant à apprendre une manière spécifique d'écouter. Autrement dit, c'est une question de changements culturels au niveau de la sensorialité et de la sensibilité auditive.

Il s'agit, d'autre part, d'un phénomène assez commun, même de nos jours. Pour écouter la musique « en soi », normalement, les auditeurs se rendaient sourds aux conditions d'existence du

Troisième Partie

son (ou, au moins, de certains types de sons). Il s'agit d'une négociation des limites très tranchante, isolant l'objet (le son « en soi » et la musique « en soi ») du contexte concret de jeu et d'écoute. Pour Helmholtz, ainsi que pour les « auditeurs gramophoniques » du début du XX^e siècle, les bruits mécaniques sont effectivement le signe d'une présence perçue et vécue comme tout autre de la musique. En général, des mécanismes cognitifs culturellement acquis amènent les auditeurs à sélectionner les traits « musicalement pertinents » du sonore et, en même temps, à filtrer (à ne pas écouter) les traces des conditions d'existence du son. Cela signifie, en un certain sens, déraciner le son – ou mieux les sons que l'on considère « musicaux » – du contexte environnant, donc aussi « des pouvoirs, des forces, et des intensités » [Cox 2011 : 157] auxquelles nous le connecterions volontiers aujourd'hui. Le bruit témoigne de la présence audible de tels contextes « extramusicaux » : il nous rappelle qu'ils sont des parties intégrantes dans l'expérience située et incarnée de la musique, et que nous avons appris à les dé-situer et désincarner. (On reviendra au sujet du bruit un peu plus loin.)

Notion systémique de « timbre ». Degrés de liberté et contraintes

Les approches écologiques de la perception auditive soulignent que les processus perceptifs sont adressés fondamentalement aux « actions requises afin de générer l'événement [du son] » [Handel 1995 : 426]. Plus généralement, « la cognition auditive [...] se rapporte aux actions productives de sons » [Reybrouck 2005 : 253]. « Ce que l'on appellera “son” [...] sera posé comme un “rendu” d'ordre acoustique, produit à partir d'un certain *agir* » [Cheyronnaud 2009 : s.p.]. Tout « rendu acoustique » particulier relève évidemment d'une manière particulière d'activer des forces et de faire interagir des corps. On peut parler de « timbre » pour renvoyer à la façon particulière d'interagir de certaines forces et certaines résistances dont l'action est audible. Naturellement, ici on parle de forces, résistances, actions *physiques*, notamment mécaniques.

Bien que proche du sens commun, mais considérée désormais comme insatisfaisante par la plupart des musicologues et des musiciens, cette idée de « timbre » implique des connotations générales intéressantes. Par exemple, on a noté que « les sons environnementaux sont perçus en termes des types d'interactions qui sont impliqués dans la production » [Caramiaux 2011 : 35]. Plus généralement, comme le suggère William Gaver, « timbre » renvoie à l'ensemble des corrélations perceptives reliées à « une *interaction* entre des *matériaux*, chaque matériau ayant sa propre position dans l'espace *environnant* » [Gaver 1993 : 4, nous soulignons]. Dans une telle perspective, la perception s'attache moins à détecter les propriétés du *son* (du son « en soi ») et

Troisième Partie

plus à s'approprier, voire à imaginer, les *mécanismes de génération du son*. Elle s'attache donc au processus dynamique sous-jacent les événements [Gaver 1994, Roden 2007].

Cela suggère, comme le note Mark Reybrouck [2005], que les qualités de timbre sont expérimentées comme *invariants de mécanisme de génération* (non pas comme « invariants du spectre », même si on peut avoir des corrélations entre les deux, généralement). En outre, Reybrouck distingue entre « invariants structurels » (liés au dispositif ou au corps qui disperse l'énergie introduite en lui par des dispositifs ou corps extérieurs) et « invariants transformationnels » (liés au dispositif ou corps introduisant l'énergie dans un dispositif ou corps qui la disperse). Dans une telle perspective, les attributs qualitatifs du timbre sont des traces ou des empreintes laissées dans le médium sonore de l'interaction entre forces diverses, et la perception auditive est une sorte d'activité imaginative ou exploratoire des interactions donnant naissance au son [Balzano 1986 : 310-313]. D'autre part, des telles observations peuvent nous évoquer le travail en musique instrumentale du compositeur allemand Helmut Lachenmann, où les sons sont souvent exposés « comme le protocole acoustique d'une certaine qualité d'énergie employée sous certaines conditions » (Lachenmann cité dans [Solomos 2013 : 159] ; cf. aussi [Lachenmann 2009]).

Cette perspective nous dit que la perception auditive comporte une capacité fondamentale de ressentir l'écologie des actions génératrices de son. Certains compositeurs, de même que certains musicologues et artistes sonores semblent reprendre et étendre une telle perspective en soulignant, chacun à sa manière, que la musique constitue un domaine d'expérience dans lequel l'être humain explore son couplage cognitif avec l'environnement et les conditions qu'il offre (par exemple David Dunn, dans une démarche d'écologie sonore, ou François-Bernard Mâche, dans une perspective philosophique-naturaliste de la musique, ou encore Seth Kim-Cohen, dans une démarche plus conceptuelle de l'art sonore [Kim-Cohen 2009]). En ce qui nous concerne, le point le plus important est que le son est vécu comme un *événement de relation* – à savoir, un événement dans un système de différentes composantes, y compris évidemment le contexte environnant (l'espace physique, évidemment, mais aussi la « situation » et par extension le contexte culturel).

Un *système* – nous l'avons déjà souligné – consiste en un ensemble de composantes, fonctionnellement ou énergétiquement entrelacées. Comme tout système, les systèmes utilisés pour faire du son et de la musique sont composés par des « matériaux qui peuvent être agencés en

Troisième Partie

différentes parties qui se donnent mutuellement appui » [Cheyronnaud 2009 : s.p.]. En tant que systèmes, ils présentent divers *degrés de liberté* ainsi que diverses *contraintes* entre les parties qui les composent. Indépendamment du type de technologie – mais en utilisant ici la terminologie de la mécanique pour simplifier – on parle de « degrés de liberté » pour indiquer les mouvements relatifs de chaque composante matérielle individuelle du système par rapport aux autres composantes auxquelles il est lié. Par contre, les « contraintes » ne sont que des relations qui s’opposent à ces mouvements et qui en limitent la profondeur de déplacement. Entre liberté de mouvement et contraintes il y a, normalement, interdépendance. Les contraintes peuvent être pensées comme *degrés de liberté* « bloqués », pour ainsi dire. Un système dont les composantes ne sont aucunement liées entre elles serait un système à liberté infinie : ce serait un système purement théorique, ayant un intérêt justement théorique – il s’agit de la situation idéale et irréaliste du « bruit blanc » (effectivement, dans ce cas-là, il n’y a aucun « système »¹²). Au contraire, un système dont les composantes individuelles ne sont aucunement libres de se déplacer serait un système à liberté nulle : cela aussi n’aurait qu’un intérêt théorique – il s’agit d’un système censé demeurer silencieux par suffocation mutuelle entre les composantes (effectivement, à nouveau, il n’y a aucun « système »). Dans tous les autres cas, le jeu entre les composantes peut être soit simple et linéaire, soit complexe et non linéaire. Cela définit la complexité effective des mouvements vibratoires dans l’espace, et donc la complexité effective du son (on reviendra sur cela aussi, plus loin).

On pourra alors suggérer que les qualités connotatives du « timbre » ne sont que les traces audibles des degrés de liberté d’un processus générateur de son. Autrement dit, ***la perception du timbre renvoie aux degrés de liberté dont un système de forces est capable.***

On peut ajouter que ce « système » comprend généralement un ou plusieurs agents humains. Lors de l’écoute du jeu d’un instrumentiste, on peut généralement distinguer les nuances de timbre dues à son contrôle plus ou moins raffiné de l’instrument, des propriétés de timbre dues à l’instrument lui-même¹³. Normalement, on peut aussi distinguer tout cela des effets de résonance

¹² On y reviendra plus loin [3.3] sur la liaison entre « bruit » et « liberté » et sur la notion de « bruit blanc ».

¹³ Naturellement, on a une exception importante : la voix humaine, où le corps de l’« instrumentiste » et le corps de l’« instrument » coïncident.

Troisième Partie

dans l'espace environnant et d'autres circonstances de propagation du son. Il y a une certaine conscience du réseau d'agents qui façonne le son avant qu'il ne frappe le tympan.

On peut aussi ajouter que ce discours, visant à repenser le timbre en tant que perception des degrés de liberté d'un système sonore, vaut non seulement lorsqu'on utilise des systèmes de génération mécanique du son, tels que les instruments, mais également lorsqu'on produit de la musique par des systèmes électroacoustiques et audionumériques. Pour revenir un instant à la question de la *liveness* : nous soutenons que le caractère « vivant » de la performance dépend aussi de la possibilité de s'apercevoir ou de saisir, à l'écoute, que le dispositif performatif ne peut faire tout ce que l'on veut, et qu'il constitue un écosystème ayant un nombre fini de degrés de liberté. Cela relève, au fond, de la notion d'« identité systémique » et de la latitude de l'espace des phases du système. On pourra reformuler notre notion systémique du timbre : ***la perception du timbre renvoie aux confins, plus ou moins étroits, de l'espace des phases d'un système.*** Alors le *timbre* d'un système générateur de son coïncide – sur une échelle temporelle différente – avec la notion de *forme* comme identité systémique d'un dispositif performatif autonome.

3.2.6 Conséquences diverses

Comment l'on peut voir, les notions d'« événement sonore » et d'« écoute irréductible », ensemble, avec la critique préalable de l'« objet sonore » comme dispositif idéologique, s'accompagnent d'une prolifération de questions et de pistes de réflexion. Développer la polyphonie des pistes intéressantes nécessiterait d'un travail de thèse supplémentaire... Limitons nous maintenant à faire quelques courtes digressions à propos des enjeux les plus intéressants en ce qui concerne ce discours. Chacune de ces digressions présente des renvois, couverts ou découverts, avec la question de la *liveness* ainsi qu'avec la question d'une conscience écosystémique du son et de l'écoute dont on parle dans cette troisième partie.

Pratiques atmosphériques et relationnelles

La plupart des pratiques créatives portant sur l'expérience du son comme événement, et sur l'écoute comme implication écosémiotique dans l'environnement, ne se traduisent pas dans des objets techniquement reproductibles. Dans de telles pratiques, la *présentation* des sons ainsi que la manière dont ils se produisent et deviennent effectivement présents – tout cela est plus important que la *représentation* de sons déjà occasionnés autre part, en d'autres temps. Plusieurs

Troisième Partie

exemples d'installation sonore (depuis Max Neuhaus et Bill Fontana, dans les années 1960 et 1970, à toute une grande variété d'approches récentes) peuvent seulement être personnellement expérimentés ou simplement documentés ; ils ne sont pas destinés à être reproduits ni ne peuvent être reproduits (les techniques de *field recording* et de projection sonore multicanale ne sont pas véritablement utiles à cette fin, les techniques de synthèse du champ sonore – ou *wavefield synthesis* – demeurent extrêmement coûteuses et inaccessibles). Il en va de même pour les pratiques d'« écologie profonde », bien entendu, ainsi que pour les promenades sonores (*soundwalks*) et d'autres pratiques sonores en plein air, en lieux éloignés. Il en va de même également pour certaines œuvres de John Cage ainsi que pour des approches récentes de musique *live electronics* centrées sur une liaison écosystémique entre les performers, les appareils, et l'espace de la performance – on en a parlé abondamment dans les deux premières parties de la thèse. Pensons, d'autre part, au travail de compositeurs tels qu'Alvin Lucier, David Behrman, Mario Bertoncini, ainsi qu'au travail d'artistes et musiciens plus jeunes [Waters 2007 et 2011, Green 2013]. Pensons à des musiques d'orchestre faites de masses sonores très épaisses : elles aussi ont du mal à être enregistrées de façon satisfaisante, surtout lorsque les instruments sont dispersés de façon aléatoire dans la salle de concert (par exemple, *Terretektorh* de Iannis Xenakis). Ou à des œuvres d'art sonore nous présentant très peu de sons, voire des sons faibles, presque inaudibles (par exemple, les nombreuses installations de Rolf Julius).

On est tenté de considérer des telles formes de création comme des instances tout à fait différentes, relevant d'une dimension sensorielle commune, ou mieux d'une *esthétique atmosphérique* [Böhme 1993, Augoyard 2011] portant sur la perception du caractère diffus, évanescent, fluide et englobant du médium sonore – sur la « présence ambiance » du son, en tant que « tissu fragile qui tend à se défaire si l'on s'y focalise » [Schmidt 2009 : s.p.].

Par contre, on peut rappeler plusieurs pratiques d'improvisation radicale – depuis les collectifs comme Nuova Consonanza (en Italie), AMM et la Scratch Orchestra (en Angleterre), dans les années 1960, jusqu'aux pratiques plus récentes à la frontière entre anarchisme politique et musique *noise* [Hegarty 2007, Mattin et Iles 2009, Benhaïm 2013]. Rappelons certaines pratiques de l'art conceptuel dont la dimension sonore est très importante, souvent connectée à la voix ainsi qu'aux sons du corps (comme dans certaines propositions de Vito Acconci [Labelle 2006 : 108-120]). Ici aussi, dans des telles expériences différentes, il y a une dimension fortement contextualisée de la performance et de l'écoute. Pensons par ailleurs aux projets qui consistent à

Troisième Partie

créer des petites communautés à partir de peu de moyens simples d'émission sonore collectivement manipulés par les visiteurs (la compositrice française Pascale Criton et l'artiste sonore norvégien Siri Austeen ont créé des œuvres de ce type, des « situations » d'interaction sociale). Elles sont toutes des pratiques dont le sens serait largement perdu si on devait en écouter un enregistrement. Le son n'y est pas expérimenté comme un matériau de construction, mais comme « un dispositif pour établir des connexions sociales » [LaBelle 2010]. On devra peut-être considérer des telles pratiques comme des instances particulières de ce qu'on a appelé *esthétique relationnelle* [Bourriaud 1998], et les rattacher donc à des formes d'*art contextuel* [Ardenne 2002], à un régime génériquement interactif ou « contactuel » de la praxis esthétique [Bejan 2010 : 121]¹⁴.

À l'heure actuelle, il y a une tendance générale des arts à regarder le « contextualisme » (primauté de l'être « en rapport avec ») en tant que souhaitable, voire nécessaire, mise aux marges de tout « esthétisme » (primauté des formes et des apparences de l'œuvre « en soi ») [Uzel 2007]. Néanmoins, il est problématique d'absolutiser une telle opposition, *surtout dans le cas du son et de la musique*. L'essentiel de l'expérience musicale est vraisemblablement dans la capacité de l'être humain d'expérimenter ce qui *tient ensemble* des facteurs relationnels et esthétiques¹⁵, en renonçant à absolutiser l'un ou l'autre : il s'agit d'inscrire et de relativiser l'élément esthétique dans un *médium* – le son – qu'il faut entendre comme un réseau dense, ou mieux comme un maillage de relations.

Au-delà du paradigme médiatique de la reproductibilité du son

Indépendamment des directions esthétiques particulières, les pratiques juste mentionnées (et bien d'autres qu'ici on ne peut pas citer par souci de brièveté) semblent matérialiser des circonstances performatives inséparables de l'espace-temps de leur expérience vécue. Sommes-nous donc en présence de pratiques artistiques qui défient la théorie bien connue de Walter Benjamin à propos de « l'art à l'époque de sa reproductibilité technique » ?

¹⁴ Rappelons que, vers la fin des années 1960, les critiques d'art et de musique décrivaient les installations sonores de Neuhaus et de Fontana comme des exemples de *land art*.

¹⁵ Ici, nous parlons de dimension « esthétique » au sens général de « perception sensorielle » (sensibilité, un sentir qui équivaut à s'impliquer dans le senti), et non pas au sens idéaliste-kantien de la perception de la beauté et ses qualités formelles d'un objet (jugement « à distance », désintéressé aux conditions de possibilité de l'objet).

Troisième Partie

Ce serait certainement une affirmation ambitieuse. Dans un sens, oui, certainement : bien qu'elles appartiennent à un monde où on peut aisément avoir accès à plusieurs technologies d'enregistrement et de reproduction plutôt raffinées, de telles pratiques provoquent concrètement et délibérément des situations sonores qui peuvent difficilement être fixées sur des supports d'enregistrement, et qui sont plus ou moins strictement « situées », phénoménologiquement liées à des coordonnées d'espace-temps¹⁶. Cependant, de nombreuses questions devraient être abordées afin qu'on puisse affirmer qu'on est désormais au-delà du paradigme benjaminien. Ce n'est pas notre tâche ici. Néanmoins, l'enjeu de cette condition de « non-reproductibilité », émergeant d'un contexte d'art hautement technicisé, soulève quelques interrogations sur lesquelles il convient de s'attarder encore un peu.

D'abord, est-il approprié de considérer encore la maxime de Benjamin – remontant à 1935-1936, rappelons-le – comme *le* paradigme des arts électroniques, de nos jours ? N'est-ce pas Benjamin qui a écrit : « À de grands intervalles dans l'histoire, se transforme en même temps que leur mode d'existence le mode de perception des sociétés humaines » ? [Benjamin 1936 : 43]. S'il est donc possible de penser au-delà du paradigme de la reproductibilité, devrions-nous aussi raviver la notion d'*aura*, à savoir « la trame singulière de temps et d'espace » [*id.*] entraînée par l'expérience de la *présence* ? Quelques chercheurs se sont penchés sur la question de l'*aura* à la lumière de certaines activités artistiques récentes [Rüth 2008, Mersch 2002]. D'autres proposent une esthétique de l'atmosphère, à partir d'une confrontation avec la question benjaminienne de l'*aura* [Böhme 1993 : 116-118]. Le critique d'art Yves Michaud a parlé « d'art à l'état gazeux » [Michaud 2003]. Un essai récent [Distaso 2013] nous rappelle qu'Adorno, au début des années 1960, avait envisagé une nouvelle sorte d'*aura* dans certaines propositions de la musique d'avant-garde de ce temps-là. Bruno Latour a parlé d'« *aura* de second ordre » (notre reformulation) à propos de certaines reproductions numériques récentes et ultra-raffinées de peintures anciennes [Latour et Lowe 2011]. Ce qui est intéressant, dans ces différentes propositions, ce n'est pas tant le retour (im)possible d'un art de caractère auratique connu (ce serait un geste nostalgique étant donné le contexte historique profondément différent), mais la possibilité que de nouvelles formes

¹⁶ Par ailleurs, on devra rappeler qu'il y a des compositeurs qui n'aiment simplement pas voir leurs œuvres enregistrées. Le plus connu est certainement John Cage. On pourrait signaler aussi Vito Acconci, Christof Migone, Laetitia Sonami et Annea Lockwood (cf. [Labelle 2006, Rodgers 2012, van Eck 2016, Gottschalk 2016]).

Troisième Partie

artistiques peuvent clarifier et aussi étendre l'idée d'aura dans de nouvelles perspectives. Pour paraphraser Adorno, de même que ses matériaux, les éléments immatériels de l'art sont également historiquement déterminés !

En outre – nous l'avons déjà noté – certaines pratiques sonores contextualisées ne peuvent qu'être documentées. Documentation et reproduction ne sont pas la même chose. Certains artistes conçoivent intentionnellement leurs actions performatives « situées » afin de les documenter par différents médias. Dans quels cas dirons-nous que le rôle de la documentation passe de celui de moyen à celui de but ? En quel sens peut-on parler d'aura par rapport aux œuvres sonores qui sont éphémères mais qui sont délibérément conçues pour être documentées ? Faut-il considérer la *documentalité* [Ferrari 2009] comme une dimension distincte de notre relation intime et partagée pour le son¹⁷ ? Si tous les documents sont aussi des monuments (en fait des mémoriaux), en quoi une pratique documentaire peut-elle intégrer la perception auditive et musicale en tant que processus vivant et construction d'un vécu ? Que signifie « l'enregistrement sonore est une extension de l'éphémère, pas sa perte » ? [Sterne 2009 : 58].

Peut-être que ce n'est pas par hasard que ces interrogations finales portent également sur des questions de temps (durée, durabilité, caractère éphémère, éventualité). Probablement, c'est parce que, dans une prise de conscience écologiste nécessaire, les questions concernant le temps et la durée pourraient être reprises et reconnectées aux questions concernant l'espace et l'environnement.

La composition *soundscape* entre contexte et décontextualisation

Il y a une pratique de création sonore que nous n'avons pas encore mentionnée, dans laquelle plusieurs questions traitées auparavant semblent converger, de façon parfois problématique : nous parlons de la création *soundscape* (« paysage sonore », mais ici il est préférable de garder le mot anglais). Enracinée dans l'écologie acoustique [Schafer 1977], la composition *soundscape* traite justement le son comme une dimension de l'expérience non séparée de l'environnement ou, plus

¹⁷ En faisant suite au traitement de la notion de « trace » chez Jacques Derrida, le philosophe italien Maurizio Ferraris (ancien élève de Derrida) a développé la catégorie théorique de « documentalité » [Ferraris 2008 et 2009] pour éclaircir le statut phénoménologique des multiples formes de documentation praticables à nos jours. Une perspective plus mass-médiologique à ce sujet est dans l'aperçu d'une « théorie du document » de [Zacklad 2015]. Zacklad parle aussi de « documédialité ».

Troisième Partie

généralement, non séparable du contexte matériel et culturel dans lequel le son se produit [Truax 1995 et 2012]. Bien que l'écoute réduite n'y joue pas un rôle essentiel, il s'agit cependant d'une approche de travail « en studio » à finalité acousmatique : il s'agit donc de sons enregistrés dans des lieux particuliers, fixés sur support audio et retransmis par des systèmes de haut-parleurs placés dans un espace n'ayant rien à voir avec l'endroit de la prise de son. (Pour un aperçu de plusieurs pratiques de création *soundscape* cf. [Mariétan 2005] et [Bosseur 2016].)

Il y a quelque chose de paradoxal dans un art qui vise à partager une expérience d'écoute « située » (celle du compositeur) par un dispositif performatif (tel que le dispositif acousmatique) visant par définition à re-situer et surdéterminer la perception auditive et l'expérience d'écoute. Le propre de cet art est d'essayer de produire des « effets de présence » qui cependant oscillent entre « documentation » et « représentation »¹⁸.

En tout cas, il est clair qu'une telle pratique d'art se prête elle-même à une stratégie réductionniste, comme le signale David Dunn dans sa critique élémentaire mais piquante [Dunn 1999]. Lorsque aucune attention particulière n'est accordée à l'opération même de déplacer et recontextualiser des sonorités (comme le faisait Bill Fontana par ses installations sonores dans des lieux publics), ou lorsque les dispositifs de spatialisation sont exploités pour offrir une image virtuelle de l'ambiance sonore enregistrée (diffusion multicanale, réverbération, codage ambisonics, etc.), une œuvre *soundscape* demeure dans une logique de séparation et de représentation. Or, évidemment, tous les arts acousmatiques impliquent fondamentalement une confrontation avec une telle logique, à l'ombre de l'effort schaefferien de recentrer la perception sur l'objet sonore. Le risque supplémentaire pour la composition soundscapist est de tomber

¹⁸ Le travail de l'ethnologue Steven Feld (mentionné dans une précédente note de bas de page) s'est concrétisé sous plusieurs formes de publication, parmi lesquelles on compte aussi des enregistrements audio (par exemple *Voices of the Rainforest*, Rykodisc CD 10173, de 1991). Son intention était justement de *documenter* la stricte relation entre « son et lieu » dans certaines populations indigènes africaines. Pour [Tomas 1996], cependant, dans les prises sonores de Feld, l'appareil lui-même tend à « faire disparaître ce qu'il souhaite préserver » et ainsi ressuscite involontairement « une histoire des relations coloniales » [Tomas 1996 : 121]. C'est une observation signifiante, en ce qu'elle ne porte pas sur des questions purement techniques (limitation des outils d'enregistrement), mais sur des questions interculturelles matérialisées sous forme de technologies spécifiques. La dimension documentaire est toujours sur le point de devenir une représentation fictive, une fiction. Rappelons qu'aujourd'hui plusieurs auteurs de cinéma et télévision produisent des « docu-fictions » (Larousse : « docu-fiction » = mélange « des scènes jouées par des acteurs et/ou des documents authentiques »).

Troisième Partie

dans une sorte de « tourisme sonore » : tous peuvent produire leurs « cartes postales sonores », grâce à l'accessibilité croissante d'outils portables de *field recording*. Lorsqu'elle prend en compte ce risque de façon consciente, l'approche *soundscape* met de côté toute ambition d'art, et se rabat correctement sur des pratiques plus honnêtes de « journalisme sonore », voire d'« activisme sonore » (à la Peter Cusack).

Certains artistes sonores ne peuvent pas accepter la nostalgie – implicite dans l'approche de Murray Schafer – d'un monde plus silencieux, moins bruyant mais riche en sonorités en quelque façon plus « authentiques » qu'il faut trouver la manière de préserver (voir par exemple [López 1997] et quelques remarques dans [Bonnet et Pelé 2016]¹⁹). Après tant d'années, l'inclinaison idéaliste et, au fond, romantique de Murray Schafer apparaît effectivement comme problématique. En outre, un sujet si important tel que le « bruit » – entendu à la fois comme le cœur d'une vaste question culturelle et comme un phénomène de l'expérience vécue – ne peut pas être réduit uniquement à une question d'écologie acoustique (de nuisance, de pollution) et doit être effectivement reformulé à la lumière de plusieurs approches artistiques et scientifiques apparues entre-temps. On y reviendra plus loin²⁰. Il est également intéressant de s'interroger sur les différentes critiques soulevées récemment concernant la notion même de *soundscape*. Tout en reconnaissant la plus haute importance à cette notion, divers auteurs en soulignent des points critiques qui peuvent cependant contribuer à la réflexion de manière constructive [Ingold 2007, Kelman 2010, Montgomery 2009, Helmreich 2010, Christoffel et Tiger 2015, Bonnet et Pelé 2016] (à son tour, Truax [2013] en a examiné quelques-unes parmi ces critiques).

On peut dire d'autre part que les limites inhérentes à toute approche relevant du discours de l'écologie *acoustique* constituent le point de départ du discours, plus récent, de l'écologie *sonore*. Selon Roberto Barbanti [2012], il s'agit de dépasser – ou mieux d'intégrer – un paradigme rationaliste et réductionniste, basé en dernière analyse sur la séparation du sujet et de l'objet, par un paradigme justement écologique, voire « écosophique », centré sur l'expérience de la « non-

¹⁹ Un des chapitres de [Bonnet et Pelé 2016] a pour titre « À la recherche du son perdu ».

²⁰ Ajoutons, pour l'instant, que « bruit » et « silence » constituent des questions de pertinence *biopolitique*, c'est-à-dire qu'elles peuvent être pertinentes dans le discours relatif aux *conditions d'existence* de la musique. Le premier pas vers une biopolitique de la musique a été effectué par John Cage dans son trajet de la chambre anéchoïque de l'université Harvard à la composition de *4'33"* (1951-1952) [Cage 1961 : 8 et 13].

Troisième Partie

séparation » [Barbanti 2011 : 13] du sujet et de l'objet, et sur une polyphonie de liens dynamiques (de nature acoustique, cognitive et culturelle à la fois) entre l'événement sonore et le monde dans lequel il émerge (sur la distinction entre « écologie acoustique » et « écologie sonore » voir également [Mayr 2012, Barbanti 2016]).

3.3 Bruit et liberté dans l'implication de l'écoute

Dans ce chapitre, nous nous tournons vers un sujet un peu particulier ayant des implications, ou mieux des résonances, très générales. On parlera de bruit. On en parlera en tant qu'événement sonore (donc événement de relation, donc événement d'écoute). Après quelques remarques préliminaires, nous allons examiner des aspects et des phénomènes plus spécifiques (à la fois sensoriels, cognitifs, culturels), souvent mis en rapport avec une notion générique du bruit, qu'il faut éclaircir et spécifier.

3.3.1 Ambiguïté, logique de seuil, information

Tout discours à propos du bruit entre systématiquement en collision avec la circonstance que le concept lui-même évoque beaucoup de connotations différentes et contradictoires, et comporte une dimension polysémique à cause de laquelle on court le risque de mélanger des perspectives très hétérogènes. Le bruit constitue donc un sujet de discours qui mène tout effort d'en parler à faire des confusions. Il se prête à l'inflation sémiotique, à une hypertrophie de signes et de signaux qui s'avère finalement une saturation conceptuelle. Pour éviter tout cela, il est normal d'adopter des *filtres* méthodologiques ou idéologiques. Autrement dit, il faut canaliser une matière conceptuelle qui peut se présenter comme excessivement dense. (Cela semble reproduire, presque à la lettre, la notion de Jacques Attali selon laquelle « la musique [n'est que] mise en forme, domestication du bruit », un « canalisateur » ainsi qu'un « opérateur d'un compromis sonore » [Attali 2001 : 28 et 55].)

Cependant, la confusion peut s'avérer fructueuse : parfois l'entrecroisement de perspectives habituellement séparées peut clarifier beaucoup plus qu'il peut obscurcir. Paul Feyerabend, historien de la science, plutôt iconoclaste, avait coutume de dire : « sans ambiguïté, aucun changement, jamais » [Feyerabend 1999 : viii].

Malgré les images négatives qu'il peut aisément évoquer – images de menace, d'agressivité, de destruction [Attali 2001 : 50], de manque d'efficacité et d'imperfection [Schwartz 2011] – le bruit évoque aussi des images de transcendance et de dépassement [Attali 2001 : 15], et arrive parfois à se manifester comme « ce qui rend toute signification possible » [Schwartz 2011 : 21]. À la fois destructeur de sens et réservoir de sens, « à la fois, instrument de pouvoir et source de révolte » [Attali 2001 : 16], signe de « résistance et de dérangement des normes sociales » mais

Troisième Partie

aussi geste « promptement exploité par l'industrie des loisirs pour ses intérêts et au bénéfice de styles de vie qui sont loin d'être socialement dérangeants » [Thompson 2014 : 40].

On est tenté de ramener une telle ambiguïté à une condition de « bipolarité » sémantique fondamentale : le bruit peut toujours s'avérer positif *et* négatif, destructif *et* constructif, libérateur *et* oppressif, rebelle *et* suffocant, unifiant *et* divisant. D'autre part, le bruit nous en dit souvent plus sur celui qui en fait l'expérience que sur ce qui est entendu comme « contenu » de l'expérience – de la même façon que tout discours de bruit en dit probablement plus sur le locuteur que sur le bruit. Il nous dit beaucoup sur les conditions de l'expérience (soit de l'écoute, soit de l'émission). On peut douter qu'il puisse être défini tout simplement en tant que « son indésirable », comme on dit d'habitude : il peut être voulu, intentionnel, on peut faire du bruit de manière tactique ou stratégique. En général, « le bruit est ce qui ne réussit pas à se définir » [Hegarty 2001b : 193], et par conséquent, donne au sujet en écoute la possibilité de prendre conscience des conditions de l'expérience, avant de se pencher sur un contenu défini, un objet²¹.

Dans des contextes de musique et d'art sonore, les points de vue à propos du bruit sont profondément divergents : on va de l'idée que le bruit est l'opposé ou le négatif de la musique (dans des positions plus traditionnelles et conservatrices) jusqu'à l'idée inverse selon laquelle il est quelque chose de quintessentiel pour la musique (c'est le cas extrême de ce qu'on appelle *noise music* [Hegarty 2007]). « Le bruit ne peut pas être défini absolument et catégoriquement », et pourtant il a été « au cœur des taxinomies historiques et esthétiques de la musique d'avant-garde du XX^e siècle » [Bjørnsten 2012 : s.p.]. L'opposition traditionnelle entre bruits et sons musicaux est devenue de plus en plus inacceptable, ou même inutile à des fins musicologique [Solomos 2013 : 168]. En même temps, souvent dans l'histoire de la musique du XX^e siècle, l'ouverture aux bruits (à tous les « sons non musicaux ») comportait un effort plus fondamental de le domestiquer, de le musicaliser [Solomos 2008a]. Parfois, les compositeurs et les artistes sonores se posent en « générateurs de bruit » [Di Scipio 1999]. La confusion, la manque de clarté, même la faillibilité des communications humaines s'avèrent souvent être des facteurs productifs pour la création, que ce soit par des tactiques « anti-communicatives » (pour reprendre les mots du compositeur Herbert Brün), ou par des tactiques d'« irritation » (pour reprendre les mots du

²¹ Selon les géologues [Scales et Snieder 1998] la difficulté de définir le « bruit » se pose comme une « vaste question transdisciplinaire ».

Troisième Partie

compositeur Roland Pfrengle). Bref, le bruit est productif exactement en tant qu'il fonctionne de façon destructive.

Nous disons « productif », et pour cause. Par définition, le bruit n'est jamais reproductif ni reproductible. Tout bruit est pour une seule fois : dans l'expérience vécue, il ne peut pas se répéter, car, à la rigueur, la répétition en annule le statut bruyant. Le bruit n'arrive effectivement qu'en conditions d'expérience directe et située, dans l'unité de temps et de lieu, *hic et nunc*, en « conditions de performance » : production et écoute en temps réel *et* en espace réel.

En effet, l'ambivalence ou la bipolarité fondamentale du bruit n'est pas intéressante en soi et pour soi, mais pour l'espace d'expérience qu'elle mobilise. Nous nous adresserons moins aux deux pôles de cette ambivalence – à savoir les connotations positives et négatives du bruit – et plus à l'espace dynamique entre eux. C'est le *seuil* entre champs connotatifs opposés qui est en question dans le vif de l'expérience du son. Dans la perspective de notre discours, le bruit est d'abord un *événement expérience en équilibre instable* : il nous amène à moduler le point d'équilibre selon une « logique de seuil » du type continu, pas numérique (une logique de nuances, de degrés, pas de choix binaires).

Bruit et information

L'ambivalence fondamentale du bruit est prise en compte dans les contextes transdisciplinaires les plus différents [Scales et Snieder 1998, Charles-Dominique 2008], sauf probablement dans l'écologie acoustique et dans le design urbain : là, les connotations négatives sont naturellement dominantes. « Le rôle du bruit est ambivalent [même] dans la théorie de l'information » [Schwartz 2011 : 52] : il y a bruit partout où il y a de l'information, partout où il y a de la communication. La question informationnelle du bruit concerne « toute forme de message » [Attali 2001 : 52].

Pour l'ingénieur Claude Shannon, un des pères fondateurs de la théorie de l'information, on appelle « bruit » un signal indésirable, de nature statistique et imprévisible, qui s'ajoute (à savoir, s'additionne) au message codé : il déforme l'information et en empêche le transfert. Il s'agit de formaliser des champs de probabilités, des éléments aléatoires porteurs d'une mesure d'incertitude statistique – ou *randomness* (qui cependant n'est pas nécessairement la même chose que le bruit [Edmonds 2009], n'étant que relative à des choix binaires). Pour la théorie de l'information, on devrait appeler de « bruit » tout signal « qui gêne la réception d'un message – comme le dit Attali – même s'il peut avoir lui-même un sens pour ce même récepteur ou pour un

Troisième Partie

autre » [Attali 2001 : 52]. En tant que manque d'information ou anomalie de communication, le bruit devient alors l'objet de pratiques prophylactiques, la cible de procédures de prévention et de filtrage.

Par contre, selon Henri Atlan, pionnier de la biocybernétique, le bruit est plutôt un agent de production d'information et joue un rôle positif dans toute transmission de signification [Atlan 1972]. Pour lui, « l'information de Shannon [est une] mesure du manque *d'information avec signification* » [Atlan 2011 : 72, je souligne]. Nous sommes ici d'accord avec Atlan, naturellement. Le bruit ne se pose en contraste avec la communication que dans le cas théorique d'un système abstrait, privé de tout environnement (un monde de codes absolus, un monde de monades, de texte sans contexte, un monde de connaissance à caractère réductionniste). Faire du bruit, alors, n'est pas brouiller un flux d'information, mais créer les conditions pour l'émergence – ou la suffocation – des relations sémiotiques que ce flux est passible d'établir. Bref : « pas de bruit, pas de message ! » [Schwartz 2011 : 706]. Par conséquent, dire qu'« au sens de la théorie de l'information, la musique est le contraire du bruit » [Attali 2001 : 52] semble inexact, sauf bien sûr en suivant une perspective strictement shannonienne (à savoir, une perspective d'ingénierie des signaux).

Le vivant bruiteur. Le bruit de fond incontournable

Depuis longtemps, on a pu observer que « les organismes vivants ont réellement besoin de facteurs aléatoires dans l'environnement, sans lesquels ils ne peuvent pas vivre » [Hutchinson 1952-2003 : 654]. Cela concerne naturellement les organes sensoriels qui sont les terminaux systémiques par lesquels un organisme vivant est couplé à l'environnement. Les écologistes et les biologistes ont observé que toute turbulence dans l'environnement fournit aux organes sensoriels le niveau minimum d'activité suffisant à les maintenir en fonction. Ainsi, afin de se maintenir en fonction, le système auditif (*pars pro toto* pour désigner le système vivant) a constamment besoin de perturbations acoustiques, même minimales, c'est-à-dire, de « bruit de fond ». Tout acte de perception nécessite ce minimum de bruit, que Henri Atlan a décrit comme « un bruit moléculaire, dû notamment à l'agitation thermique irréductible » au niveau chimique, constituant un « facteur de diversité intégré à [...] l'organisation cellulaire » de l'organe sensoriel [Atlan 2011 : 80]. Le bruit nourrit le système vivant en déterminant des échanges minimaux mais

Troisième Partie

incessants et ininterrompus entre le système et l'environnement plus proche de lui (sa niche d'existence)²².

D'autre part, la physiologie des organes sensoriels – y compris les organes auditifs – est telle qu'elle produit elle-même un petit peu du bruissement minimal nécessaire : l'oreille produit elle-même du bruit de fond ! Les fibres du nerf auditif de l'oreille interne, « même au repos, présente[nt] une activité spontanée [...] dont le rythme est aléatoire » [Chouard 2001 : 78]. Schwartz [2011 : 706] écrit que les oreilles sont *self-noisy*. Le philosophe Claude Molzino va plus loin (peut-être trop loin) quand il écrit que « le bruissement interne de l'organisme [...] contient déjà [...] toute une musique » [Molzino 2013]. Tout en fonctionnant en réception, ils sont aussi des effecteurs, des actuateurs. Alors, ils sont effectivement des boucles de « détection » (*sensing*) et d'« action » (*acting*). Chaque organe comporte une boucle « action ↔ perception », c'est-à-dire le classique circuit en *feedback* qui est au cœur de toute épistémologie constructiviste depuis Jean Piaget. Parfois, ce circuit échappe au contrôle du système nerveux central et arrive à engendrer l'effet tristement célèbre appelé *tinnitus* (un phénomène d'auto-oscillation en *feedback* positif malheureusement très désagréable).

Naturellement, bien qu'un minimum de bruissement soit simplement nécessaire pour tout système vivant, du bruit trop puissant et des perturbations trop agressives peuvent s'avérer des vraies menaces de mort ! Tout doit demeurer à l'intérieur d'un champ de variations, entre des valeurs de seuil inférieures et supérieures. C'est là, au-dedans de marges extrêmes insurpassables, que les interactions organisme-environnement ont lieu.

La définition de ces limites est précisément ce que le système cognitif d'un organisme vivant s'engage sans cesse à négocier. Les systèmes vivants, qui développent une gamme très riche et variée d'interactions environnementales, apprennent à modifier ces limites ainsi qu'à intégrer les bruits virtuellement dangereux en les transformant en facteurs favorables à leur organisation interne. Ainsi, « le bruit peut finir par structurer » l'organisation d'un système [Attali 1976 : 93] au lieu de la déstructurer, de sorte à tourner tout « effet désorganisateur du bruit à un niveau » en « effet organisateur au niveau supérieur » [Attali 2001 : 71]. C'est le « principe de l'ordre par le

²² Comme l'on aura noté, je considère comme pertinent et même essentiel le rôle du bruit de l'environnement dans la performance *live*. De toute évidence, c'est un des aspects les plus caractéristiques du projet *Écosystémique audible*.

Troisième Partie

bruit » (*order-from-noise principle*) que le cybernéticien Heinz von Foerster avait éclairci (déjà dans les années 1960) « pour rendre compte des propriétés des systèmes vivants [...] en tant que systèmes auto-organiseurs » [Atlan 1972 : 23]. Plus récemment, le neurobiologiste Henri Atlan a préféré parler de « complexité par le bruit », en entendant par « complexité » à la fois « variété, diversité, richesse en possibilités [...] » et richesse de « contraintes intérieures », haute connectivité interne [Atlan 2011 : 70]. Comme le suggère Edgar Morin, « il faut qu'il y ait erreur, bruit, perturbation [...] pour qu'il y ait [...] évolution, création » : tout apprentissage consiste à faire signifier le bruit, « à transformer l'événement-bruit en événement-signal, voire en événement-signe » [Morin 1972b : 188 et 183].

Le principe de l'ordre par le bruit sert précisément à expliquer la notion d'autonomie ayant pertinence lorsqu'il s'agit de traiter le vivant : un système vivant n'est dépendant de l'environnement que pour s'en rendre indépendant. C'est une notion dialectique, ou en tout cas dialogique, cohérente à celle de « couplage structurel » [1.2.1] ainsi qu'à l'idée plus générale d'un organisme-système fermé en boucle sur lui-même à travers l'ouverture sur l'environnement. Dans une telle éco-logique, *pas d'autonomie sans hétéronomie*. L'ampleur du jeu d'autonomie et d'hétéronomie définit l'ampleur du territoire sur lequel on peut interroger le bruit. Ou lui répondre.

Cognition incarnée des marges de liberté d'action

Une des idées que l'on rencontre souvent, c'est que, directement ou indirectement, le bruit est question de liberté, à savoir du pouvoir de donner ou de nier une marge de liberté d'action (donc de pensée et d'expression). Pour prêter l'oreille au bruit en tant que « la plus forte garantie de liberté » [Schwarz 2011 : 846] (cf. aussi [Benhaïm 2013]), il nous faut aborder la liberté et le manque de liberté auditivement expérimentés lors de l'écoute ainsi que l'émission du son. Ce qui nous intéresse notamment c'est que :

- le bruit arrive à être expérimenté en tant que domaine de *liberté*
- à la fois
- dans l'écoute, en vertu d'une implication ou participation auditive au monde, et
 - dans la génération du son et de la musique, en vertu d'un engagement de création dans le monde.

Nous allons examiner ces questions sous une perspective empruntée aux sciences cognitives contemporaines, à savoir, sous la perspective de l'*énaction* ou de la *cognition incarnée (embodied*

Troisième Partie

cognition). L'idée générale est que les facultés cognitives humaines – y compris la perception auditive et l'écoute musicale – ne peuvent pas être pensées comme abstraites du corps, séparées d'un organisme inséré ou mieux, écologiquement *situé*, dans un environnement particulier [Varela 1989a et 1989b, Varela *et al.* 1993]. Nous allons traiter les connotations ambiguës du bruit – d'oppression et de libération, de négation et d'affirmation – dans le cadre général d'une vue écologique de l'organisme vivant (et écoutant) en tant que système couplé à un environnement sonore (ce dernier à son tour vivant et écoutant). Il s'agit de s'approcher du sujet du bruit selon une certaine conscience écosystémique du son et de l'écoute [3.1.1], donc à la lumière de la notion d'événement sonore en tant qu'expérience de *relations* (qu'elles soient physiologiques ou culturelles, corporelles ou mentales), en reprenant le traitement de cette notion développée plus haut [3.2.2, 3.2.3, 3.2.4]. Au lieu de le réduire à des morphologies sonores particulières, ou de le rattacher uniquement à une notion théorico-informationnelle, nous essayons d'aborder le bruit en tant qu'événement limitant l'implication de l'auditeur dans le milieu sonore et contraignant le processus écosémiotique (de cognition de l'environnement) de l'écoute. C'est donc une « situation » cognitive particulière : une suspension temporaire mais fondamentale de la liberté d'action de l'écoute.

Nous sommes d'accord avec Hillel Schwarz quand il écrit que, dans le bruit, il est question « d'intensité de relations » [Schwarz 2011 : 20]. Nous reprendrons plus loin le sujet de l'intensité sonore (*loudness*). Entre-temps, notons ici que des relations très ou trop intenses peuvent devenir oppressives, au point de détruire les connexions et les liens. En d'autres termes, tandis que le bruit mobilise normalement les relations courantes dans un contexte, il peut travailler aussi comme « videur (*emptier*) de liens et de relations » [Hegarty 2001a : s.p.]. Sa dimension relationnelle ne peut que rester effectivement dialectique, ou au moins dialogique.

On devra demander, alors : quelle autonomie nous concède l'environnement dans la perception auditive ? Quelle liberté d'action nous refuse-t-il ? Mais aussi, quelle liberté sommes-nous capables de prendre, en agissant sur l'environnement par le médium du son ? Quelle marge d'action sommes-nous capables de nous approprier dans le court-circuit d'action et perception par lequel on entend et écoute le monde, tandis que le monde nous entend et nous écoute ? On parle ici de liberté naturellement dans le sens de la possibilité d'agir « autonomement », grâce à un répertoire d'habiletés subjectives et collectives développées par rapport à un cadre de connaissances et de conditionnements culturels.

Troisième Partie

Avant de nous tourner vers ces questions, il faut une précision. La condition d'ambiguïté ou « bipolarité » sémantique apportée par le bruit lors de son irruption dans un contexte concret d'expérience, n'est pas une condition binaire, à deux choix. Ce n'est pas une opposition binaire simplificatrice, une dualité manichéiste. Dans l'expérience incarnée de l'événement bruit, tout se passe par degrés, tout se glisse à travers des tournants, des efforts ininterrompus, visant à « négocier les limites », à déterminer les zones intermédiaires, à établir des seuils de tolérance²³. C'est là que le bruit peut mobiliser le réseau des relations et des interactions environnementales exploré par le processus écosémiotique de l'écoute, en arrivant éventuellement au point de le saturer ou de le vider. Mais comment agit le bruit lorsqu'il pénètre et traverse ce réseau de relations entendu en tant qu'événement sonore ? Quel effet a-t-il sur la (relative) autonomie des systèmes, des agents, des forces que nous expérimentons en tant qu'éléments audibles ? Que veut dire que le bruit est vécu comme une liberté autorisée et conquise, ou niée et refusée ? Qu'est-ce qui devient (ou ne devient pas) *libre* dans le bruit ?

Pour cerner ces questions, nous allons suivre deux directions. D'abord, en prenant pour ainsi dire le point d'observation de l'environnement, nous nous pencherons sur les forces et les agents occasionnant l'événement sonore ; cela vise à saisir la liberté exprimée par le processus duquel surgit l'événement sonore. Par contre, en prenant le point d'observation de l'auditeur, nous nous pencherons sur la liberté énoncée dans l'expérience d'écoute en tant que processus de cognition incarnée. Naturellement, les deux points d'observation sont interdépendants : on pourrait bien dire que, dans toute action *située* et *incarnée*, organisme et environnement sont deux aspects d'une seule phénoménologie écosystémique, impliquant par définition le couplage de l'« action réceptive » (écoute) et de l'action « productive » (performance).

3.3.2 Écologie des événements d'écoute et incursion du bruit

En faisant écho à un passage de Roland Barthes [1982 : 211], mais en le personnalisant un peu, on peut reformuler ainsi la distinction habituelle entre « entendre » et « écouter » : *entendre* implique une perception imaginative de l'écologie d'interactions et de forces donnant lieu à l'événement sonore, et signifie saisir les agents présents dans l'environnement, leur interdépendance et leur liberté d'action ; par contre, *écouter* implique un effort imaginatif des

²³ Cheyronnaud [2009 : s.p.] parle de « seuils d'acceptabilité ».

Troisième Partie

relations entretenues par les agents entre eux, et signifie renvoyer l'écologie des actions génératrices du son à des efforts individuels ou partagés, à des agencements dynamiques et stables mis en place avec une « intention de faire » ou de ne pas faire, éprouver auditivement l'effective liberté (conquise ou accordée) de faire ou de ne pas faire. En bref, *entendre* veut dire saisir l'écologie des événements d'autour de nous, la « situation », tandis qu'*écouter* veut dire activer un processus d'écosémiose portant sur ce qu'on entend. Notons toutefois qu'une telle distinction est purement une façon de penser : les deux niveaux sont imbriqués l'un dans l'autre et travaillent ensemble de manière interdépendante. En d'autres termes, *l'« écoute irréductible » comporte une liaison irrépessible entre conscience écosystémique et projection créative écosémiotique.*

En quelque mesure, s'impliquer dans l'écoute veut dire entendre les conditions de production et d'existence des événements sonores qui ont lieu, pour aussi s'adresser aux relations entre les agents et les pouvoirs qui déterminent ces conditions. *L'événement sonore n'est complet que dès l'arrivée d'un tel événement d'écoute.* En dernière analyse, ce sont les qualités audibles d'un tel *ensemble de relations* – qui est aussi un ensemble de *relations de pouvoir* (donc un *dispositif* au sens de Foucault) – qui effectivement structurent la musique. (On peut se demander : s'agit-il du pouvoir des puissants ou des pas encore puissants ? Ou s'agit-il du pouvoir de ceux qui ne seront jamais puissants ?)

Or, comment le bruit s'insère-t-il dans ce discours ?

D'abord, un événement sonore se donne en tant que « bruit » – indépendamment de toute morphologie acoustique – lorsqu'il fonctionne en tant que « videur de relations », précisément lorsqu'il s'introduit « en négatif » dans le processus cognitif écosémiotique et embrouille, voire suspend l'exploration des relations organisme-environnement qui sont à la base de l'écoute. Il comporte donc une digression, voire une régression : il nous oblige à entendre « seulement » et non plus écouter, pour ainsi dire.

Mais, « en positif », le bruit nous oblige à *recommencer à écouter*, à refaire l'effort de passer du niveau de l'entendre (attention) au niveau de l'écouter (intention) – et à écouter avec de nouvelles oreilles, comme on dit. Cela ressemble au schéma « attalien » où le bruit arrive comme « un point singulier, une catastrophe qui [fait] naître une nouvelle langue » [Attali 2001 : 53], où le bruit « met en question (et en relief aussi) la signification et [...] permet d'assimiler le bruit dans un nouveau système » [Hegarty 2001b : 193].

Troisième Partie

Le bruit trouble l'écologie des événements sonores, mais éventuellement devient propédeutique à un dépassement. La dernière possibilité comporte une implication d'écoute plus forte que normale, visant à renégocier les seuils de tolérance cognitifs et à réviser les critères de l'écosémiose auditive.

L'incursion du bruit dans la boucle cognitive « action ↔ perception »

Il ne faut pas oublier que la fonction écosémiotique ne se réalise que sur la base d'interactions organisme-environnement qui « mettent ensemble le monde du sentir [...] et le monde de l'agir » [Reybrouck 2005 : 238]. Comme l'ont dit Maturana et Varela, « toute activité qui se déroule sur la surface sensorielle d'un organisme, implique une activité corrélative sur la surface efférente, ainsi que toute activité efférente détermine des changements d'activité sensorielle » (citation prise de [Cappuccio 2009 : 60]). Le neurologue et psychiatre Erwin Walter Straus avait soutenu, déjà en 1935, dans sa « critique du sujet transcendantal », que, pour l'être vivant, sentir et se mouvoir, percevoir et agir, reviennent phénoménologiquement au même : « Seul un être dont la structure lui offre la possibilité du mouvement peut être un être sentant. » [Straus 2000 : 279] C'est là, dans ce couplage systémique, ininterrompu, que le bruit s'insère en mobilisant toute perception en tant que visant à l'action, et tout acte de cognition en tant que perception incarnée, en tant qu'énaction. On peut dire que le bruit accède directement au niveau « biopolitique » de la musique et de l'écoute : il nous ramène à expérimenter les conditions essentielles pour vivre l'environnement sonore comme le milieu vibrant et chaotique duquel la musique – une musique – pourra éventuellement émerger. Indépendamment des questions de morphologie sonore, il est une déconnexion ou une suspension temporaire entre les terminaux effecteurs et les terminaux capteurs de la boucle « action ↔ perception ».

Il conviendra de faire un petit détour pour évoquer, même brièvement, ce que les sciences cognitives appellent la *théorie motrice de la perception*, probablement le meilleur appui pour s'approcher de l'expérience du sonore et de la musique en tant que processus de cognition incarnée [Leman 2007]. Il s'agit de considérer le corps humain en tant que l'environnement le plus proche et le plus immédiat du cerveau et des fonctions neurologiques, et d'assigner une fonction *moteur-mimétique* à la boucle « action ↔ perception » et à tous les échanges étroits entre activités sensorielles et motrices du corps. Cela veut dire que le corps gère ses fonctions motrices de manière à s'engager dans les « mêmes » actions hypothétiquement impliquées dans ce qu'il est en mesure de percevoir, mais en inhibant leur effectuation concrète par les muscles. Il

Troisième Partie

Il y a une sorte de simulation d'un effort ou d'un engagement physique ou psychique correspondant. Pour un auditeur, il est alors question d'imaginer et retrouver le « geste » qui permet de « refaire », dans son propre corps, les actions dont il entend le son, voire « d'imiter les actions productrices de son » [Godøy 2001 : 246 et 247]. On pourrait parler de « synthèse simulée » [Leman 2007 : 47], en évoquant le concept de « simulation » proposé par Alain Berthoz pour nommer cette composante motrice-mimétique dans la perception du mouvement [Berthoz 1997]. D'autres parlent de « perception échoïque », de « simulation idéo-motrice », de « résonance comportementale ». Dans son approche sur le lien entre « le corps propre et son monde » Francisco Varela utilisait une terminologie merleau-pontienne, en parlant d'« images corporelles » [Varela 2009 : 82].

Dans la théorie motrice (laquelle remonte à des travaux de recherche sur la perception de la parole selon lesquels les sons de la voix humaine sont entendus par l'auditeur en simulant la posture des organes de phonation nécessaire à les produire [Liberman et Mattingly 1985, Sundberg 1987 : 157 et *passim*]), il est encore une fois question d'expérimenter les événements en termes de processus ou de systèmes de production, mais cette fois il s'agit de sentir et comprendre (littéralement : « prendre chez soi ») l'effort et les intentions qu'on peut associer à la production du son. Il s'agit d'imaginer refaire dans son corps l'effort d'autrui, de percevoir l'autre en partageant avec lui les conditions d'émission du son.

Notons que, dans ce contexte de recherche, il faut certainement assigner une valeur paradigmatique à la perception de la parole et de la voix : il s'agit de l'expérience d'avoir (ou mieux d'être) un système de phonation structurellement couplé à un système auditif, et de l'expérience d'entendre la voix d'autrui qui résonne dans l'environnement de manière à l'intérioriser et à la simuler par son corps. Effectivement, c'est surtout à partir du couplage « voix ↔ oreille » qu'il a été possible de tracer des liaisons importantes entre neurosciences et phénoménologie de la perception (voir, par exemple, les recherches récentes qui ont été appelées « neuro-phénoménologie » [Cappuccio 2008 et 2009]). Pour les neurosciences contemporaines, il semble désormais acquis que la capacité d'imaginer les mouvements du corps et la capacité d'activer ces mouvements « impliquent des structures cérébrales très similaires » [Reybrouck 2005 : 230]. On parle de « neurones miroirs » (*mirror neurons*), qui s'activent (ou « s'allument », ou encore « résonnent ») à l'écoute des sons vocaux et qui comportent « une activation des centres moteurs liés à la parole » [Caramiaux 2011 : 34]. En d'autres termes, on entend la parole

Troisième Partie

en la répétant de façon muette, par une sorte de simulation intérieure. De façon assez similaire, dans son commentaire à l'ouvrage de Roland Barthes et de Jean-Luc Nancy, Katherine Jerkovic parle d'intersubjectivité sémiotique en termes de « résonance », qu'elle considère en tant que « condition de possibilité de la signifiante [...], espace dans lequel le sensoriel semble prêter sa matière [...] à ce qui fait sens » [Jerkovic 2005 : 2]. Les neuro-phénoménologues parlent d'« empathie » pour indiquer le phénomène par lequel nous percevons les actions, les efforts et les postures physiques d'une autre personne, comme *les nôtres* [Cappuccio 2009, Gallese 2009a, Attigui et Cukier 2011]. Pour Vittorio Gallese, pionnier de la recherche sur les « neurones miroirs », « saisir une action – en en comprenant le sens – est égal à la simuler intérieurement » [Gallese 2009b : 304].

Bien que le paradigme du couplage incarné action-perception soit la liaison « voix ↔ oreille », Berthoz soutient (en faisant écho à Varela) que des formes similaires de couplage systémique sont très probablement à la base de tous les phénomènes cognitifs, à condition naturellement de les regarder en tant que processus incarnés (voir aussi [Godøy 2001 : 240]). La théorie motrice de la perception pourra bien évidemment s'appliquer à l'expérience auditive. Selon Marc Leman, en écoutant le jeu d'un instrumentiste, l'auditeur perçoit la trace du geste musical comme une « empreinte corporelle » qui prépare un geste imaginaire correspondant (voir le chapitre 4 de [Leman 2007], intitulé *Articulations corporelles et intentionnalité*). Godøy nomme « trajectoires d'action » les schémas de perception moteur-mimétique qui amènent l'auditeur à « sentir l'effort, la vitesse, la force » [Godøy 2001 : 241] du mouvement effectué par l'action à l'origine de l'événement sonore (que ce soit l'action d'instrumentiste ou d'autres agents mécaniques). La « source » de la perception sonore ne serait pas plus une interaction de mécanismes ou de forces agissant dans l'environnement, mais l'image sonore incarnée, l'action sonore intérieurement simulée [Leman 2007 : 48].

Cette notion de « simulation incarnée » se raccorde parfaitement aux positions épistémologiques qui considèrent les fonctions cognitives humaines comme des processus en boucle de *feedback* entre sentir et agir, à savoir comme des processus d'énaction. Lorsqu'il fait irruption dans la boucle « action ↔ perception » du système auditif, le bruit gêne la possibilité de simuler par le corps les événements audibles dans l'environnement (« entendre »), et par conséquent bloque les efforts nécessaires pour comprendre ces événements dans un réseau de relations plus large (« écouter »). En même temps, du côté positif, le bruit mobilise la boucle

Troisième Partie

cognitive et la pousse à se modifier, à redéfinir les limites (les « seuils de tolérance ») de ses mécanismes. Pris dans le réseau d'interactions et rétroactions à la fois constructives et destructives, alors le bruit permettra au corps, en tant que système cognitif, de régler et d'affiner la coordination entre sentir et agir, de s'adapter ou de développer des stratégies alternatives. Une telle notion de bruit est plus de l'ordre d'une phénoménologie dynamique (et dialectique) qui trouble la connexion action ↔ perception que de l'ordre d'une typologie d'événement sonore, ou de description acoustique. C'est une « situation », justement une « situation de bruit » [Cheyronnaud 2012].

Résumé : l'écoute irréductible comme imagerie et « enactement » d'un monde

Essayons au point où nous en sommes, de résumer en peu des mots le discours fait jusqu'ici. À l'écoute de l'événement sonore, nous faisons d'abord l'expérience de l'ensemble des interactions entre les agents mécaniques ou d'autre nature présents dans l'environnement et, à partir de là, nous essayons de saisir les relations entre les agents humains et non humains impliqués dans ce réseau. Nous nous retrouvons constitutivement impliqués dans l'environnement sonore auquel nous prêtons écoute, et qui à son tour nous écoute. On peut dire que, dans le son, nous percevons des degrés de liberté dans toutes les forces et tous les processus générateurs de son et dans les échanges informationnels à l'origine de l'événement sonore. L'écoute « imagine » l'écologie des expériences et des actions génératrices de son et de musique, situées dans le monde autour, et « énonce » (crée, projette) un monde où ces expériences et ces actions sont possibles et surtout souhaitables.

Un événement sonore s'avère finalement être du « bruit » en tant qu'il s'introduit dans l'environnement d'une façon qui confond et obscurcit les interactions « action ↔ perception » y ayant lieu, en gênant ainsi la forme d'implication la plus directe et fondamentale de l'auditeur dans le monde sonore autour de lui, à savoir la simulation incarnée des actions génératrices de son. Cela demande une réaction, dans un champ continu de possibilités de réaction dont les extrêmes sont le refus complet ou l'intégration complète. Cependant, toute réaction particulière vise soit à garder intègres les mécanismes de la boucle cognitive et de l'écosémiose, soit à les modifier et raffiner, faisant du bruit une occasion d'apprentissage, de « formation » – une chance pour renforcer ou modifier l'identité systémique de l'auditeur en tant qu'unité systémique incarnée et consciente de soi et de son contexte d'expérience.

3.3.3 Dimensions descriptives et phénoménologiques du bruit

Bien qu'elles appartiennent à un langage technique, certaines dimensions descriptives du bruit présentent des aspects intéressants pour notre discours. Nous allons en examiner quelques-unes, qui pourraient peut-être servir à approfondir certaines des considérations développées jusqu'ici.

Complexité spectrale

Considérons d'abord des descripteurs tels que la « richesse spectrale » ou le « contour spectral ». Pour souci de concision, on pourra parler de « complexité spectrale ». Elle renvoie au contenu variable de fréquence d'un signal qui, à son tour, est une réduction monodimensionnelle des mouvements vibratoires tridimensionnels des particules d'air ou d'autres milieux de propagation sonore. Un signal est défini « comme signal de bruit » si son spectre est irréductible à des fréquences en série harmonique ou à d'autres critères rationnels et formalisables. Plus les énergies composantes sont dispersées au hasard dans le spectre de fréquence, plus le signal est irrégulier et aperiodique : les vibrations sont donc de plus en plus aléatoires, c'est-à-dire de moins en moins structurées dans leur déroulement temporel. Les comportements vibratoires les plus complexes sont généralement ceux dont la source consiste en un système (mécanique ou d'autre type) ayant un grand nombre d'éléments en interaction entre eux. En règle générale, les systèmes à plusieurs degrés de liberté présentent une plus grande variété de mouvements possibles, à savoir une plus grande complexité sonore.

On a dit auparavant que l'ensemble des propriétés du son, qu'on appelle « timbre », relèvent du jeu d'interactions entre les composantes d'un système, y compris les contrôles déterminés par des agents humains et les échanges avec d'autres forces dans l'environnement. L'équivalent de la complexité spectrale, à savoir la complexité du signal, exprime en effet jusqu'à quel point les composantes d'un système sont libres dans leurs mouvements vibratoires, c'est-à-dire, jusqu'à quel point elles sont libres de se déplacer loin de la position de repos. Bref, elle exprime l'ensemble des modes vibratoires du système. Normalement, il est possible d'analyser les vibrations en termes de méthodes statistiques décomposant linéairement les déplacements vibratoires de la source dans l'espace (c'est le cas de tous les algorithmes d'analyse basés sur le modèle d'analyse de Fourier, à savoir sur la décomposition du mouvement vibratoire en fonctions trigonométriques sinus et cosinus). Toutefois, ces déplacements sont en réalité sujets d'abord à une réduction dimensionnelle plutôt importante – d'habitude une réduction de trois à une seule dimension, l'amplitude instantanée (comme nous l'avons évoqué il y a peu). Par contre, dans le

Troisième Partie

cas de signaux non périodiques, les critères d'analyse deviennent moins évidents²⁴. Un signal de bruit ne se répète jamais, toute éventuelle corrélation de phase dans sa microstructure temporelle sera strictement statistique. Cela correspond à des déplacements vibratoires justement non périodiques, à structure fortement irrégulière. Tout bruit implique un système à degrés de liberté très nombreux (voire innombrables). L'oreille s'aperçoit que les composantes du processus générateur sont mutuellement déconnectées et résistent à un principe de mouvement coordonné. À la limite, il n'y aura littéralement aucune corrélation : c'est du *white noise*, du bruit blanc.

Bruit blanc. Idéalisation et approximation expérimentelle

On comprend bien pourquoi on décrit normalement le « bruit blanc » comme une abstraction, un cas limite idéal d'intérêt purement théorique et spéculatif. En théorie, il s'agit de l'addition de toutes les fréquences audibles par l'homme, ce qui correspondrait à un système composé d'éléments totalement indépendants dont les mouvements présentent n'importe quel nombre de degrés de liberté. Dans des conditions écologiquement cohérentes, aucun système de ce type n'est possible. Le bruit blanc serait un manque total de corrélation entre les actions ou les mouvements d'un processus, une absence complète de conditionnements alentour et de contraintes internes. Dans l'expérience vécue, cela n'a aucun signifié, il n'y a aucune correspondance possible : on ne peut recréer ou énoncer aucune situation vraisemblable ou plausible dans le monde physique. On entend le bruit blanc synthétisé par ordinateur pour ce qu'il est – un artefact abstrait de toute « situation », de toute « incarnation » possible, où idéalement rien n'interagit avec rien, tout se bouge sans contrainte.

Il y a deux notions de bruit blanc. Une notion « faible », qui revient à l'approximation technique qu'on peut en faire en faisant en sorte qu'il n'y ait pas de relation entre le déplacement courant d'un système et *le déplacement immédiatement précédent* : le présent ne dépend pas du passé récent, pour ainsi dire. Une notion « forte », purement théorique, pour laquelle il n'y a pas de relation entre le déplacement courant et *tous les déplacements précédents* : le présent ne dépend pas de l'histoire. La première implique la discontinuité locale, instantanée, un saut ou un pépin totalement injustifiable et inexplicable ; la seconde implique une succession comprenant uniquement des discontinuités. En tout cas, toutes les deux renvoient à une indépendance totale,

²⁴ Rappelons la critique de Iannis Xenakis du modèle de Fourier, qu'il a tenté – pour sa musique réalisée par ordinateur – de remplacer avec des méthodes probabilistes [Xenakis 1992 : 242-246].

Troisième Partie

une liberté infinie, un pouvoir d'agir en complète indifférence à toute condition d'action, soit locale soit globale. Cependant, la possibilité d'un pouvoir infiniment indifférent et d'une liberté indifféremment infinie n'appartient pas à ce monde : les scénarios de guerre, de terreur et de torture sont probablement les seuls où on fait la tentative de rendre expérimentables (pour les ennemis) des conditions semblables.

On peut penser le bruit blanc soit en tant qu'excès absolu d'événements soit, au contraire, en tant que « non-événement » absolu – un objet métaphysique sans équivalence dans l'expérience vécue. Son statut idéal(iste) est confirmé par le fait que, dans la somme d'un nombre infini de fréquences, l'intensité de chaque fréquence est totalement indéterminée, et ceci correspond théoriquement à un système dont les modes de vibration ont n'importe quelle profondeur de déplacement dans l'espace. Un tel système consisterait en d'innombrables composantes juxtaposées l'une à côté de l'autre de manière complètement transparente, sans aucune interaction. C'est pourquoi toute approximation du bruit blanc impose une condition concrète : pour chaque composante du système, la profondeur de mouvement devra être très réduite : le mouvement sera de plus en plus aléatoire à mesure que sa profondeur sera presque nulle. Cela revient à dire que toute approximation du bruit blanc, à la limite, est du silence. Un silence composé d'infinis mouvements aléatoires dont l'amplitude est nulle.

Hormis d'un contexte d'approximation technique, l'oreille humaine (synecdoque pour le corps et la perception incarnée) sait bien qu'un tel système n'est pas de ce monde. Même s'il existait un tel système, les événements sonores qu'il saurait produire seraient modifiés par les conditions concrètes de propagation dans un médium ainsi que par les conditions écologiques de l'audition. C'est la raison pour laquelle on utilise d'habitude un signal approximant le bruit blanc pour tester des médias audio et des systèmes électroacoustiques : les modifications apportées par le système testé rendent audible ses *limites* de transfert linéaire, dues justement aux liens et conditionnements inévitables dans tout système réel et concret, et non idéal.

Dans l'histoire, l'être humain a rencontré des « processus blancs » (forts et faibles) dans le contexte des applications de l'électricité et des radiocommunications, il y a cent ans environ. Il faut alors se diriger vers la physique subatomique pour les observer²⁵. On retrouve là le

²⁵ Cependant, rappelons, qu'à un niveau quantique, l'observation d'un système ou d'un processus modifie le système ou le processus observé. C'est le fameux principe d'indétermination de Heisenberg. Au fil des années, on a

Troisième Partie

phénomène connu en tant que *bruit thermique* qui consiste en l'agitation des porteurs de charges électriques à travers une résistance – on parle aussi de « bruit de résistance »... Autrement dit, il s'agit des mouvements aléatoires « d'un flux d'ions chauffés dans un circuit d'amplification électrique » [Schwartz 2011 : 648]. Le mot allemand *Wärmeffekt* renvoie plus clairement à la chaleur (effet de bruit par chaleur). Ce phénomène, dont le spectre apparaît complètement plat (même énergie à toutes les fréquences), est identique pour toutes les résistances de la même valeur, donc il se présente comme un phénomène physique fondamental, non imputable à une fabrication médiocre des circuits électriques. On parle aussi d'effet *shot*, défini comme « la variation spontanée de magnitude dans un flux d'électrons produit par un amplificateur [...], où chaque électron arrive *indépendamment* du précédent, en succession de chocs *décorrélés* (sans relations) » [*id.*]. Dans le monde anglophone on parle aussi d'effet *flicker* en référence à un conducteur actif qui devient « un nuage chaotique d'ions » et se comporte comme une « source inévitable de résistance électrique » [*id.*].

Autour de 1930, dans le contexte des techniques radiophoniques, de tels phénomènes d'agitation thermique furent acceptés comme inévitables : on commença à en faire l'expérience en tant que l'*hiss* inhérent à tous les systèmes électroacoustiques – Schwartz le décrit comme « le son des électrons qui se pressent [...], le son des incertitudes des quanta » [*id.* : 649]. Depuis, la qualité de transmission électronique des signaux a toujours été exprimée en termes de « rapport signal/bruit » (*signal-to-noise ratio*). Cela se rattache à l'observation de Ralph Hartley (collègue de Shannon) selon laquelle « le bruit est une condition limitative de *toute* communication » [*id.* 703] – c'est une sorte de loi générale qu'on retrouve dans plusieurs champs de recherche, y compris dans la chimie et la génétique (rappelons la citation auparavant empruntée au livre d'Atlan *Le vivant post-génomique*). Comme nous l'avons rappelé plus haut, « pas de bruit, pas de message » [*id.* : 706].

Pour en rester au bruit blanc, la définition de « somme d'un nombre infini de fréquences » pourrait être pensée un peu comme « le rêve de Fourier » (ou le rêve d'Ohm) : en principe, il s'agit d'un ensemble infini de rapports purement linéaires et transparents, dont les membres sont simplement superposés entre eux, sans aucun rapport de causalité ou d'interdépendance. Un

pu l'« écologiser » : effectivement tout couplage d'un corps (observateur ou observé) avec son environnement (observé ou observateur) fonctionne selon le principe d'indétermination de Heisenberg.

Troisième Partie

univers de « solitudes juxtaposées » [Attali 2001 : 18]. Un monde de monades absolues qui se rattache à la définition évidemment purement qualitative du bruit donnée par Jean-Jacques Rousseau en son temps (1767) : « la somme d'une multitude confuse de sons » [Solomos 2013 : 96]. D'autre part, en passant de la théorie analytique à la recherche empirique, on pourrait penser le bruit blanc comme « le cauchemar de Helmholtz » : irréductible à tout principe de réalité et à toute mise en œuvre technologiquement faisable (sauf par des approximations assez grossières, comme l'on a vu).

Que soit rêve ou cauchemar, la question concerne le caractère théorique et les limites phénoménologiques qu'il faut attribuer au bruit blanc. Je l'ai noté un peu plus haut : étant donné l'élasticité réduite de tout matériau impliqué dans la production, en conditions écologiquement crédibles, la seule chance que des vibrations acoustiques puissent dissiper l'énergie de façon uniforme et quasi linéaire à travers un champ de fréquences très large est que l'intensité des vibrations soit égale à zéro (spectre très large, énergies nulles). Toute approximation de ces conditions produit un sifflement, un *hiss* presque inaudible. C'est là que l'idée platonique du « bruit blanc » se rattache au « silence », devenu d'autre part lui-même (après John Cage) un objet de la pensée, une limite théorique.

Intensité, effort, contexte, excès

Cette dernière circonstance nous amène à une autre question, souvent soulevée en parlant du bruit : celle de l'intensité sonore. Bien qu'elle puisse apparaître intuitivement connectée avec l'amplitude ou la magnitude absolue du signal, il est bien connu que la perception d'intensité sonore (*loudness*) se corrèle plutôt à la largeur du spectre. Il s'agit d'une découverte de psychoacoustique ayant une profonde signification écologique. Pour un auditeur, la voix de quelqu'un qui hurle de loin est un son fort, même si, là où l'auditeur se trouve, l'amplitude est objectivement très contenue (cf. par exemple [Chowning 1992]). En général, on peut dire que la complexité spectrale rend audible l'effort de la source. Le spectre d'un son de clarinette joué *ppp* est assez simple, il consiste presque en un seul partiel (sinusoïde) : lorsque l'auditeur est très proche au pavillon de l'instrument, l'amplitude peut être très forte, mais le son reste d'intensité réduite pour lui, puisque l'effort d'émission perçu est extrêmement contenu. Plus précisément, alors, l'intensité est corrélée perceptivement à l'effort physique, pas simplement à la magnitude. En effet, la notion d'effort est capitale en termes d'expérience située et incorporée (sauf dans le

Troisième Partie

cas d'amplification électronique du signal, à savoir, l'agrandissement artificiel de l'amplitude – sur lequel on reviendra plus avant).

Dans l'expérience incarnée de la voix, il est normal qu'un effort physique plus important produise un son plus dense et complexe. En outre, au-delà d'un certain seuil, l'intensité ne grandit plus tandis que la complexité spectrale peut grandir encore, en engendrant plusieurs comportements de spectre et quelques phénomènes dynamiques assez caractéristiques. Pour revenir à l'exemple de la clarinette, pensons aux « sons multiphoniques » et autres effets sonores qui surgissent à partir du comportement non linéaire, « chaotique », de l'instrument (tel est le cas pour beaucoup d'instruments musicaux) [Fletcher 1993, Bernardi *et al.* 1997]. Dans des situations de ce type, les modes de vibration d'un système mécanique ne se renforcent pas réciproquement (sauf par des alignements de phase rares et aléatoires). L'effort physique sera excessif par rapport aux degrés de liberté du système et en rendra audibles les limites. Si l'effort grandit encore, après un certain seuil, l'intensité sonore ne grandit plus, tandis que le spectre devient plus dense et complexe. Dans le domaine électroacoustique, par exemple, il est bien connu que tout processus de *distorsion* du signal agit justement comme un effet *limiteur* de l'amplitude.

Plus généralement, intensité sonore et bruit ne vont pas de pair. Leur assimilation peut être remise en question. « L'intensité sonore peut paraître non bruyante, de même qu'un bruit peut paraître faible » [Schwartz 2011 : 678] (cf. aussi [Thompson 2014 : 43]). Plusieurs facteurs cognitifs et culturels sont impliqués. On sait bien que la musique la plus douce et agréable peut devenir le plus ennuyeux des bruits. Un ton pur sinusoïdal (parfois décrit comme l'opposé du bruit blanc, en raison de la différence radicale de spectre) peut devenir terriblement assourdissant et ennuyeux. Le bourdonnement à peine audible des casques portables, dans le bus ou dans le train, peut irriter les autres voyageurs, bien qu'il ne soit aucunement fort. On pourrait évoquer des métaphores de manque d'opportunité ou d'intempestivité. On pourrait dire d'un son qu'il est un bruit « importun » [Cheyronnaud 2009 : s.p.] ou « intempérant » [Schwartz 2011 : 327]. En mesure variable, les vibrations acoustiques surmontent les obstacles, sortent du contexte d'origine. Hors contexte, n'importe quel son peut devenir déchet, saleté inconvenante [*id.* : 680], salissure [Attali 2001 : 51].

Vous êtes dans votre lit, tôt le matin, à moitié endormi, et soudainement se manifeste un éclat sonore insupportable... Il s'agit d'un motet de Guillaume de Machaut (ou du Varèse, ou du

Troisième Partie

Merzbow) provenant certainement de la pièce voisine. Le son envahit votre pièce au mauvais moment. Son statut de nuisance n'a rien à voir avec la structure musicale et la morphologie sonore, ce qui semble inacceptable est le niveau de l'amplification : un manque de contrôle, c'est-à-dire un manque de médiation, une conduite erronée ou volontairement irrespectueuse. Dans l'événement, vous séparez facilement deux agents différents : la source sonore (musicalement structurée, parfaitement exécutée) d'un côté ; le (manque de) contrôle de l'autre. L'intensité excessive est attribuée au second (c'est le voisin, il ne sait pas ou ne veut pas régler le volume). La condition de possibilité d'une intensité pareille est soudainement attribuée à un artifice technologique : il n'y a aucune possibilité d'imaginer, voire de simuler, à partir de l'expérience du corps propre, une source physique écologiquement crédible. En un certain sens, il y a une sorte de sagesse écologique du système auditif en tant que système « auditivement cognitif » : dans ses fonctions, il semble suivre une sorte d'« économie cognitive [et] un principe de réalité » [Reybrouck 2005 : 256] qui lui permet de saisir adroitement si les événements sonores se présentent dans leur « grandeur nature » ou pas [Cheyronnaud 2009 : s.p.].

Normalement, face à des sonorités potentiellement dangereuses, l'oreille humaine est capable de bien se protéger. Par contre, les intensités obtenues par amplification électronique et celles dues à des outils de travail particuliers ou à des machines industrielles, représentent pour l'oreille un grand problème, surtout en cas de niveaux puissants, constants et prolongés. C'est là que l'oreille reste sans autodéfense physiologique et perceptive, ce qui nous demande des précautions d'un autre type. Plus généralement, il y a une dimension ancestrale du bruit par intensité excessive, dans laquelle l'oreille nous alarme et nous exhorte à l'action face à l'inconnu et à l'« absurde » (à l'origine latine du mot « absurde » il y a une liaison évidente avec la surdité). Le défi est probablement dû à la perception consciente d'un manque d'expérience : quel agent inconnu naturel ou extraordinaire est capable d'une telle dépense prolongée d'énergie, d'un tel effort qui nous dérange et nous perturbe de manière inimaginable à partir de ce que nous sommes, à partir du corps que nous sommes ? Des intensités sonores d'une telle puissance sont perçues sans possibilité de les attribuer raisonnablement à aucune entité qui ait un corps (ou qui soit un corps). Il y a longtemps, on aurait pensé à des agents surhumains, à des forces surnaturelles (comme dans la naissance des mythes : on écoute le tonnerre en tant que voix de Thésus). De nos jours, après de nombreux siècles de sécularisation de plus en plus accélérée, nous pensons plus

Troisième Partie

facilement à des dispositifs artificiels conçus par les hommes pour les hommes, à des machines (on pourrait dire que c'est encore de la mythologie, après tout, mais de type différent...).

En présence de bruits trop puissants, nous apercevons la finitude des oreilles et les situations limites dans lesquelles le tympan et les osselets sont poussés. Il n'est plus question uniquement de perception, mais aussi de proprioception. Il est vrai que toute expérience perceptive implique la perception de notre propre corps et des organes des sens tandis qu'ils perçoivent les changements dans l'environnement, mais, dans le cas en question, la proprioception devient centrale : l'effort est énorme, comme la source sonore n'est pas à la mesure d'organes sensoriels tels que les oreilles humaines, ou elle est indifférente à la douleur (propre et) d'autrui. On pourrait entrevoir là une dimension de violence gratuite, ou même d'autopunition, de nihilisme et de masochisme – questions en effet (an)esthétisées dans certaines formes de *noise-music*, de *punk hard-core*, de *metal-grind*, etc.

Sans doute, la question du bruit par intensité sonore excessive se rattache au fait que tout bruit est relatif au contexte. Comme l'a dit Attali, « le bruit n'existe pas [...] en lui-même, mais par rapport au système dans lequel il s'inscrit » [2001 : 52]. Mais alors, il faudra bien éclaircir de quel type de rapport il s'agit. Nous dirons que la façon qu'a le bruit de se rapporter au contexte, c'est d'essayer de l'*excéder*. Qu'il vienne du dehors, ou qu'il naisse dans le contexte et y croisse jusqu'au point de devenir étranger à lui, le bruit donne une présence audible à quelque chose qui s'avère une singularité excessive. Ou, inversement, il dévoile que le contexte n'est plus celui que l'on pensait.

Or, qu'est-ce que le contexte, ici, et que veut dire l'*excéder* ? Pour nous rattacher à notre discours principal, le « contexte » est l'ensemble des échanges écosémiotiques entre organisme et environnement : le bruit, nous l'avons dit, s'introduit dans le va-et-vient ininterrompu entre organisme et environnement, dans l'espace circonscrit et délimité par cet *entre*. Grâce au couplage structurel avec l'environnement, tout organisme se maintient et se développe à travers l'environnement qu'il contribue à modifier. Mais, comme on l'a souligné [2.5], cette boucle « externe » organisme-environnement s'entrecroise avec la boucle « interne » du système sensori-moteur. Les deux boucles, ensemble, définissent le contexte qui nous intéresse ici. Tout bruit est un événement sonore qui s'introduit dans cette double boucle et qui en excède les liaisons. Bref, pour un système vivant,

- il y a du « bruit »

Troisième Partie

alors que

- l'organisme n'entend plus l'environnement par son corps (boucle interne), et/ou
- l'organisme n'entend plus lui-même par l'environnement (boucle externe).

D'abord, en tant que « force d'occupation », ce bruit ne porte aucun signifié particulier, libre de ne signifier rien d'autre que la suspension ou l'annulation des échanges et des interactions courants dans la double boucle éco-cognitive (que nous avons appris à penser aussi comme boucle écosémiotique). Il semble être absolument indépendant du réseau d'interactions du système par rapport auquel il se pose en tant que bruit, libre d'en supprimer les degrés de liberté, d'agir à l'intérieur de lui mais indépendamment de lui. « Haut sonore guerrier et militaire, ou apocalyptique », ce bruit est l'« image acoustiquement haute de pouvoirs » [Charles-Dominique 2008 : 46]. Dans son processus vivant, le système cognitif est confronté donc à des événements qui bloquent la perception incarnée de la source : il ne peut plus se reconfigurer afin de ressentir, dans son propre corps, l'écologie des actions et des forces donnant lieu à l'événement de bruit. C'est là que le bruit entraîne un phénomène de *saturation*.

Saturation (espace)

La *saturation* est en rapport à un espace ou à des « canaux », à savoir des espaces de transition. Il faut ne pas la confondre avec la *distorsion*, laquelle, ainsi qu'on a dit, est en rapport avec les signaux ou les mouvements vibratoires d'une source. En saturant l'espace environnant, le bruit nous rend sourds aux événements sonores qui arrivent là (les psycho-acousticiens parlent d'*effet de masque*). Cela implique qu'il nous déconnecte auditivement de notre niche d'existence et de nous-mêmes en tant que systèmes cognitifs constitutivement couplés à l'environnement. On peut bien affirmer, avec Barthes, que le bruit « attend à l'intelligence même de l'être vivant, qui, *stricto sensu*, n'est rien d'autre que son pouvoir de bien communiquer avec son *Umwelt* [niche d'existence] » [Barthes 1982 : 211]. Comme tout phénomène d'inflation, l'excès d'événements se traduit en absence d'événements significatifs, de signes. À la longue, il implique une réduction de la sensibilité aux différences, l'anesthésie, et l'impossibilité de saisir les conséquences de nos actions. Au niveau cognitif plus général, on ne peut plus compter sur l'audition pour continuer à élaborer la conscience de soi et des relations d'interdépendance avec tout qui est non-soi. Rappelons que, pour une unité systémique, l'environnement est le site de toute altérité. Le bruit se pose en troisième facteur du système « organisme ↔ environnement » : il introduit une *autre* altérité, un excès d'altérité.

Troisième Partie

Normalement « l'oreille nous permet d'entendre notre voix-même et notre soi » [Hegarty 2001a : s.p.]. Lorsque le bruit occupe l'espace de la boucle cognitive interne au point de le remplir complètement – c'est-à-dire justement de le saturer – la liaison proprioceptive voix-oreille est bloquée. Éventuellement, nous n'entendons pas notre propre voix, même par les os. « Saturer » devient indirectement un moyen de faire taire. En raison du fait que « le corps agissant ne cesse de rétroagir sur [le] corps sensoriellement éprouvé » [Petit 2003 : 161], le bloc des fonctions sensorielles implique l'interruption des fonctions motrices. Pour l'expérience auditive, il s'agit de l'interruption des processus d'énaction et de simulation incarnée, et cela gêne ou bloque l'empathie et l'écosémiose. Toute possibilité d'action est paralysée, on se retrouve à la merci des forces d'une altérité excessive et inconnue. Il faut réagir au bruit, mais on ne sait pas comment.

Or, aux frontières de l'hallucination et de l'épuisement physique – parfois fréquentées de façon intentionnelle, par exemple dans les *raves* de la *noise-music* et de la *techno* [Fitzgerald 1998] – il est possible que les altérations perceptives et cognitives soient bénéfiques. La transe, la possession, l'hébétement, l'aliénation – tout cela peut bien conduire au dépassement du soi et à l'activation de potentialités qui, d'habitude, sont bloquées. Même ici, alors, on entrevoit un passage du négatif et mortel, au positif et vital : pour diverses cultures, la menace de mort que le bruit peut signifier [Attali 2001 : 55, Charles-Dominique 2008] devient l'objet de rituels vitalistes et peut-être l'expression du désir d'existence.

Tout comme les danses, les musiques, les rites païens ou religieux, les drogues, l'exposition volontaire aux intensités sonores excessives peut devenir un instrument d'exaltation et d'extase. Toutefois, sauf dans une perspective d'auto-annihilation, elle a besoin d'une « estimation des risques et des seuils », donc d'un surplus de compétence, de contrôle, de responsabilité. Pensons aux pratiques chamaniques, où des cris forts et des percussions obsessives favorisent l'entrée du chaman dans un état de conscience altérée. En tant que « technologie du soi » (comme l'aurait probablement définie Foucault), une telle pratique prend le sens d'un élargissement de l'expérience cognitive, pas celui d'un appauvrissement ou d'une réduction : elle implique le développement de formes de réceptivité et de sensibilité particulièrement aiguës, une plus vaste gamme de perceptions. Il s'agit d'apprendre à ressentir notre propre corps et les événements alentour à partir d'un système de sensibilités qui, d'habitude, n'est pas le nôtre ; d'apprendre à tomber dans une sorte de profond mais momentané décalage de la subjectivité ; d'apprendre à

Troisième Partie

nous vider pour élargir ou simplement pour modifier notre *capacité d'accueil*. C'est là qu'émerge une forme de dépassement de soi, dans la possibilité d'expérimenter la saturation des sens comme une autre condition de sensibilité, pas comme sa négation. Bien entourées de mystère et de magie, les pratiques chamaniques impliquent concrètement une virtuosité dans le contrôle du corps et dans la gestion de ses limites. Il est à nouveau question de négociation des limites, de négocier une capacité d'accueil en tant que possibilité ou disponibilité de contenir, en tant que condition d'écoute. Il est à nouveau question de la limite supérieure et de la limite inférieure d'un champ de possibilités – ou mieux, d'un *champ de sensibilités*.

Saturation (canaux)

Un canal qui conduit n'importe quel flux d'énergie ou d'informations est saturé lorsque l'amplitude (ou quantité du flux) est excessive par rapport à la « largeur », ou « capacité », ou amplitude maximale du canal. On pourra penser à des phénomènes très différents, en fonction du type de canal considéré (un pipeline, un amplificateur ou des haut-parleurs électroacoustiques, un algorithme de codage numérique, le tuyau de la clarinette, le canal externe de l'oreille, etc.). Bien sûr, il n'y a aucun canal – corporel, acoustique, électroacoustique, numérique – qui soit neutre par rapport au signal « canalisé » : tout canal est un médiateur, pas un intermédiaire (la distinction introduite par Bruno Latour est parfaitement applicable à toutes les technologies du son et de la musique [Di Scipio 2013a]). Lorsqu'un signal cependant se présente d'amplitude excessive, le canal le déformera de façon plus ou moins importante, en laissant des traces qualitatives et souvent bien perceptibles. En effet, ce phénomène introduit une seconde source d'information, qui n'est pas la source envoyant le signal mais le canal lui-même. L'oreille s'aperçoit que le milieu de canalisation est exploité jusqu'à ses limites, à savoir, à un degré insurpassable. Plus précisément, elle s'aperçoit que l'amplitude de canalisation – la capacité de charge du canal, sa possibilité de contenir – est complète, qu'il n'y a pas de marge pour une charge plus importante.

Il s'agit d'une situation tout à fait normale en rapport avec d'innombrables phénomènes naturels et sociaux (pensons à l'embouteillage de voitures sur une autoroute, pensons aux immigrés sans papiers qui, de nos jours, s'amassent trop nombreux sur des embarcations trop petites et fragiles pour traverser la Méditerranée jusqu'à l'Italie du sud ou jusqu'à la Grèce). En électroacoustique, on parle de saturation à travers des canaux d'amplification et des haut-parleurs, et de tout un monde de sonorités résiduelles dues à la surcharge d'éléments conducteurs et résistants dans le système donné.

Troisième Partie

L'oreille elle-même, en conditions particulières, peut produire des effets de saturation à cause de la limitation et de la finitude de ses mécanismes physiologiques. On peut supposer que la faculté de distinguer les divers sous-produits sonores de la saturation électroacoustique (ou d'autre type) vient exactement du fait que l'expérience proprioceptive nous enseigne à distinguer les effets dus à la canalisation de l'oreille des sons « eux-mêmes » qui viennent de l'environnement. Il est bien connu que les artefacts de saturation sont utilisés à des fins expressives dans plusieurs genres de rock, ainsi que dans les arts sonores plus expérimentaux, et aussi dans plusieurs types de jazz et d'improvisations. À la limite, le signal « original » n'a aucune importance : l'important est qu'il conduise le canal à produire, par saturation, *sa* propre sonorité.

On peut dire que les sous-produits de saturation rendent audible le fait que *les degrés de liberté d'un système de transfert du son ou du signal constituent un ensemble fini*. Les artefacts de timbre obtenus par saturation signalent que *c'en est trop* pour les canaux impliqués : on perçoit que l'énergie introduite dans le système de canalisation n'est pas tolérée par ceux-ci.

Effectivement, toute saturation et toute distorsion sont un échec, elles sont l'évidence audible d'une faute. Néanmoins, dans certains styles de jeu de guitare électrique, les sonorités bruyantes obtenues par saturation sont d'habitude vécues comme icônes de liberté conquise ou revendiquée, comme images sonores de révolte et de rébellion. Il faut prendre acte qu'une telle interprétation culturelle – largement partagée et d'habitude connotée dans un sens positif et libertaire – contraste avec les conditions systémiques et écologiques du son : l'oreille s'aperçoit de la liberté niée au niveau des dispositifs impliqués, elle s'aperçoit de l'impossibilité de dépasser les limites données. On devra dire alors que la sonorité saturée, renforcée par la pose rhétorique du *rock guitar hero*, est saisie à travers une sorte d'inversion cognitive : tout se passe comme si, à partir de l'échec expérimenté, la sonorité saturée était vécue comme une grande expression de volonté, même s'il s'agit concrètement d'une volonté inévitablement frustrée, d'une présomption de puissance. La saturation du système guitare-amplificateur devient icône de liberté parce qu'un tel échec symbolise auditivement la volonté d'excéder les limites de certaines conditions d'action. Dans ce jeu de limitation et de libération, le bruit sature les canaux de manière à *ne pas* parvenir à la liberté qu'il prétend évoquer.

Bien qu'il soit souvent mis en rapport avec un geste violent, le bruit relève ici d'une violence inefficace. Le geste de rupture des codes sociaux, symbolisé par les effets de saturation

Troisième Partie

permanente, apparaît comme une pose esthétique évoquant un geste de rupture qui ne peut pas aller jusqu'au bout. Expérimenter ce phénomène comme signe de rébellion réussie, ne paraît possible qu'à condition de se rendre *sourds aux relations de pouvoir que le son rend audibles*, c'est-à-dire d'asservir sa propre capacité d'implication dans le son à des critères idéologiques prédéfinis. Il s'agit effectivement d'une surdité idéologiquement construite visant à filtrer et à réduire la dimension écologique de la sensibilité d'écoute (de manière spéculaire au *dénoiseur cognitif* de Helmholtz dont on a parlé plus haut !).

En généralisant le discours, on peut suggérer que toute esthétisation du bruit s'accompagne d'une forme d'anesthésie auditive créée par des schémas cognitifs enracinés. En tout cas, il est évident que, en dépit des images de rébellion et de libération, la volonté de puissance et de violence que le bruit de saturation *rock* rend audible laisse toutes les relations de pouvoir intactes. Ce discours ne comporte en soi aucun jugement éthique, mais vise à clarifier les lignes de référence culturelles de la perception auditive dans des phénomènes musicaux largement partagés : *l'événement sonore* s'inscrit toujours dans une dynamique culturelle, et il est toujours un *événement d'écoute* dans l'expérience vécue.

Violence : (re)tomber dans une logique binaire

Plutôt qu'une question d'intensité, de saturation ou de distorsion, la violence du bruit tient probablement à l'imposition d'un choix binaire : que faire quand l'incursion du bruit nous demande de l'accepter, de nous remettre à lui, de céder à ses conditions ? Renoncer, prendre la fuite ? Ou accepter le défi et s'engager dans la construction de relations nouvelles, plus ou moins convenables ? Il s'agit d'un point de bifurcation dans l'histoire du système qui subit l'incursion. D'autre part, « rien ne se passe d'essentiel dans le monde sans que le bruit s'y manifeste » [Attali 2001 : 11], au point que « sans bruit, il n'y aurait pas de changements historiques » [Schwartz, 2011 : 846]. Les deux options – « renoncer » ou « se battre » – sont certainement différentes, mais au fond toutes les deux acceptent l'imposition ou l'imposture du choix binaire : périr ou survivre. Une histoire uniquement fondée sur ce type de choix est une histoire de violence et d'abus.

Survivre permettra de développer éventuellement de nouvelles conditions d'expérience peut-être meilleures qu'avant. Mais, tout d'abord, l'imposition du choix reste tranchante. On peut dire que, face à cette question, il est décisif de distinguer deux cas :

Troisième Partie

- ou le bruit émerge de l'histoire de la boucle « système ↔ environnement » ;
- ou il est introduit par des agents externes qui pénètrent dans l'environnement (éventuellement pour y rester).

Dans le premier cas, le bruit est engendré en autonomie par le système, et mobilise le réseau d'interactions qui appartient au couplage structurel d'où il émerge. Cela revient au principe de l'« ordre par le bruit » [3.3.1].

Dans le deuxième cas, le bruit vient de forces hétéronomes et s'impose en tant que bruit « absolu », à savoir libre de tout lien (à la rigueur, qu'il s'impose comme « absolu » veut dire que les agents producteurs du bruit ignorent le caractère bruyant et perturbant de leurs propres actions – nous l'avons déjà constaté à plus reprises : aucun bruit ne peut se donner comme absolu, délié ; tout bruit est relatif, lié à un contexte).

Les systèmes de grande complexité (comme les êtres vivants) sont souvent capables de traduire l'arrivée du bruit extérieur en facteur qui les aide dans la construction de leur propre autonomie (on parle alors de « rencontre » et de « connaissance »), ce qui, effectivement, les ramène à la perspective de l'« ordre par le bruit ».

Ce discours revient alors encore sur l'ambivalence fondamentale du bruit, cette fois entendue en tant qu'opposition entre autonomie et hétéronomie. Ou plutôt, en tant que jeu dialectique entre les deux. Effectivement, nous l'avons vu, dans l'expérience située et incarnée d'un organisme vivant, il n'y a pas d'autonomie sans hétéronomie, il n'y a pas d'indépendance sans un réseau de codépendances et d'interdépendances. Cela soulève à nouveau la question des limites, à savoir, le défi de fixer des marges d'action et de liberté dans un champ continu de possibilités : plus proche d'une limite, le bruit sépare, il coupe, il divise ; plus proche de l'autre, il peut ouvrir l'espace du politique...

Bruit, chaos, forme

Le principe d'*ordre par le bruit* est regardé justement comme paradigme de la complexité : les sciences contemporaines le relient souvent aux systèmes « chaotiques », voire aux systèmes dynamiques non linéaires (naturels ou sociaux) [von Foerster 1960, Attali 1976, Atlan 2002]. Dans un système capable d'auto-organisation et suffisamment complexe, il n'y a pas de régulateur externe qui impose l'ordre en sélectionnant, dans le comportement du système, une structure de relations spécifique ; il y a plutôt des relations qui se forment à partir de ruptures et singularités locales, dans un magma de possibilités irréductibles à des lois déterministes (« ordre

Troisième Partie

par l'ordre ») et probabilistes (« ordre par le désordre »). On peut penser à un état extrêmement actif de la matière dans lequel les éléments se lient pour former des dépendances réciproques par lesquelles éventuellement elles s'organisent en structures délimitées dans l'espace et le temps. On peut penser donc à une condition justement magmatique : en effet, les terrains contenant du magma volcanique désormais froid sont les terrains les plus fertiles. Dans des telles conditions, le bruit constitue une condition d'ordre et de vie : il est toujours « systémique », même quand il est perçu ou produit en tant qu'antisystème.

Or, comme nous l'avons souligné il y a longtemps [Di Scipio 1994c et 1999], ce principe d'« ordre par le bruit » semble presque réactualiser une forme moderne et sécularisée du magma incohérent et dynamique qui est appelé *chaos* dans plusieurs mythologies archaïques, et qui précède le *cosmos* (le monde « ordonné »). Dans les mythes des Pélasges (ancêtres des Grecs), « au début, Eurynomé – déesse de toutes les choses – surgit nue du Chaos » [Graves 1960 : 1]. Dans les mythes olympiens, « Terre-Mère surgit du Chaos » [*id.* : 3]. Dans plusieurs fables cosmogoniques, la vie se forme par et à travers l'« ouvert » (chez Hésiode, par exemple, *χαιος* vient du verbe *χαινω*, qui veut dire « ouvrir »). De façon implicite, Attali évoque cette notion mythologique de chaos, quand il appelle le bruit « source de vie » [Attali 2001 : 4]. Mais, dans ces images, l'ordre et la forme ne remplacent pas le chaos ; la forme ne se présente pas comme une qualité d'organisation ajoutée ou imposée à un système informe : elle plutôt émerge là où se trouve le chaos, lors de singularités chaotiques qui se soutiennent et s'annulent, se déforment et se réforment de façon toujours dynamique.

L'épistémologie de la complexité contemporaine suggère que l'événement du bruit vient d'une condition de la matière qu'on peut définir de « générique », selon Edgar Morin, au sens de « systématiquement générative », « génératrice », porteuse de vie. Pour revenir à la métaphore biocognitive de la *liveness*, la vie n'est pas une propriété ajoutée ou imposée à une matière inerte ; plutôt, en tant que processus producteur de lui-même, elle émerge du jeu dynamique d'une matière hyperactive potentiellement vivante grâce aux interactions des facteurs biotiques et abiotiques dans l'environnement. Le vivant est bruit qui – en conditions d'existence favorables, pris dans des interactions environnementales favorables – crée forme. Un processus d'émergence dynamique, précaire, transitoire, par définition destiné à s'arrêter, à faire retour dans le chaos.

3.4 Pratiques sonores entre technologies musicales contemporaines et économie de moyens

Dans ce dernier chapitre, nous revenons sur la question générale de la « condition technologique » de l'âge contemporain. Au début de la thèse, nous l'avons traitée comme sujet à raccorder aux « conditions du vivant » dans la performance *live*. Ici, on essaiera de la connecter plus en particulier aux conditions d'expérience vécue dont on a parlé dans cette troisième et dernière partie de la thèse, de manière à la mettre en évidence justement comme question ayant pertinence pour une conscience écosystémique du son et de l'écoute. À quelles conditions opératoires les pratiques technologiques d'aujourd'hui n'affaiblissent pas la possibilité (tant pour l'auditeur que pour l'artiste sonore) de s'impliquer écosémiotiquement dans le réseau des relations et des interactions qui donnent lieu aux événements sonores ? À quelles conditions opératoires peuvent-elles favoriser une écoute irréductible aux qualités morphologiques et syntactiques des sons ? À quelles conditions peut-on s'engager dans un processus de conception technologique tout en évitant de retomber dans une approche objectivante et réductionniste au son et à la musique ?

Évidemment, en ce qui concerne notre propre travail de création, la réponse la plus directe à ces questions est dans le dessin du dispositif performatif du projet *Écosystémique audible*. Ci-dessous, cependant, on essaiera d'offrir une réflexion de niveau théorique plus large, inclusive d'un ensemble de pratiques différentes potentiellement très vaste. À cette fin, on devra d'abord glisser d'une perspective générale « critique du son » vers une perspective générale « critique de la technique », pour enfin relier les deux.

Nous partons d'une simple constatation de base : depuis plusieurs décennies, la musique et les arts sonores contemporains sont discutés en termes technologiques, et de plus en plus semblent, dans leurs pratiques créatives concrètes, reproduire des dispositifs culturels typiques d'une mentalité technocratique. Ce discours vaut, bien sûr, pour presque toutes les pratiques liées à la production musicale industrielle et aux formes de communication des médias électroniques. Mais il vaut aussi pour ce que, par souci de concision, on peut appeler « musique électroacoustique ». Nous allons prendre en compte particulièrement cette dernière, mais seulement pour la voir comme cas particulier et même paradoxal d'un discours plus général qui renvoie régulièrement à l'idéologie du progrès technique, au processus d'innovation (et d'obsolescence) technologique, à

Troisième Partie

la diffusion de dispositifs spécialisés et de trouvailles techniques toujours plus puissantes, plus souples, plus précises, plus étendues, plus inouïes, plus...

D'autre part, une certaine attitude techno-centrique, sinon technocratique, est renforcée par les institutions publiques et privées consacrées à la production et à la recherche en musique électroacoustique et informatique, avec de rares exceptions. Souvent, dans ces institutions, la création de nouvelles œuvres sert surtout à légitimer la conception et le développement de nouveaux logiciels ou de dispositifs d'autre type, ainsi que les correspondantes recherches et les correspondants investissements²⁶. La création devient alors « production culturelle », voire production d'objets dont la valeur majeure est, au fond, de servir à renforcer les technologies, les économies et les politiques propres à de telles institutions, insérées à leur tour dans un contexte de productivisme et consumérisme de niveau plus général. On peut bien dire qu'une telle situation relève d'une production de la subjectivité marquée par un conflit entre geste créatif et standardisation cognitive : les conditions de possibilité de la création sont assujetties à la production économique des formes de vie, intégrées au cadre prévalent du « bio-capitalisme cognitif », autrement dit la « bio-économie » [Fumagalli 2011].

D'un certain point de vue, il est un peu paradoxal que la création musicale contemporaine relève effectivement d'une telle situation, en considération du fait que plusieurs formes de l'expérimentation musicale de la seconde moitié du XX^e siècle – avec ou sans moyens électroacoustiques et informatico-musicaux – découlaient d'une attitude tout à fait différente [Solomos 2008b, Baranski 2009, Biset 2012, Saladin 2013 et 2017]. En effet, comme nous l'avons discuté ailleurs [Di Scipio 1995a, 2013a et 2016], on peut soutenir que la plupart des créations les plus intéressantes dans ce contexte-là ont eu leur origine dans diverses formes d'appropriation critique des compétences techniques ainsi que de détournement créatif des moyens et des appareils : tout chef-d'œuvre de musique électroacoustique a été composé en l'absence de – et pas grâce à – moyens techniques convenables et efficaces, donc en contraste avec la standardisation cognitive et la désensibilisation des organes de perception. D'autre part, dans l'histoire de la musique, tout « *ars nova* » (pour dire l'ensemble des œuvres et des pratiques

²⁶ Il s'agit d'une opinion diffusée (cf. quelques réflexions générales dans [Di Scipio 2013a et 2017, Solomos 2016]) ainsi que d'une déduction qu'on peut avancer à partir de quelques études ethnographiques portant sur des institutions de ce type (par exemple [Born 1995]).

Troisième Partie

les plus originales et les plus fertiles d'une certaine époque) a toujours interrogé, remis en question et retravaillé en profondeur les conditions de production disponibles et historiquement déterminées. La musique électroacoustique ne fait pas exception, tout au contraire : ses démarches les plus intéressantes fournissent un exemple éclatant de ce fait-là [Di Scipio 1997a et 2013a]. Les auteurs des œuvres électroacoustiques les plus emblématiques ont souvent conçu et créé leurs propres appareils et leurs propres outils de travail, avant de les voir repris et retravaillés par la logique de l'« innovation technologique » des forces productives du cadre économique dominant (d'abord le libéralisme capitaliste moderne, ensuite le néolibéralisme pancapitaliste postmoderne).

3.4.1 Déterminisme, hyperproductivité, contre-productivité

La dernière observation renvoie à un modèle à deux temps proposé depuis longtemps par l'analyse des processus technologiques dans différents contextes sociaux [Flichy 1995] : selon ce modèle, on assiste d'abord à l'émergence de pulsions originales par l'initiative de forces culturelles dynamiques pas encore institutionnalisées, et ensuite on assiste à l'encadrement et à la normalisation de telles pulsions novatrices, développées alors par un déterminisme technologique plus général qui façonne fortement leurs fonctions et leur impact dans des contextes professionnels et dans un contexte social plus large. Dans ce modèle, la phase la plus mature et déterministe nous fait oublier les connotations initiales plus originales et créatives, ou même dérangeantes, et cela permet que les contenus techniques soient alors standardisés et présentés systématiquement en termes simplistes et idéologisés, en légitimant le déterminisme et en installant ou renforçant le dispositif technocratique dans les manières de penser les plus diffusées.

Dans le cadre des moyens de production contemporains, le but est de produire des « biens musicaux » et de les faire circuler et consommer de manière toujours plus massive. En régime productiviste, la productivité se transforme en hyperproductivité, et cela demande (et effectivement produit) la correspondante hyperconsommation. Dans ce cadre, les infrastructures techniques et les relations commerciales deviennent, de toute évidence, bien plus décisives par rapport aux biens produits eux-mêmes, et surtout elles deviennent immensément plus importantes que les formes de sensibilité et d'expérience vécue rendues possibles par de tels objets. On pourra dire alors que la musique se glisse dans un régime de « contre-productivité », pour reprendre une notion éclairée désormais depuis longtemps [Illich 1975, Depuy et Robert 1976].

Troisième Partie

En régime de contre-productivité, « passés certains seuils critiques de développement, la production devient un obstacle à la réalisation des objectifs qu'elle est [idéalement] censée servir » : par exemple « la médecine détruit la santé, l'école abêtit, le transport immobilise et les communications rendent sourd et muet » [Vandenberghe 1997 : 38]. De façon similaire, l'hyperproduction technicienne et la fixité des rapports de pouvoir impliquées par la plupart des productions de musique, privent soit les pratiques de création soit les pratiques d'écoute musicale de leur potentiel communicatif et de relation humaine. On pourra bien dire que l'hyperproduction et l'hyperconsommation de biens musicaux nous rendent sourds au son en tant que « milieu en commun », en tant que milieu où se déroulent des « événements de relation » et où on prête l'oreille à des solidarités. Il semble alors qu'on puisse appeler « musique » quelque chose qu'on achète et qu'on vend, quelque chose qui, en vérité, vide l'expérience du sonore en tant qu'expérience des relations humaines, et vise à la désensibilisation des facultés auditives et à la décontextualisation des processus de subjectivation (l'hyperproductivité musicale fonctionne alors en dispositif d'anesthésie... ainsi qu'en source de pollution).

De nos jours, cette situation connaît une accélération formidable, visant uniquement à la production et consommation rapide de fichiers audio, de gadgets de *virtual reality* et d'*apps* toujours « nouveaux », à la prolifération extrême d'outils de communication désormais omniprésents dans notre vie et tellement envahissants. Parmi les conséquences les plus importantes, on peut compter les deux suivantes :

- dans l'ensemble, tous ces outils finissent par constituer effectivement un véritable milieu d'existence (le seul, pour beaucoup de gens complètement absorbés dans le consumérisme total). C'est une image du *devenir-milieu* de la technique, ou mieux du *devenir-milieu-sonore* des technologies audio ;
- c'est désormais la musique qui sert à vendre les médias, plus que ce sont les médias qui servent à vendre la musique.

Question de moyens et fins

Or, il est clair que tout cela se rattache à des processus politiques de niveau beaucoup plus vaste qui concernent, en fin de compte, le marché et sa mondialisation, voire la suprématie d'une idéologie « économiste », c'est-à-dire, la tendance à regarder tous les aspects de l'existence individuelle et sociale en termes économiques. Pour ce qui nous concerne ici, il faut aussi souligner les positions souvent très simplistes et inappropriées communes chez la plupart des

Troisième Partie

compositeurs et des artistes sonores (et chez la plupart des critiques et musicologues, bien entendu), qui, face à ce contexte d'existence hypertechnicisé, semblent inévitablement se diviser en deux parties opposées – les *technolâtres* et les *technophobes*. En vérité les deux, quoiqu'en contraste entre eux, partagent une compréhension naïve de la rationalité instrumentale et « techno-logique » des dispositifs culturels de l'âge contemporain ; en fin de compte, les uns comme les autres finissent par valider et renforcer l'idéologie dominante du déterminisme technologique comme base d'un progrès économique indéfini. Il n'est pas du tout surprenant d'observer que plusieurs positions justement contraires au discours technocratique n'obtiennent bien souvent rien de plus que de renforcer – par leur critique – le culte du progrès technique [Thuillier 1995 : 267 et *passim*].

On peut dire que les conditions courantes de l'expérience musicale font suite, semble-t-il, à une convergence économiquement bien capitalisable et effectivement triomphante dans l'âge contemporain : la convergence du technique et de l'esthétique. Ou, plus précisément, à la soudure entre un idéalisme de la technique et de l'esthétique : la soudure entre le privilège que l'esthétique kantienne attribuait au « plaisir désintéressé » et l'inclination machiavélique selon laquelle « la fin justifie les moyens » (où, à l'ordre des « fins », appartiennent la qualité esthétique, la beauté, l'intéressant, l'*Unheimliche*, etc.). Cela naturellement se renverse dans une formidable accessibilité de « moyens sans fins » [Agamben 1995], à savoir de moyens (presque) indéterminément disponibles dont les finalités toutefois n'ont plus de signification.

On peut se demander si cette situation est encore souhaitable ou soutenable – c'est-à-dire, si l'on doit encore accepter une perspective (qui ne concerne pas seulement la musique et les arts, évidemment, mais toute forme de relation humaine que l'on considère de valeur esthétique) pour laquelle on attribue aux moyens matériels une importance secondaire par rapport aux finalités esthétiquement souhaitables, avec la conséquence de multiplier les moyens à l'infini et ainsi renverser des finalités idéalisées en des « contre-finalités » effectives. Par contre, on peut se demander si l'on doit considérer l'ensemble des techniques et des appareils conçus pour faire du son et de la musique en tant que contexte fondamental et vital dans lequel apprendre à définir et construire nos possibilités d'action et d'expression, subjectives et collectives [Di Scipio 1997a et 2013a]. C'est par un travail portant sur les conditions d'action qu'effectivement prennent existence et se développent les processus de subjectivation dont toute création et toute imagination des fins consistent (comme le soulignent les exemples de musique expérimentale les

Troisième Partie

plus fertiles). Tout art consiste en une forme particulière d'équilibre dynamique et de codétermination entre moyens et fins.

Comme je le suggère plus haut, les politiques contemporaines du son matérialisent dans leurs outils et systèmes techniques une véritable *biopolitique de la musique*, à savoir le contexte où nous travaillons les conditions d'existence de la musique [Di Scipio 2012 et 2015]. Comment musiciens et artistes sonores ne peuvent-ils pas ressentir ce contexte-là comme décisif pour leur travail, pour leur liberté d'action et d'expression – donc pour leur existence même ? Approcher les conditions de travail et d'expérience de manière créative, en se les appropriant de façon critique et compétente – c'est justement cela qu'ils ont fait à travers l'histoire.

Or, on ne doit pas oublier qu'il y a aussi des démarches artistiques et de recherche, généralement peu connues, qui semblent effectivement s'adresser aux technologies du son et de la musique de façon plus consciente, plus inventive et potentiellement capable de déconstruire – à leur petit niveau – un certain nombre de lieux communs typiques du discours technocratique. Nous en avons mentionné quelques-unes, dans différents passages de cette thèse. Ici, on pourra rappeler quelques lignes directrices générales, à notre avis très intéressantes dans la mesure où elles peuvent témoigner soit d'un changement, d'une « transition » vers une attitude différente par rapport aux technologies, de type plus responsable et plus fertile à la fois ; soit d'une fonction plus active des pratiques de création et d'écoute dans un contexte social par ailleurs (presque) complètement absorbé dans une idéologie de la croissance économique indéterminée, ainsi que dans une idéologie réductionniste et consumériste du son et de l'écoute.

Pratiques de création « en transition »

La transition la plus générale qu'il faut rappeler est celle du passage d'un paradigme esthétique centré sur les « œuvres » à un paradigme centré sur les « pratiques ». Très souvent examiné récemment, il s'agit de passer d'un discours portant sur des « textes » fixés sur support (partition ou enregistrement sonore, par exemple) à un discours portant sur l'implication dans le processus opératoire de la création et sur la « performance », et portant aussi sur le réseau de médiations hétérogènes ayant un rôle déterminant dans les pratiques performatives [Small 1998, Born 2010]. On pourra aussi rappeler la distinction d'ordre théorique plus général entre la « poïésis » et la « praxis », consistant au fait que la première résulte de la nécessité dans des actes d'inscription sur des supports physiques, tandis que la seconde n'a pas besoin de cela [Ferraris 2009 : 185 et *passim*]. Pour les hiérarchies esthétiques traditionnelles, c'est la poïésis qui, grâce

Troisième Partie

aux inscriptions et aux objets qu'elle produit (par exemple les signaux sonores fixés de façon permanente sur des supports de mémoire électroniques), se donne en tant que domaine d'élection de la création artistique. La transition que nous voudrions évoquer renverse cette idée : c'est parce qu'elles visent moins à produire des inscriptions objectivables et plus à créer des comportements, des relations, des actes psychiques, que les pratiques peuvent être pensées comme expressives du contenu humain concret de l'expérience artistique et particulièrement musicale [Small 1998].

À notre avis, ce qui a une importance capitale est que, particulièrement en conditions de performance (expérience directe en temps réel et espace réel), les pratiques se donnent en tant que *dispositifs de subjectivation* plutôt que de *production d'objets*. Des tels dispositifs sont effectivement plus difficiles à réifier et à marchandiser. En même temps, ils peuvent s'ouvrir à d'autres manières d'aborder le son et la musique en raison de la centralité assignée à l'« ici-et-maintenant » de l'expérience performative et d'écoute, c'est-à-dire, en raison soit d'une forte implication du corps en tant que site de sensibilité et de cognition, et d'une forte contextualisation de l'expérience, soit d'un accent particulier sur l'existence éphémère du son (« éphémère » en sens proprement tragique : destinée à naître et mourir bientôt).

Dans ce type de problématique, se cache aussi une question d'ordre différent, médiologique, dont on a déjà discuté plus haut [3.2.6], à savoir la question du dépassement de la « reproductibilité technique » du son et de la musique, paradoxalement poursuivi dans des contextes opératoires profondément technologisés (intermédialité, diffusion immersive et stratifié du son, dimension tactile et proximité des corps, etc.). C'est donc à l'époque (*post-benjaminienne*) de la *non-reproductibilité technique* que certaines pratiques visent à centrer l'expérience sur la dimension atmosphérique et sur la dimension médiale ou relationnelle du son, liées au temps et au lieu de l'événement sonore.

On peut rattacher cette question à toute une série de transformations plus particulières de la sensibilité, fondées sur des positions plus ou moins critiques à propos du discours technocentrique et de ses effets dans l'expérience vécue du son et de la musique. Dans les chapitres précédents on a mentionné la décontextualisation de la perception du son (généralisation et normalisation de l'attitude « schizophonique ») ; on a mentionné les observations critiques articulées par plusieurs auteurs à propos des notions schaefferiennes d'*objet sonore* et d'*écoute réduite*, en tant que basés sur la suspension des processus cognitifs écosémiotiques et sur la

Troisième Partie

déliation du son « en soi » de tout contexte physique et culturel environnant. En considération du rôle capital qu'il faut reconnaître soit aux technologies d'enregistrement et traitement du son soit à la théorie schaefferienne dans plusieurs tendances de la musique récente, les perspectives critiques signalent, dans l'ensemble, la nécessité de passer d'un art d'enregistrement, de manipulation et de représentation, à un art de participation, d'événements et de présences. Elles signalent la nécessité de se tourner vers l'expérience *située* et *incarnée* du son qu'une perspective réductionniste a contribué à marginaliser.

Certes, les moyens analogiques ou numériques d'enregistrement et de traitement du son en studio, de même que les possibilités de reproduction sonore plus ou moins « fidèle » et « immersive », ont donné naissance à des répertoires très significatifs de musique radiophonique, concrète, électronique, électroacoustique, y compris des véritables chefs-d'œuvre musicaux de la seconde moitié du XX^e siècle. Cependant, il est aussi évident qu'ils ont contribué à tourner le dispositif culturel de l'ingénierie *audio* en une superstructure cognitive à vocation réductionniste et justement objectivante, à l'ombre de laquelle les chefs-d'œuvre de la musique électroacoustique ne jouent pratiquement aucun rôle (sauf évidemment celui de produits culturels à côté d'autres). En matérialisant un ensemble de pulsions enracinées dans l'histoire de la réification du sonore [Sterne 2003], la culture audio a fini par mettre en action un recadrage profond de l'expérience auditive, axé sur l'objectivation du son et justement sur la « réduction à l'objet » de l'écoute (la locution « réduction à l'objet » est de Schaeffer). Nous avons suggéré au début de cette troisième partie qu'un tel recadrage de l'expérience du sonore et du musical représente aujourd'hui une véritable idéologie du son, c'est-à-dire une construction cognitive stratifiée et bien implantée agissant en tant que dispositif d'expérience à très grande échelle et nécessaire à un régime d'hyperconsommation d'objets sonores tels que la plupart des « biens musicaux ».

Or, à notre avis, cette forme d'idéologie n'informe pas seulement les musiques de production industrielle à grande échelle, mais aussi la plupart des démarches commercialement marginales caractérisées – *dans le marché* – en tant qu'expérimentales ou avant-gardistes. Comme on l'a écrit à propos de certaines institutions de recherche et production musicale « technologiquement avancées », la plupart des musiques contemporaines non commerciales suivent « le même modèle qu[e] les musiques commerciales, mais selon une autre optique » [Solomos 2016].

Troisième Partie

Nous voudrions suggérer qu'à une démarche technocratique, fondée sur une idéologie du sonore qui met ensemble une perception objectivante et une approche réductionniste de la connaissance, on a besoin d'opposer une attitude plutôt écologique et systémique, à savoir une attitude qui puisse connecter une perception contextualisante – ou « reliante » – et une perspective consciente de la complexité et de la richesse de l'expérience vécue. Cela est l'enjeu politique des pratiques se tournant de l'*objet sonore* à l'*événement sonore*, en renversant le paradigme réductionniste hégémonique. C'est probablement la transition la plus proche au cœur des questions qui nous concernent ici.

3.4.2 Tâche : relier économie de moyens et conscience écosystémique

Les observations faites jusqu'ici suggèrent que les pratiques alternatives au cadre idéologique et technocratique dans lequel, de nos jours, presque toutes les formes de musique ou d'art sonore sont prises, font face à une double tâche :

- une prise en charge et une (ré)appropriation des moyens technologiques et des compétences pertinentes (ce qu'on retrouve d'autre part dans plusieurs démarches parmi les plus intéressantes dans l'histoire de la musique électroacoustique et informatique) ;
- un travail portant sur les conditions de l'expérience contextualisée et vivante du son, c'est-à-dire un travail sur les dimensions « relationnelle » et « situationnelle » de l'expérience auditive en tant que milieu du musical.

Le défi plus important et difficile consiste à bien connecter ces deux tâches entre elles. Il est alors question de

- travailler les moyens, en les concevant en tant que conditions de possibilité du son et de la musique, et, en même temps,
- d'inclure les moyens parmi les agents impliqués dans l'écologie des relations (de connaissance, de pouvoir) donnant lieu à l'événement du son (ainsi qu'à l'éventuelle émergence de la musique).

En d'autres mots, il est question d'*aborder la création selon un principe d'économie de moyens*, afin de bénéficier d'une certaine autonomie (toujours relative) dans le travail productif, en parallèle avec l'autonomie (toujours relative) reconnue aux agents composant l'écosystème de

Troisième Partie

la création, de la performance, et de l'écoute. Naturellement cette « autonomie de travail productif » n'est rien d'autre que celle qu'on appelle d'habitude « autoproduction ». *L'autonomie du travail de création favorise (et est favorisée par) l'autonomie de l'écoute.* D'autre part, *une conscience écosystémique du son et de l'écoute favorise (et est favorisée par) une conscience écosystémique des conditions de travail créatif.*

C'est là probablement une voie possible pour sortir d'une logique de productivité et de consommation croissantes, dans la tentative de « décoloniser » (pour le dire avec Serge Latouche) le champ d'expérience du sonore et du musical des schémas cognitifs réductionnistes et objectivistes qui se prêtent à la réification poussée du son et, par là, à sa valorisation économique²⁷. Il s'agit de commencer à s'arrêter de penser le sonore en tant qu'objet ou matière, et de le penser plutôt en tant que milieu d'événements transitoires et situés, et plus particulièrement comme milieu « de relation » : il faut renouveler nos oreilles pour les tendre aux rapports de connaissance et de pouvoir effectivement actifs dans et à travers les outils et les possibilités d'action qu'ils ouvrent, en développant une attitude qui puisse déménager l'expérience du sonore hors du domaine de l'économisme dominant.

À la différence de l'objet sonore, l'événement sonore n'est destiné à rester vraiment que dans la chair et dans la mémoire humaines, ce qui peut nous conduire à considérer les pratiques d'écoute et de génération de musique comme cognition et élaboration du sens tragique de la vie – c'est-à-dire, comme l'occasion de finalement apprendre à naître et à mourir. À la différence de l'objet, l'événement ne cache pas les rapports de force et les dispositifs de production. Dans l'événement, le son n'est jamais « en soi », il reste toujours relatif au temps, au lieu, aux sujets en écoute. Il peut donc échapper à celle qui a été appelée « la seconde loi » de l'économie triomphante, selon laquelle « tout ce qui est fait doit être utilisé » [Latouche 1998 : 676]. En tant que contenu transitoire de l'expérience incarnée et située, l'événement sonore s'évanouit bientôt dans le bruit de fond. Il demeure effectivement irréductible, inutilisable dans des contextes autres, et de ce fait il n'aura aucune valeur monétisable, il n'est pas vendable.

²⁷ Dans [Latouche 2011], la nécessité de « décoloniser » l'imaginaire s'accompagne du besoin de « déséconomiser » la structure des relations sociales. La seconde indication se rattache à d'autres proposées dont l'idée centrale est de « sortir de l'économie » sur la base d'une critique néomarxienne de la valeur (cf. le débat dans [Jappe et Latouche 2014]).

Troisième Partie

L'événement sonore demeure unique dans l'unité de temps et lieu de tout contexte d'action. C'est justement au moment de son existence plus ou moins brève, que nous éprouvons et faisons expérience de quelque chose qui est en train d'agir sur l'environnement et sur nous-mêmes, quelque chose que nous sommes à la fois en train de conditionner, limiter, générer, raviver – mais seulement pour le révéler sans valeur au-delà et au-dehors du sens qu'il peut avoir dans notre conscience d'écouteurs ou générateurs de sons et dans nos relations au contexte alentour.

Pratiquer ses moyens, pratiquer son environnement

Il y a un certain nombre de pratiques s'approchant de la double tâche dont nous parlons, naturellement selon des sensibilités esthétiques plutôt différentes entre elles, irréductibles à un « style » ou à une démarche esthétique-musicale particulière. Dans l'ensemble, il s'agit évidemment de pratiques qui explorent des ressources diverses, entrecroisées entre elles et manipulées « en direct », à savoir « dans le vif » du moment de la performance (*live* en anglais, *dal vivo* en italien).

Dans cette thèse, nous nous sommes intéressés surtout à de situations performatives où agents humains et non humains (l'environnement concret de la performance, ainsi que les dispositifs électroniques et mécaniques effectivement utilisés) forment un réseau interactif hybride vécu en tant qu'« écosystème performatif » : dans une telle perspective, les fragilités et les défaillances des agencements interactifs, fortement liés au lieu et à l'heure, sont expérimentées par les performeurs et par les auditeurs comme conditions vitales et décisives, quoique contingentes, plutôt que comme limitations marginales ou même nocives, éloignées de toute conception idéal(istiqu)e du son « en soi » et de la musique « en tant que telle ».

D'autre part, on peut élargir le discours, et mentionner aussi les nombreuses approches d'installation sonore « *in situ* » (*site-specific*) et d'autres parcours artistiques où la projection du son dans des espaces fictifs ou imaginaires et tout effet de « spatialisation » sont mis de côté au bénéfice d'une plus profonde conscience de l'espace réel partagé et d'une certaine économie dans les moyens utilisés. Nous pourrions mentionner également l'exploration, en concert, d'instruments musicaux « pauvres » ou « diminués », par opposition aux « instruments augmentés » très en vogue dans la recherche musicale de ces jours-ci. Plusieurs auteurs (parmi lesquels [Bowers et Archer 2005, Green 2013, Rebelo 2014]) construisent des « infra-instruments » (instruments ayant des possibilités très limitées, très idiosyncratiques dans leur façon de fonctionner et souvent conçus par hybridation de technologies différentes). On voit là

Troisième Partie

une attitude de « bricoleur engagé » opposée à celle des « hyper- » ou « méta-instruments » développés dans certains centres de recherche d'informatique musicale bien financés. C'est une démarche qu'on peut rattacher volontiers à l'exploration de nouvelles techniques de jeu des instruments musicaux, lorsqu'elles ne sont pas utilisées comme simples « effets spéciaux » dans un contexte d'écriture instrumentale/vocale plus traditionnel [Di Scipio 2020].

De plus, on peut mentionner l'exploration de circuits électroniques recyclés ou fabriqués à la main [Davies 1981, Collins 2009], ainsi qu'un certain retour aux technologies analogiques et même purement mécaniques, parfois hybridées avec des outils de contrôle numériques (c'est notamment le cas du travail du compositeur et chercheur italien Andrea Valle [2011], et d'autres, intéressés à une « synthèse mécanique du son » [Berdahl *et al.* 2010]). Ou encore certaines pratiques alternatives de prise, enregistrement et reproduction du son qui brisent « la tendance à [...] masquer le *hic et nunc* de l'événement sonore [et qui visent] au contraire à en rendre compte » [Bonnet 2005 : 30]²⁸. Enfin, on pourra également mentionner l'ensemble des approches d'« improvisation radicale », aujourd'hui basculant entre l'exploration consciente de dispositifs hybrides autoconstruits [Mattin et Iles 2009, Santacesaria 2018] et les extrêmes de nihilisme de la musique *noise* [Hegarty 2007, Benhaïm 2013].

Dans toutes ces différentes perspectives, en mesure variable, les qualités formelles de l'œuvre deviennent généralement secondaires et sont échangées pour ce que nous pouvons appeler un certain « artisanat du risque » : la puissance et l'efficacité des appareils sont échangées avec une économie très serrée de moyens ; la délégation des médiations – qui est effectivement la fonction de toute technologie – est réduite autant que possible, voire remplacée par un engagement direct des artistes dans les compétences techniques. En effet, il s'agit « de faire plutôt que d'être fait », à savoir de saisir « l'opportunité de faire notre monde » au lieu de le laisser aux lois du marché [Prévost 2009 : 58]²⁹. En outre, tout fétichisme sonore, tout jeu illusionniste d'espaces imaginaires, tout dispositif de décontextualisation, est échangé au bénéfice d'une phénoménologie des espaces matériels, des endroits partagés et des corps, avec connotations culturelles particulières et irréductibles.

²⁸ Dans l'article cité, Bonnet nous parle de son travail sur une série d'œuvres du compositeur et artiste sonore Frédéric Mathevet.

²⁹ Je prends la traduction française de ce passage dans [Solomos 2013 : 153].

Troisième Partie

Dans de telles pratiques « en transition », les conditions du travail de la création et de la performance sont littéralement audibles : elles sont saisissables comme l'écologie des relations donnant lieu à l'événement sonore. Ces pratiques suggèrent que cela, *in fine*, vaut également pour les conditions d'expérience relatives à d'autres pratiques de musique et d'art sonore, où l'écoute, en tant qu'expérience vécue, est irréductible uniquement à l'appréciation esthétique des structures formelles et narratives.

3.5 Conclusion (pour en finir avec le jugement exclusivement esthétique)

Les pratiques d'art sonore et de musique que nous venons de mentionner (et bien d'autres qu'on ne peut pas rappeler ici) relèvent évidemment de directions différentes de la création contemporaine. Ce qui permet de les rassembler n'a que peu à voir avec des questions d'esthétique. Comme on l'a suggéré plus haut, elles partagent une perspective qui se penche moins sur les qualités purement esthétiques des objets produits (et leur valorisation économique) et plus sur les formes de relation et d'interconnexion entre les acteurs qui appartiennent au contexte d'action (et leurs liens de solidarité). Il s'agit donc d'une attitude qui assigne à la praxis de l'art la capacité de soulever des interrogations du type justement éthique et politique à propos des contextes de production et des contextes d'écoute, voire à propos des conditions à partir desquelles on peut saisir l'émergence d'événements sonores passibles d'être accueillis en tant que musique. Pas de liberté d'expression sans liberté d'action : on ne sait pas pourquoi cela ne devrait pas s'appliquer dans le champs de la création et de la recherche artistique. Il s'agit d'une attitude, minoritaire mais indéniable dans sa réalité historique, qui se pose en contraste non plus formel mais concret et substantiel avec les différentes formes d'héritage, direct ou indirect, de l'idéalisme kantien – lequel, même si re-pivoté et refaçonné en sens post-moderniste, réclame encore aujourd'hui l'autonomie de l'esthétique et la gratuité de l'art.

Des critères de facture esthétique et d'efficacité ou puissance technique, devront alors être intégrés, compensés ou même remplacés par des critères d'audibilité de la responsabilité prise – ou déléguée – dans le réseau relationnel duquel émergent des sons. *Toute manière de faire du son et de la musique rend audible une façon particulière d'habiter le contexte des relations et des interactions directes et indirectes dans un environnement* : ce qui devient audible est justement la petite et fragile « écologie de l'action » de laquelle consiste la musique en tant qu'activité humaine située dans un milieu d'interactions à la fois physiques et culturelles. Les dispositifs impliqués par une telle écologie de l'action sont toujours historiquement déterminés ; cependant, ils sont constamment façonnés et réélaborés par chacun de ceux qui agissent à l'intérieur de celle-ci. Au fond, les façonner et les réélaborer est concrètement de notre responsabilité de musiciens, auditeurs, chercheurs, musicologues, etc.

Dans ce cadre, écouter – ou mieux *être en écoute* – devient l'acte performatif de prêter l'oreille à la responsabilité exercée dans les efforts faits pour générer des événements sonores.

Troisième Partie

Parmi ces efforts, nous comptons aussi l'effort fait par l'auditeur ou les auditeurs : écouter n'est jamais silencieux..., l'écoute revient (presque) toujours à une participation dans l'émission sonore et dans les circonstances d'émergence de la musique. Pour une perspective écologiquement informée, tout événement sonore se donne comme trace ou empreinte de gestes et d'interactions qui rendent audibles des énergies, des forces et des résistances étant facteurs matériels dans un contexte physique et culturel à la fois. Il faut apprendre à ne pas couper ces forces et ces résistances de l'expérience d'écoute, il faut apprendre à accueillir et entendre – *dans* les sons – la liberté d'action gagnée par les acteurs impliqués (y compris les auditeurs) afin que, du chaos des conditionnements et des conditions d'existence, données et/ou conquises, puisse sortir de la musique.

ANNEXE I

Écrits publiés pendant les années de doctorat

- Article « A constructivistic gesture of deconstruction. Sound as a cognitive medium », *Contemporary Music Review* vol. 33, n° 1, Routledge-Taylor and Francis, London, 2014.
- Article « Sound Object? Sound Event! Ideologies of Sound and the Biopolitics of Music », *Soundscape Journal*, vol. 14, 2014.
- Article « Sulla dimensione relazionale del suono », sur le site internet *Alefbet* (Marco Lugli editore), 2014.
- Livre *Polveri sonore. Una prospettiva ecosistemica della composizione* (écrits d'Agostino Di Scipio recueillis par Andrea Semerano ; avec articles d'Helga de la Motte Haber, Renaud Meric, Julia Schröder, Makis Solomos, Daniela Tortora, Laura Zattra), Rome, La Camera Verde, 2014.
- Article « The place and meaning of computing in a sound relationship of man, machines, and environment », dans *Actes de la International Computer Music Conference*, Université d'Athènes, 2014.
- Article (co-auteurs Rosario Diana, Luigi Maria Sicca et Giancarlo Turaccio) « Il paradigma del dono della musica », dans la revue *Fronesis. Filosofia, letteratura, arte*, n° 20, 2014.
- Article « Stochastics and Granular Sound in Xenakis' Electroacoustic Music », dans le livre *Xenakis. La musique electroacoustique* (sous la direction de Makis Solomos), Paris, L'Harmattan, 2015.
- Article « Edgard Varèse : la composizione come sintesi del molteplice », dans la revue *Musica+*, n° 41, 2015.
- Article « Politics of sound and biopolitics of music. Weaving together sound-making, irreducible listening, and the physical and cultural environment », dans la revue *Organised Sound*, vol. 20, n° 3, 2015.
- Direction de publication (co-directeur avec Paolo Zavagna) de la revue *Musica/Tecnologia*, n° 10 (numéro spécial « Le paradigme granulaire du son »), Université de Florence, 2016 (articles par Gianni De Poli, Agostino Di Scipio Dennis Gabor, Makis Solomos, Diemo Schwarz, Barry Truax).
- Article « Storia della musica e storia nella musica. Alcune riflessioni sulle pratiche elettroacustiche », *Musica/Realtà*, n° 114, 2016.
- Article « I quanta acustici di Gabor nelle tecnologie del suono e della musica », dans la revue *Musica/Tecnologia* (Université de Florence), n° 10, 2016.
- Article « Bruit et liberté. L'expérience incarnée du son dans ses dimensions éco-sémiotique et politique », dans la revue en ligne *L'Autre musique*, n° 4, 2016.
- Article « Objet sonore ? Événement sonore ! Idéologies du son et biopolitique de la musique », dans le livre *Musique et écologies du son. Propositions théoriques pour une écoute du monde* (sous la direction de Makis Solomos, Roberto Barbanti, Guillaume Loizillon, Kostas Paparrigopoulos, Carmen Pardo), L'Harmattan, Paris, 2016.
- Article « Dwelling in a Field of Sonic Relationships. 'Instrument' and 'Listening' in an Ecosystemic View of Live Electronics Performance », dans le livre *Live-Electronic Music. Composition, Performance and Study* (sous la direction de Friedmann Sallis, Laura Zattra, Ian Burle, et Valentina Bartolani), Londres, Routledge, 2018.
- Article (co-auteur Dario Sanfilippo) « Environment-Mediated Coupling of Autonomous Sound-Generating Systems in Live Performance: An Overview of the *Machine Milieu* Project », dans les *Actes du Colloque Sound & Music Computing*, Espoo (Finlande), 2017.
- Article « La ricerca musicale di Jean-Claude Risset », dans la revue *Musica+*, n° 43, 2017.

Article « Storia *della* musica e storia *nella* musica. Alcune riflessioni sulle pratiche elettroacustiche », dans la revue *Musica/Realtà*, n° 114, 2017.

Article « Pratiques musicales, technologies contemporaines, économie de moyens. Quelques remarques générales », dans le livre *Transitions des arts, transitions esthétiques : processus de subjectivation et des-croissances* (sous la direction de Roberto Barbanti, Kostas Paparrigopoulos, Carmen Pardo Salgado, Makis Solomos), Paris, L'Harmattan, 2017.

Article (co-auteur Dario Sanfilippo) « Defining “Ecosystemic Agency” in Live Performance. The *Machine Milieu* Project as Practice-Based Research », dans la revue *Array* (numéro spécial « Agency », sous la direction de Miriam Akkerman et Rama Gotfried), International Computer Music Association, 2019.

ANNEXE II

Œuvres (par l'auteur) citées dans le texte

- 2 pièces de surveillance et d'écoute** (flûte, dispositif de traitement audionumérique), 2009-2012
Création : Rome, Fondazione Scelsi, Manuel Zurria, 2012
- 2 pièces avec répertoire de musique pour cordes** (nombre indéfini d'instruments à cordes, lecteur mp3, écouteurs portables, archives sonores divers, dispositif de traitement audionumérique), 2009-2012
Commande : Federico Placidi. Création : Milan, Spazio O, Èdua Zádory, Ana Topalovic, Matteo Milani, Federico Placidi, 2012
- 3 morceaux muets** (piano et dispositif de traitement audionumérique), 2005
Création : Milan, Società Umanitaria, Ciro Longobardi, 2005
- 5 interactions circulaires aux différences sensibles** (quatuor à cordes et dispositif de traitement audionumérique), 1997-1998
Commande : CEMAT Rome. Création : Rome, Acquario Romano, Quatuor Prometeo, 1998
- Chorale** (plusieurs vocalistes avec microphones et amplificateurs de guitare électrique, 2014)
Création : Graz, MUMUTH – Gyorgy Ligeti Salle, 2015
- Condotte pubblica** – installation (deux tuyaux en métal, microphones miniature, écouteurs portables, archives sonores divers, dispositif de traitement audionumérique), 2010-2011
Commande : Galerie Mario Mazzoli, Berlin. Création : Berlin, Galerie Mario Mazzoli, Berlin 2011
- Dal fondo** (piano, lecteur mp3, haut-parleurs de table, archives sonores divers, dispositif de traitement audionumérique), 2014-2015
Commande : INA-GRM, Paris. Création : Paris, festival Multiphonies, Radio France – Salle Maessian, 2015
- Écosystème audible n° 1a – Étude de la réponse impulsionnelle** (dispositif de traitement audionumérique), 2002
Création : Stoke-on-Trent, Keele University, Kurt Hebel, 2002
- Écosystème audible n° 1b – Étude de la réponse impulsionnelle** (clavettes et dispositif de traitement audionumérique), 2009
Création : Montpellier, Théâtre La Vignette, 2010
- Écosystème audible n° 2a – Étude du feedback** (dispositif de traitement audionumérique), 2003
Création : Ghent, IPEM – Voorhuit, 2003
- Écosystème audible n° 2b – Étude du feedback, installation** (dispositif de traitement audionumérique), 2004
Création : Mainz, Johannes Gutenberg Universitaet 2004
- Écosystème audible n° 3a – Étude du bruit de fond** (dispositif de traitement audionumérique), 2004-2005
Commande : DAAD Berliner Künstlerprogramme. Création concert : Berlin, Inventionen – Podewils'chen Palais, 2005
Création installation : Naples, Associazione Scarlatti, Castel S. Elmo, 2016
- Écosystème audible n° 3b – Étude du bruit de fond, dans le canal vocale** (bouche et traitement audionumérique), 2004-2005
Commande DAAD Berliner Künstlerprogramme. Création : Berlin, Inventionen – Podewils, Natalia Ptschenischnikova, 2005
- Écosystème audible n° 3c – Étude du bruit de fond, avec actions silencieuses** (dispositif traitement audionumérique), 2014
- Écosystème audible n° 4 – Étude du silence** (dispositif traitement audionumérique, son d'ambiance sur support), 2019
Création : Paris, Centre national de la Danse, 2019
- Impédance** (plusieurs microphones et amplificateurs de guitare électrique), 2014
Création : Perth, Ensemble GreyWing, 2019
- Les débris de la contingence** (violon, dispositif de traitement audionumérique), 2017
Commande : Maison des Arts Sonores, Montpellier. Création : Montpellier, festival Klang !, Aisha Orazbayeva et Peiman Khosravi, 2017
- Machine Milieu** – coauteur Dario Sanfilippo (deux dispositifs de traitement audionumérique, microphones, haut-parleurs, etc.), 2014
- Modes d'interférence n° 1** (système de feedback autonome, avec trompette et dispositif de traitement audionumérique), 2006
Commande : ZKM Karlsruhe. Création : Karlsruhe, ZKM Kubus, Marco Blaauw, 2006
- Modes d'interférence n° 2** (système de feedback autonome, avec saxophone et dispositif de traitement audionumérique), 2007

Annexes

Création Karlsruhe, ZKM Kubus, Pedro Bittencourt, 2012

Modes d'interférence n° 3 (système de feedback autonome, avec trois ou plus guitares électriques et dispositif de traitement audionumérique), 2007

Création installation : Naples, Jardin du Conservatoire de Musique, 2007. Création concert : Brugge Concertgebouw, Stefan Prins et Zwerm Ensemble, 2009

Modes d'interférence n° 4 – Installation (système de feedback autonome, avec quatre amplificateurs de guitare électrique démantelés), 2010-2011

Création : Berlin, Galerie Mario Mazzoli, 2011

Koinoi Topoi (auditeurs avec lecteurs MP3, archives sonores divers, dispositif audionumérique), 2015-...

Sans titre 2005 – Installation (microphones, haut-parleurs, dispositif de traitement audionumérique), 2005

Commande : DAAD Berliner Künstlerprogramm. Création : Berlin, DAAD Galerie, 2005

Sans titre 2008 – Installation (microphones, haut-parleurs petits, haut-parleurs subwoofers grandes, traitement audionumérique), 2008

Commande : Inventionen – DAAD Berliner Künstlerprogramm. Création : Berlin, Inventionen – Villa Elisabeth, 2008

Sans titre 2011 (solo voix de femme avec microphone, amplificateur de guitare électrique, sons sur support), 2011

Commande : festival Milano Musica. Création : Milan – Auditorium S. Daniele, Silvana Torto, Alvis Vidolin, 2008

Sans titre 2016 – Installation (microphones, haut-parleurs petits, haut-parleurs, traitement audionumérique, paysage sonore), 2015-2016

Commande : SPOR festival Aarhus. Création : Aarhus – Kunsthall, 2016

Stanze private – Installation (récipients en verre, microphones miniature, écouteurs portables, archives sonores divers, dispositif de traitement audionumérique), 2007-2008

Commande : Galerie Mario Mazzoli, Berlin, 2008. Création : Berlin, Galerie Mario Mazzoli, Berlin 1998

Texture-Multiple (flûte, clarinette, violon, violoncelle, vibraphone, piano, dispositif de traitement audionumérique, 1993, révision 2000)

Création : Rome, Goethe Institut, Mutare Ensemble Frankfurt, 1994. Création révision : Berlin, festival Inventionen – Sophiensaele, Mosaik Ensemble, 2002

Upset – Coauteur Mario Gabola (circuits électroacoustiques recyclés, saxophone, divers archives audio, etc.), 2014.

Création : Naples, café-bibliothèque Perditempo, 2014

Violations de la présence (violon, dispositif de traitement audionumérique, son d'ambiance sur support), 2018

Commande : Lorenzo Derinni, Davide Gagliardi. Création : Wien – Echoraum, Lorenzo Derinni, Davide Gagliardi, 2019

ANNEXE III

Œuvres (par d'autres auteurs) citées dans le texte

- John Luther Adams – *The place where you go to listen* (installation de sons fixés et lumières, dans les Musées du Nord de l'Université de l'Alaska), 2004-2006
- Robert Ashley – *The Wolfman* (voix amplifié et bande magnétique), 1964
- David Behrman – *Wave Train* (piano, dispositifs électroniques divers), 1966
- David Behrman – *On the other Ocean* (dispositifs analogiques et ordinateur), 1966
- David Behrman – *Cello with melody-driven electronics*, 1974
- Mario Bertoncini – *Epitaffio in memoria d'un concerto* (trois sources sonores, dispositifs divers de traitement électronique), 1968
- John Bischoff – *Audio wave* (deux performeurs avec deux ordinateurs), 1980
- Pierre Boulez – *Anthèmes 2* (violon, dispositif de traitement audionumérique), 1997
- Pierre Boulez – *Répons* (six solistes, ensemble de chambre, dispositif de traitement audionumérique), 1981-1984
- Walter Branchi – *Intero* (diffusion de sons synthétisés par ordinateur dans des endroits divers, extra-musicaux), 1979-...
- John Cage – *Imaginary Landscape n° 1* (piano, percussion, deux tourne-disques), 1939
- John Cage – *4'33''* (quatre minutes trente-trois secondes de silence, avec piano et un pianiste immobile), 1952
- John Cage – *Radio Music* (un à huit performeurs avec chacun une radio), 1956
- John Cage – *Cartridge Music* (nombre indéfini d'interprètes avec micros contact, cartouches de phonographe, petits objets sonores amplifiés), 1960
- Nicolas Collins – *Pea Soup* (installation sonore basée sur un système de feedback autonome), 1976, révision 2001
- Nicolas Collins – *Pea Soup* version concert (avec un à trois instruments portables), 1976, révision 2001
- Mario Davidovsky – *Synchronism n° 1* (flûte et bande magnétique), 1963
- Hugh Davies – *Quintet* (cinq performeurs avec micros, amplificateurs, haut-parleurs), 1968
- John Driscoll – *A Hall is All* (dispositifs électroacoustiques automoteurs en feedback), 1986
- David Dunn – *Autonomous Systems — Red Rocks* (installation, dispositifs audionumériques placés en plain air, en campagne), 2007
- Brian Eno – *77 millions paintings* (installation multimédia automatisée), 2006
- Karlheinz Essl – *fLOW* (installation sonore automatisée), 1998
- Brian Ferneyhough – *Time and Motion Study II* (violoncelle et électronique), 1973-1976
- Percy Grainger – *Free Music n° 1* et *n° 2* (quatre thérémines), 1936
- Jonathan Harvey – *Advaya* (violoncelle, clavier numérique et dispositifs électroniques divers), 1994
- Lauren Hayes – *Sounding Out Spaces* (installation, micro-ordinateurs placés dans des espaces en plain air, en campagne), 2017
- Jean-Luc Hervé – *Germination* (ensemble, dispositif de traitement audionumérique, lecteurs mp3 et petits haut-parleurs disposés au sol de la place Igor Stravinsky à Paris), 2013
- Paul Hindemith – *7 Triostücke* (trois traonium), 1930
- George Lewis – *Voyager* (plusieurs morceaux avec trombone ou saxophone et dispositif de synthèse audionumérique), 1987
- Alvin Lucier – *Bird and person dyning* (performeur avec microphones, amplificateurs, haut-parleurs et cri d'oiseau), 1975
- Alvin Lucier – *Empty Vessels* (installation sonore avec micros, haut-parleurs, récipients en verre), 1997
- Alvin Lucier – *I am sitting in a room* (voix, système de délai et feedback), 1970
- Alvin Lucier – *Music for piano and amplified sonorous vessels* (piano, micros, haut-parleurs, récipients en verre), 1991
- Alvin Lucier – *Music on a long thin wire* (installation sonore avec un câble métallique et oscillateur électronique), 1977
- Michelangelo Lupone – *Grancassa* (grosse caisse, électronique), 1999
- Michelangelo Lupone – *Forme immateriali* (installation *site-specific* dans les fontaines de la Galerie Nationale d'Art Moderne de Rome), 2016
- Thomas Kessler – *Flute control* (flûte et dispositif de traitement audionumérique), 1994

Annexes

- Bruno Maderna – *Musica su due dimensioni* (flûte et bande magnétique), 1958
- Philippe Manoury – *Pluton* (piano, dispositif de traitement audionumérique), 1989
- Ian Maresz – *Metallics* (trompette et dispositif de traitement audionumérique), 1995
- Olivier Messiaen – *Fêtes des belles eaux* (six ondes Martenot), 1937
- Gordon Mumma – *Diastasis, as in Beer* (deux guitares électrique et console « cybersonique »), 1967
- Gordon Mumma – *Hornpipe* (cor et « console cybersonique »), 1967
- Gordon Mumma (coauteur David Tudor) – *Pepscillator* (installation/performance *site-specific*, deux performeurs avec système de feedback et traitements électroniques divers, dans le pavillon Pepsi de l'Expo de Osaka de 1970), 1970
- Tristan Murail – *Treize couleurs du soleil couchant* (cinq instruments et électronique *ad libitum*), 1978
- Toshimaro Nakamura – *NIMB* (plusieurs performances avec le « no input mixer board »), 2000-2010
- Max Neuhaus – *Times Square* (installation *site-specific* dans la place Time Square de New York), 1972
- Luigi Nono – *Das Atende Klarsein* (flûte basse, petit chœur et électronique), 1980-1981
- Luigi Nono – *A Pierre – dell'azzurro silenzio. Inquietum* (flûte basse, clarinette contrebasse et électronique), 1985
- Luigi Nono – *Post-Praeludim per Donau* (tuba et électronique), 1987
- Luigi Nono – *Découvrir la subversion. Hommage à Jabès* (contralto, basse, récitante, flûte, tuba, cor et électronique), 1987
- Luigi Nono – *La lontananza nostalgica utopica futura* (violon et huit bandes magnétiques), 1988
- Pauline Oliveros – *Inside outside Space* (voix, quinze instruments et dispositifs électroacoustiques), 1991
- Gordon Pask – *A Colloquy of Mobiles* (installation avec électro-mécanismes automateur divers), 1968
- Gordon Pask – *Musicolour* (performance/installation avec musiciens et système automatique de contrôle lumière), 1953
- David Pirrò, Georgios Marentakis et Raphael Kapeller – *Zwischenräume* (installation avec micros, haut-parleurs, dispositif de traitement audionumérique), 2014
- Henry Pousseur – *Paraboles-Mix* (performance avec huit bandes magnétiques et quatre magnétophones), 1972
- Godfried-Willem Raes – *Hex* (violon et dispositifs électroacoustiques contrôlés par ordinateur), 1987
- Pedro Rebelo – *Netrooms. The long feedback* (installation/performance ouverte à plusieurs participants, avec microphones, haut-parleurs et connexion internet), 2010
- Dario Sanfilippo – *Order from noise* (dispositif de traitement audionumérique), 2018
- Salvatore Sciarrino – *Noms des aires* (installation *site-specific*, dispositifs divers de traitement audionumérique dans le caves de vin Redi de Montepulciano, 1994)
- Karlheinz Stockhausen – *Kontakte* (piano, percussions, bande magnétique), 1959-1960
- Karlheinz Stockhausen – *Mikrophonie I* (six performeurs avec tam-tam, filtres, potentiomètres), 1964
- Karlheinz Stockhausen – *Mikrophonie II* (chœur, organe Hammond, quatre modulateurs en anneau, bande magnétique), 1965
- Karlheinz Stockhausen – *Solo* (instrument mélodique et système de délai), 1966
- James Tenney – *Saxony* (un saxophoniste avec quatre saxophones et système de délai), 1978
- David Tudor – *Fluorescent Sound* (dispositifs électroniques divers pour le traitement du bourdonnement et des résonances d'un système d'éclairage à tubes fluorescentes), 1964
- David Tudor – *Microphone* (dispositif électroacoustique en feedback), 1973
- David Tudor – *Rainforest IV* (installation sonore avec dispositifs et objets sonores divers, avec la participation des visiteurs), 1974
- David Tudor (coauteur Gordon Mumma) – *Pepscillator* (installation/performance *site-specific*, deux performeurs avec dispositifs de feedback électroacoustique et traitements divers), 1970
- Michael Waiswiz – *The Hands* (un performeur avec trois synthétiseurs digitales contrôlés par dispositif gestuel « the hands »), 1986
- Iannis Xenakis – *Analogique A et B* (neuf cordes et bande magnétique), 1958-1959
- Iannis Xenakis – *Terretektorh* (orchestre de 88 membres éparpillés dans le public), 1965-1966
- Marino Zuccheri – *Parete 1967 per Emilio Vedova* (installation *site-specific*, sons fixés sur bande magnétique, pour une exposition du peintre Emilio Vedova, à Arsenal de Venise), 1967

ANNEXE IV

Agostino Di Scipio

Écosystémique audible n° 4 *Étude du silence*

(2018-19)

Research and experimentation behind this work was started along with the preparation of **Untitled 2016 (Ecosystemic Sound Installation)** (Aarhus Kunsthall, SPOR festival, 2016) and was finalized across several presentations. Avant-premières took place in Latina (Italy) (festival Le Forme del Suono, May 24th, 2018) and Köln (GIMIK, December 12th, 2018). First complete performance took place at Centre Nationale de la Danse, in Pantin (Paris), during the *Secondes Rencontres Arts, écologies, transitions* (organized by faculties of the Université Paris 8, May 17th, 2019). The following text was printed in the latter occasion:

Écosystémique audible n° 4 - Étude du silence est une œuvre conçue pour un minimum de ressources électroacoustiques et numériques. Œuvre fortement « située », lors de la performance, elle émerge du silence (toujours relatif) du lieu, c'est-à-dire du bruit de fond capté par quelques microphones. Ce « son de rien » est sous-échantillonné par l'ordinateur et diffusé à travers les haut-parleurs comme un nuage de petites impulsions, une poussière sonore plus ou moins dense. Il est aussi échantillonné et immédiatement renvoyé, plutôt amplifié, ce qui provoque le fameux effet Larsen (rétroaction excessive de la chaîne électroacoustique). Le bruit ambiant est également échantillonné et renvoyé avec un certain délai, ce qui entraîne une accumulation progressive des résonances dues à l'acoustique de la salle. Il est finalement modulé par du bruit numérique, en donnant lieu à des textures sonores à densité variable. Lorsqu'ils sont tous actifs, ces quelques processus créent un réseau d'interactions sonores, une unité systémique dont le processus global se déroule dans le temps de manière relativement autonome, selon des critères d'autorégulation que le compositeur rend dépendantes de l'acoustique du lieu. La performance est gérée de manière assez ouverte et improvisée, visant à mettre en évidence le potentiel sonore inhérent au couplage entre le dispositif électroacoustique-audionumérique et l'environnement sonore du lieu de la présentation. Aux sonorités issues de l'intérieur de la salle s'ajoute parfois le son de l'espace extérieur (des alentours).

Audio excerpts (stereo recordings made in the mentioned avant-premières) are available online (<http://agostinodiscipio.xoom.it/adiscipi/DiScipio.AESn4.wav>). They should only be understood as documentation materials.

The following **Instructions** are addressed to the person or people wanting to present this work, either as a live performance or as a live sound installation. As precise and prescriptive as they might seem, they necessarily omit a number of technical details and leave room to personal interpretations.

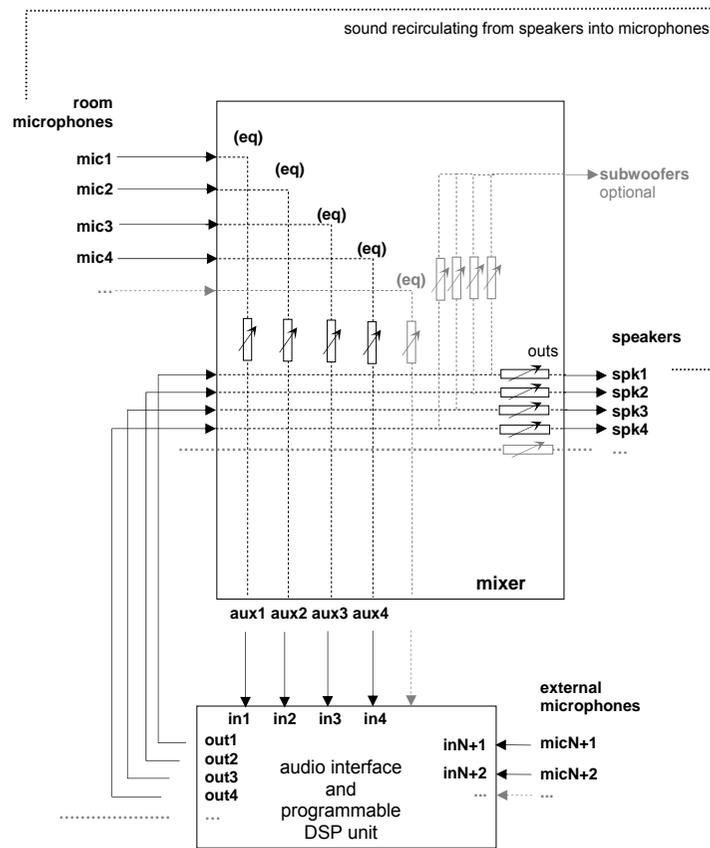
A **Description of the System Process** is also provided, with qualitative guidelines for performance and presentation.

INSTRUCTIONS

Technical Setup

- 4 or more condenser microphones (large membrane, cardioid or omni), to be placed in the room
- 2 or more condenser microphones (large membrane, cardioid or omni), to be placed outside the room (either open or closed spaces)
- 4 or more full-range loudspeakers (possibly full-range active studio monitors); one or more subwoofers should be added if available loudspeakers are far from being "full-range"
- mixer : minimum 4 mic inputs, 4 auxiliary sends, 4 independent group outputs (+ group output to subwoofers, if added)
- programmable real-time digital-signal-processing unit (computer + digital audio conversion interface)
- lighting system = as many spotlights as microphones and loudspeakers

Main Audio Connections



grey items = optional connections

Microphones

In the space where the performance takes place (hall or court) find different locations for the four microphones, such that they can cause audio feedback tones (Larsen effect) when loudspeakers are on and gain levels are accordingly adjusted. Choose locations not too close to the speakers, either inside or outside the area circumscribed by the speakers. Possibly, microphones should stand higher than the loudspeaker cones. All distances between microphones and speakers should be different, in order to maximize the chance for different feedback conditions (different Larsen frequencies). On the mixer, the microphone signals are not routed to the speakers directly, but through the DSP unit.

Outside the performance place, find any two or more locations for the external microphones, possible in an area that people attending the performance have to walk through, as they reach the performance place. These could be routed directly to the audio interface, as illustrated on the left (you may bridge them through the mixer, in case you need preamplification or equing).

Loudspeakers

Full-range studio monitors are preferred. If not available, use one or more subwoofers. Any combination of the four output signals can be sent to the subwoofer(s) in use.

Loudspeakers are lifted at man's average height (or higher) and placed close to (different) walls, possibly with the cones facing the walls. If available, wall surfaces made of different material (concrete, wood, glass, curtains) should be preferred.

Use more than four loudspeakers in case that seems convenient (e.g. in large spaces).

Mixer

Analog mixer, allowing level controls over the main audio connections (as illustrated on the left) and allowing easy access to parametric equalization over the individual input signals. In performance situations, it is recommended to explore equing options in order to bias the feedback loops (supporting, preventing and changing Larsen tones and other resonant feedback loops).

When presenting this work as an installation, ideally one could get rid of the mixer and route the mics directly into the audio interface pre-amplified and phantom-powered inputs, and connect the audio interface outs directly to loudspeakers. As you prepare the installation, you adjust input and output levels to find a satisfying balance, but of course you can't count on the equing options in order to bias the feedback loop (still you can experiment with the particular position of mics and speakers in the space, maximizing acoustical differences among them; also, you could eventually rely on the "acoustical shadows" introduced by body of the people visiting the installation, if the spatial arrangement of the equipment allows visitors to walk around).

Digital Signal Processing

The main DSP methods involved are described here as signal flow charts (comments and annotations are also included in order to better clarify technical details). The description is quite generic: in order to implement these methods from scratch, you can use any available software for developing real-time DSP functionalities. A Pure Data implementation can be requested from the composer (Pure Data is a free open source software that you can download on puredata.org). The latter is to be seen as the composer's own personal interpretation of the instructions presented here.

While the actual technical setup requires at least 4 room microphones and 4 loudspeakers, the following charts imply 1 room microphone input and 2 outputs to loudspeakers. This is to simplify the description (and also to leave room to different interpretations of the overall setting). Accordingly, [**room mic**] stands for any room microphone input or any combination of the room microphone inputs, and [**output**] stands for any combination of 4 different stereo pairs (e.g. spk1+spk2, or spk1+spk3, or spk1+spk4, or spk2 +spk3, etc). When using more than 4 outputs, find yourself a practical and convenient schema to map the 4 output signals to the n loudspeakers.

Each flow chart below represents a different DSP chain resulting into one or more signals (either audio or control signals). Resultant audio signals are either outputted as sound (through digital-to-analog converters) or dispatched through other DSP chains. Nominal audio signal range is $[-1, 1]$. Nominal control signal range is $[0, 1]$. All signals are assumed to be sampled at audio rate (44.1 kHz minimum). In some software environments, control signals are computed at lower rates, but they can still be converted to audio rate and interpolated in order to be also processed at audio rate. Digital sample quantization is assumed to be 16 bit minimum all throughout.

The following graphical conventions apply:

- white modules = audio signal processing

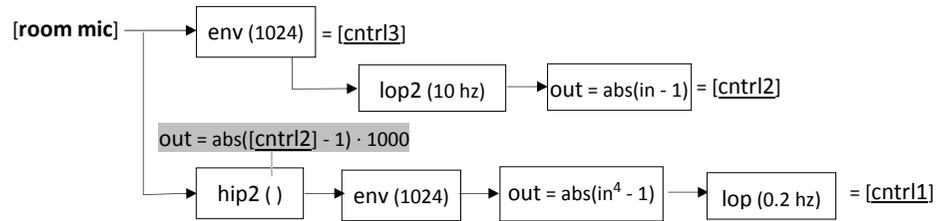
- grey modules = control signals, control variables or constants supplied to audio modules; can be a math expression including several of control signals, variables and constants

- control signal labels are underlined

- audio signal labels are in **bold** characters

- control variables (that you can directly access and change) are printed in *italic* characters

Control Signal Generation and Processing



Three control signals are generated (cntrl1, cntrl2 and cntrl3), based on the audio input (**input mic**). They are called back in the AUDIO SIGNAL PROCESSING charts (see below). Notice that the running value of cntrl3 is the basis for the generation of cntrl2, and that cntrl2 is involved in the generation of cntrl1.

env () = envelope follower = compute RMS values of successive chunks of (n) samples; signal chunk is windowed (Hanning window)

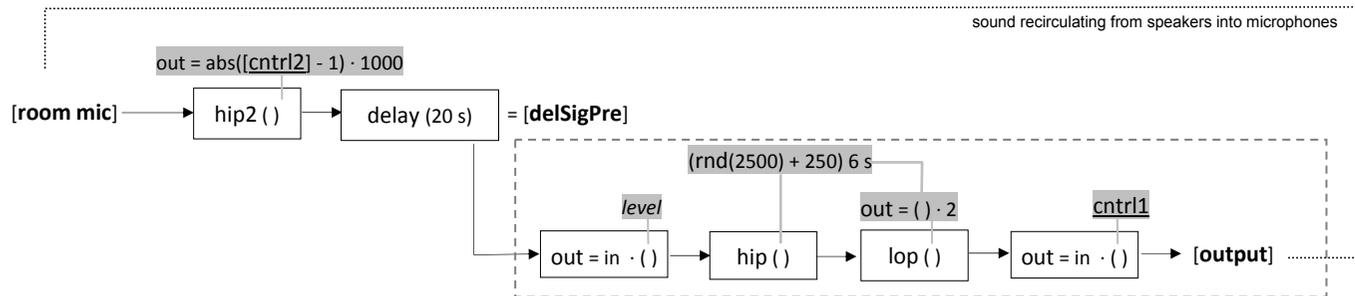
lop () = simple 1st order low-pass filter, with fixed frequency cutoff

lop2 () = simple 2nd order low-pass filter, with fixed frequency cutoff

hip2 () = simple 2nd order high-pass filter, with variable frequency cutoff (as you can see, it is to vary between 0 and 1000 in inverse proportion to cntrl2)

out = signal input (audio or control) is mapped and transferred to output. The mappings above include the *abs* function (absolute value of input) and simple math operations (multiply, exponentiation and subtraction)

Audio Signal Processing: Delay20



The input signal is hi-passed and delayed (20 seconds delay time). The delayed signal is labeled **[delSigPre]** (it is recalled with that label in other flow charts), and it is also scaled and submitted to simple high-pass and simple low-pass filters, with variable cutoff frequency. Cutoff frequency is controlled by a random number generator, outputting a new random value in the range between 250 and 2500 Hz every 6 seconds. Random cutoff values are doubled for the low-pass filter. The filtered signal is dynamically rescaled by cntrl1 and then sent to **[output]**.

Various instances of the sub-chain (marked by dashed line) should be implemented, one per microphone input. Use different number generators in order to provide the filters with different random sequences of cutoff frequency values.

Depending on *level* - as well as mic pre-amplification, speaker amplification, room acoustics, and the microphones' and the speakers' positions in the room - this complete DSP chain ends up creating a delayed feedback loop having variable frequency response (due to the random changes of filter cutoff). The cntrl1 control signals introduce a kind of automated level mechanism, blocking excessive feedback accumulation. All things remaining the same across a performance, the manually controlled *level* acts as a coarse control on the feedback gain, while cntrl1 acts as a finer control that avoids accumulating energy to a point of saturation.

hip2 () = simple 2nd order high-pass filter, with variable frequency cutoff.

delay () = simple delay line, with fixed delay time (20 seconds here). Only the delayed signal is output.

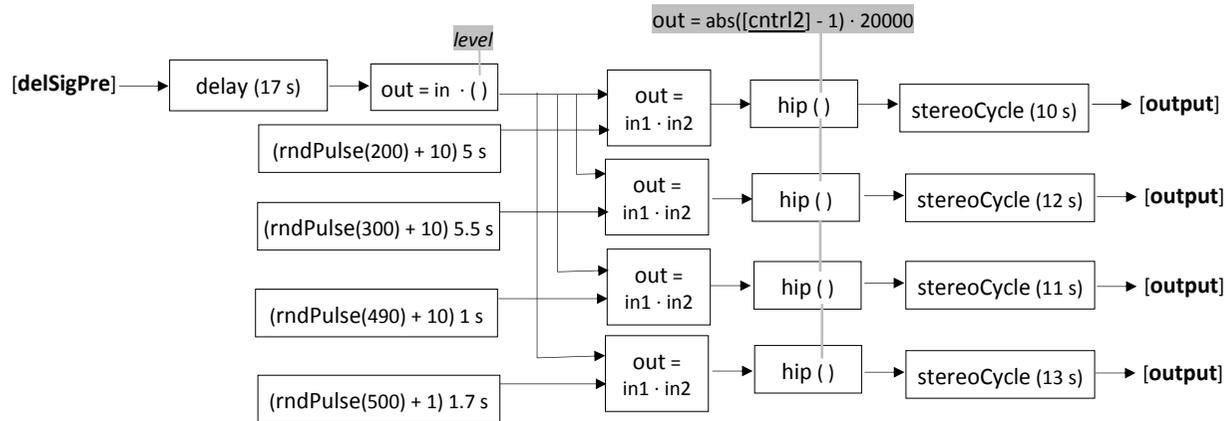
hip () = simple 1st order hi-pass filter, with variable frequency cutoff.

lop () = simple 1st order low-pass filter, with fixed frequency cutoff.

out = signal input is scaled and transferred to output

rnd () = random number generator, generation rate = 6 seconds; it is recommended to interpolate between subsequent random values, so that the new value is reached in about 200 msec.

Audio Signal Processing: RandPulseMod



The input signal is **[delSigPre]**, coming from the **Delay20** chain. It is time shifted (17 seconds delay time) and scaled, and then modulated (multiplied) by four different pulse trains (sequences of one-sample pulses of maximum amplitude). The average pulse time value is updated every some seconds, and varies randomly within specific ranges. Each pulse-modulated signal is passed through a hi-pass filter and then sent to a couple of output channels, with slow and periodic change in stereo panning between any two speakers (not the same).

`delay ()` = simple delay line, with fixed delay time (17 seconds). Only the delayed signal is output.

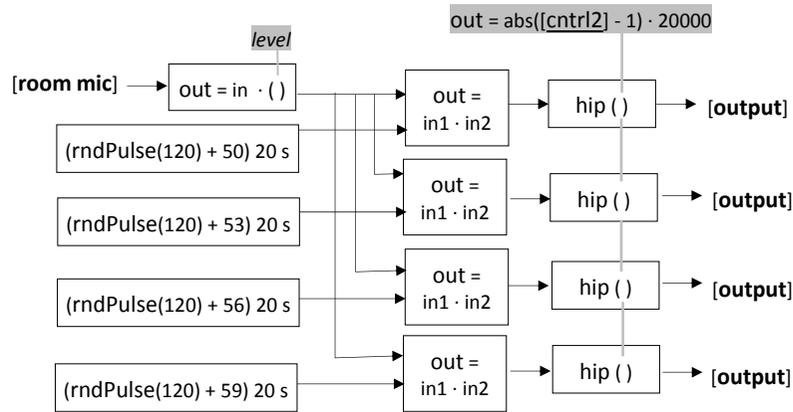
`hip ()` = simple 1st order hi-pass filter, with variable frequency cutoff.

`out =` mapping of signal input (audio or control); one of the two instances here only use a multiplication of the two incoming audio signals (ring-modulation)

`stereoCycle` = linear ramp balancing the signal over two outputs: signal “shifts” from one output to another and then back. The full ramp repeats every n seconds (10, 11, 12, and 13 seconds). Choose any two of the four or more outputs in use.

`rndPulse ()` = train of single-sample pulses of maximum amplitude (that is, 1). Pulse time is changed every n seconds (5, 5.5, 1, and 1.7), set to values randomly selected in specific ranges (namely [10, 210], [10, 310], [10, 500] and [1, 501], in msec). Subsequent random values are to be interpolated (linearly or otherwise).

Audio Signal Processing: PeriodicPulseMod / 1



The input signal is scaled and multiplied by four different pulse trains (sequences of one-sample pulses of maximum amplitude, that is 1). Pulse time values are updated every 20 seconds, varying randomly within specific ranges. Each pulse-modulation signal is passed through a high-pass filter and then sent to a different output.

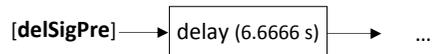
hip () = same as elsewhere.

out = same as elsewhere.

rndPulse () = pulse generator, with single-sample pulses of maximum amplitude. Pulse time is changed every *n* seconds (5, 5.5, 1, and 1.7), set to values randomly selected in specific ranges (namely [50, 210], [53, 120], [56, 120] and [59, 120]). Subsequent random values are NOT interpolated.

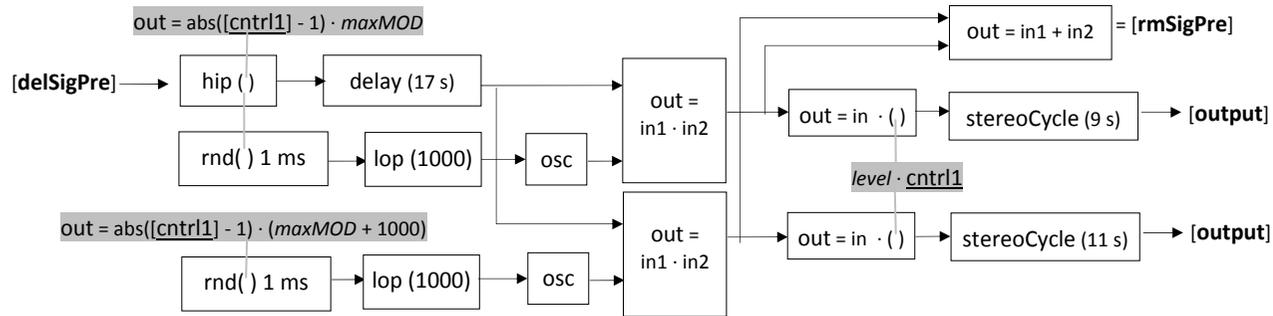
Audio Signal Processing: PeriodicPulseMod / 2

Same as the one above, but replacing [room mic] with the following:



The input [delSigPre] comes from the Delay20 chain. It gets delayed (simple delay line with 6.6666 sec delay time) before being scaled and multiplied etc. In the pulse generator modules, the boundaries of the random pulse values should be slightly changed. Also, the output assignments should be different.

Audio Signal Processing: DelRingMod



The input `[delSigPre]` is high-passed, delayed (delay time = 17 sec) and ring-modulated (multiplied) by two separate oscillators. The two ring-modulated signals are mixed and labeled `[rmSigPre]`, for dispatching to other DSP chains. They are also scaled by a `level` control as well as by `cntrl1`, and finally sent to a couple of output channels, with gradual and periodical displacement between any two output channels (dynamical stereo panning between any two speakers, not the same).

The two oscillators used in the ring-modulation are themselves frequency modulated by two separate random signals (sequences of random values generated each msec, i.e. 1000 hz). The range of random amplitude values for these latter signals is made to vary with `cntrl1`, as well as a function of `maxMOD` (variable to be adjusted manually). The random signals are low-pass filtered before being used to modulate the oscillator.

`hip()` = same as elsewhere.

`lop()` = same as elsewhere.

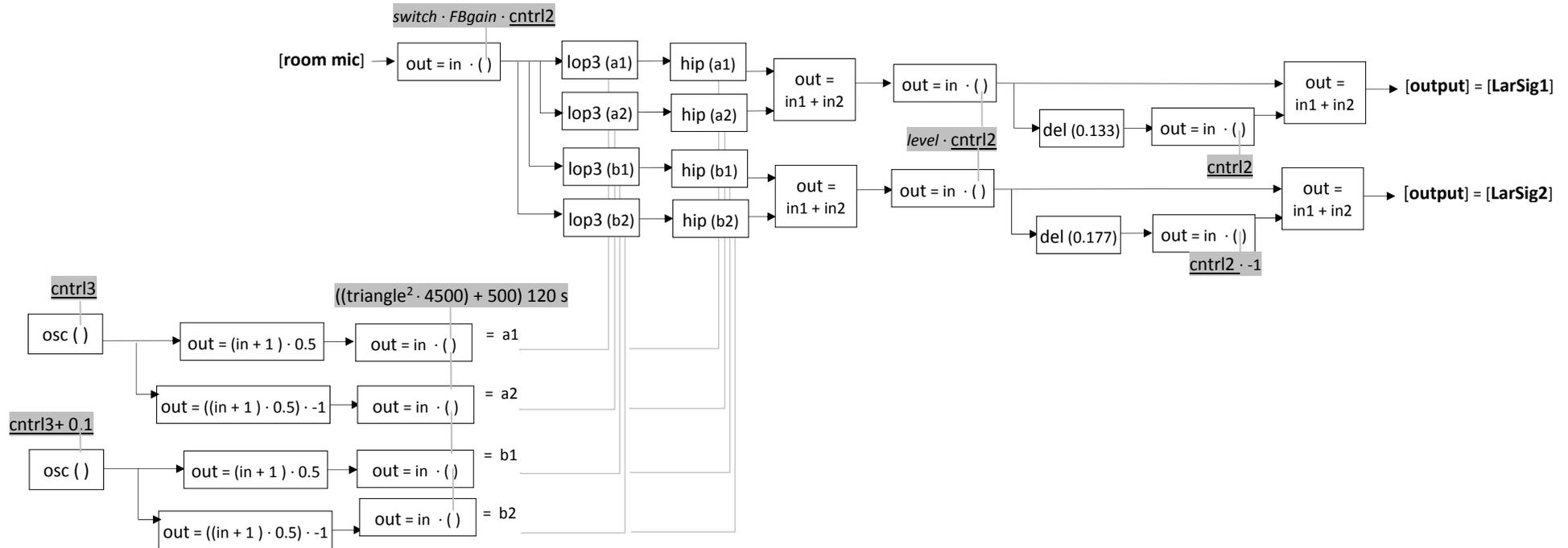
`out` = same as elsewhere.

`osc` = oscillator, sine or cosine wave.

`rnd()` = random amplitude signal, at a rate of 1000 Hz. Max amplitude is dynamically driven, in inverse proportion to `cntrl1`, but in direct proportion to `maxMOD` (max modulation width, manually adjusted at performance time).

`stereoCycle` = same as elsewhere. The full ramp repeats every n seconds (14 and 15 seconds). Choose any two of the four or more outputs in use.

Audio Signal Processing: VariableLarsen



The input signal amplified ($FBgain$) and scaled by the $cntrl2$ control signal. The $FBgain$ value is manually controllable, to be adjusted and set prior to performance (and eventually changed during the performance). The $switch$ (0 or 1) is used to start and stop the input at anytime (a different switch for each single input), and should be readily accessible by the performer. The amplified signal is passed through four filter chains, each comprising a 3rd order low-pass followed by a 1st order hi-pass; the filter cutoff frequency is driven by a separate control signals (a1, a2, b1, b2), generated by a separate sub-circuit (lower schema). The filter outputs are summed in two different signals, as shown. Before being output, the two sum audio signals are scaled by the $cntrl2$ control signal, and each is summed to a delayed copy of itself (two short delay lines) whose amplitudes are scaled respectively by $cntrl2$ and its negative ($cntrl2 \cdot -1$). The two output signals are sent to the speakers, but also named LarSig1 and LarSig2 and routed to another circuit.

The a1, a2, b1 and b2 control signals are synthetically generated based on sine oscillators. Two (a1 and b1) are positive sinusoidal signals [0, 1] linearly mapped to a larger numeric interval, and their frequency is driven by the $cntrl3$ control signal. Two (a2 and b2) are negative sinusoidal signals [1, 0], and their frequency is driven by $cntrl3$ plus a small offset (0.1). All are mapped onto a numerical range that itself varies periodically from a minimum [500, 500] to a maximum [500, 5000] and back, in 120 seconds. The maximum rang value increments and decrements exponentially, following the square value of a triangular function [0 to 1 to 0].

hip () = same as elsewhere.

lop () = same as elsewhere.

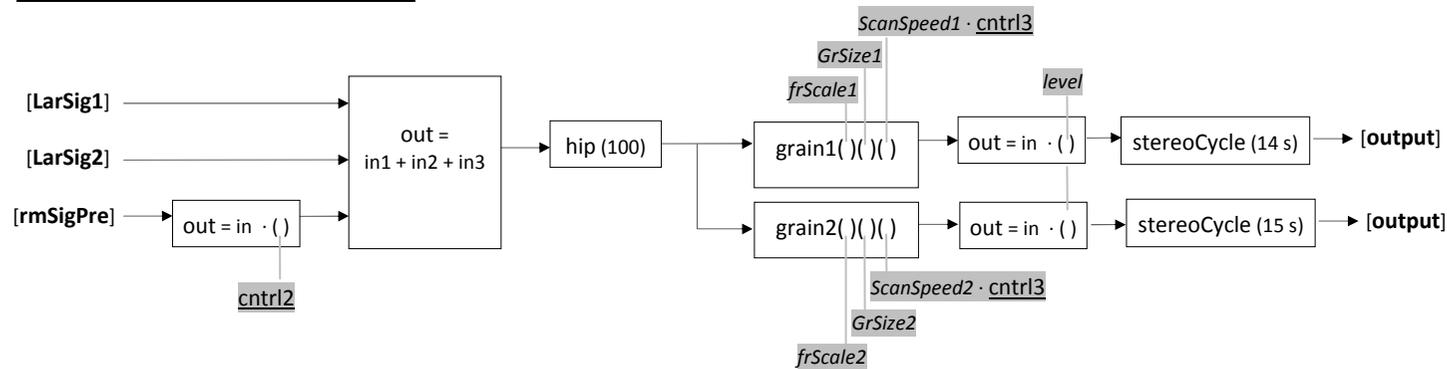
out = same as elsewhere.

osc = oscillator, sine or cosine wave.

delay () = simple delay line, with fixed delay time. Only the delayed signal is output.

NOTE: Overall, this circuit is a feedback loop including variable filters and a kind of self-adjusting feedback gain mechanism. Fbgain level should be regulated in such a way that (depending on mic-preamp levels, speakers volume and room acoustics) some Larsen tones may arise from the feedback loop, slowly emerging and disappearing as the current filter values change (the varying filter cutoff will either allow or block resonant Larsen tones).

Audio Signal Processing: Granular



The input [**delSigPre**] is scaled by the cntrl2 signal and added together with [**LarSig1**] and [**LarSig2**]. The sum signal is hi-passed (fixed cutoff 100 Hz) and sent to two different “granulators”. The control variables of the granulators (frequency scale, grain size and speed factors) are accessible and can be changed, but this should happen very seldomly in a performance. The speed factor value is itself scaled by the control signal cntrl3. The two granulated signals are scaled by a *level* control as well as by cntrl3, and sent to the output channels (gradual and periodical stereo panning between any two speakers, not the same).

hip () = same as elsewhere.

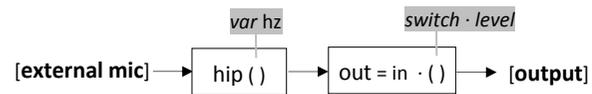
out = same as elsewhere.

grain1() () () = “granulator” = incoming signal is cyclically written in a 8-second mem buffer and cyclically resampled (wraparound), taking short segments of samples (“grains”) of any length (in the hundredths of a second, with max grain duration = one tenth of a second) at any scanning speed lower than the original (= whole buffer scan takes longer than 8 seconds) and variable resampling rate (any frequency shift factor at grain level). The scanning speed is made to vary continually with the cntrl3 control signal.

grain2() () () = “granulator” = same as above, but with a mem buffer length of 4 seconds.

stereoCycle = same as elsewhere. The full ramp repeats every *n* seconds (14 and 15 seconds). Choose any two of the four or more outputs in use.

External Ambient Sound



External mic input is hi-passed, scaled and sent to output. Each input signal will be assigned to two speakers, yet not the same speakers as the other input signal(s).

Minimum value for *var* = 150. It may be changed during the performance among a fixed set of values (e.g. 150, 800 , 1500, 6000 hz).

The *switch* (0 or 1) and smoothed *level* control (0 to 1 or larger positive numerical range) should be easily accessible during the performance.

hip () = simple 1st order hi-pass filter, with variable frequency cutoff

out = signal input is scaled and transferred to output

As many instances of this chain are to be implemented, as external microphone being used.

NOTE : as described here *switch* is a manually controlled variable, but it will be soon replaced by an automated control generated on the basis of the microphone input.

Description of the System Process

Performance guidelines

There are two *loci* of direct operation:

- 1) mixing desk
- 2) control available on the computer screen

As you operate at the mixing desk, you can handle the mic levels (and/or the “send” levels to the DSP) and/or the line return levels (from the DSP). Occasionally, you may change the equing of mic input bars.

As you operate at the computer screen (or external controller), you can switch on and off the individual mic inputs (internal and external mics), adjust the output level for each of the audio signal processing circuits, and eventually adjust some of their control variables (*levels, FBgain, etc.*)

Make yourself a plan for exploring different combinations of the available audio signal processes (**Delay20, RandPulseMod, PeriodicPulse, DelRingMod, VariableLarsen, Granular**). Each process may be made audible alone or overlapping with others. None of the involved processes should be let active for the entire performance. Never overlap all processes together. When overlapping two or more processes, make sure each of them is loud just enough as to influence concurrent processes, but also make sure none of them is too loud as to obscure, mask or “enslave” any of the others. Each combination should be allowed some time (tens of seconds to few minutes) to create a specific total sonority and to explore its texture and dynamics. Remember that the sound of each individual process feeds virtually all concurrent processes, not only within the computer, but also through the room (sounds heard in the speakers re-circulate in the DSP through the internal room mics).

The faint texture of random pulses created by **RandPulseMod** and **PeriodicPulse** should be heard alone (not overlapped with any other processes) at least once during a performance, possibly for a prolonged stretch of time.

In a performance you should rely mainly on the internal room mic as the overall process’s sound source. You resort to the external mics only when the general sound texture remains silent or barely audible for too long a time (determine yourself what “silent” and “too long a time” mean). When resorting the external mics, avoid overlapping more than two audio signal processes.

Performance duration may be fixed in advance or not. In any case the performance ends when you feel you can’t get newer textures and sonic situations from planned sequence of process combinations. Then you stop (or fade) the active processes one by one, with no hurry, and wait for the overall sound fabric to stop (or fade).

Installation version

In order to present this work as a sound installation, search and find a balance between all the available process. Make sure that concurrent processes influence each other, but also that no one constraints or “enslaves” others.

Eventually, you could introduce a kind of automated schema causing each process to fade in and out over longer stretches of time in any order, in various combinations.

BIBLIOGRAPHIE

- [ABERGEL 2011] Élisabeth Abergel, « La connaissance scientifique aux frontières du bio-art : le vivant à l'ère du post-naturel », *Cahiers de recherche sociologique*, n° 50, 2011 : 97-120.
- [AGAMBEN 1995] Giorgio Agamben, *Moyens sans fins. Notes sur la politique*, Paris, Rivages, 1995. Texte original italien : *Mezzi senza fine. Note sulla politica*, Torino, Bollati Boringhieri, 1996.
- [AGAMBEN 1997] Giorgio Agamben, *Homo sacer (1). Le pouvoir souverain et la vie nue*, Paris, Seuil, 1997. Édition originale italienne 1995.
- [AGRE 1995] Philip Agre « Computational research on interaction and agency », *Artificial Intelligence*, vol. 72, n° 1-2, 1995 : 1-52.
- [AGRE 1997] Philip Agre, « Toward a Critical Technical Practice: Lessons Learned in Trying to Reform AI », dans *Bridging the Great Divide: Social Science, Technical Systems, and Cooperative Work* (sous la direction de G. Bowker, L. Gasser, L. Star, and B. Turner, Mahwah NJ, Erlbaum, 1997 : 121-149).
- [AMIÉL 2007] Anne Amiel, *Le vocabulaire de Hannah Arendt*, Paris, Ellipses, 2007.
- [APPLETON 1990] Jon Appleton, « Composer pour de nouveaux instruments », *Contrechamps*, n° 11, 1990.
- [APTER 1969] Michael Apter, « Cybernetics and art », *Leonardo*, n° 2, 1969 : 257-265.
- [ARENDRÉ 1983] Hannah Arendt, *Condition de l'homme moderne*, Paris, Calmann-Lévy, 1983.
- [ARDENNE 2002] Paul Ardenne, *Un art contextuel. Création artistique en milieu urbain, en situation, d'intervention, de participation*, Flammarion, Paris, 2002.
- [ARFIB *et al.* 2002] Daniel Arfib, J.M.Couturier, L. Kessous, Vincent Verfaille, « Strategies of mapping between gesture data and synthesis model parameters using perceptual spaces », *Organised sound*, vol. 7, n° 2, 2002 : 135-152.
- [ASHBY 1957] W. Ross Ashby, *An introduction to Cybernetics*, Londres, Chapman & Hall, 1957.
- [ATHANASSOPOULOS 2016] Evangelos Athanassopoulos, « L'art comme production de connaissance : entre théorie et pratique », *Marges*, n° 22, 2016 : 75-86.
- [ATLAN 1972] Henri Atlan, « Du bruit comme principe d'auto-organisation », *Communications*, n° 18, 1972 : 21-36.
- [ATLAN 2011] Henri Atlan, *Le vivant post-génomique. Ou qu'est-ce que l'auto-organisation ?*, Odile Jacob, Paris, 2011.

Bibliographie

- [ATTALI 1976] Jacques Attali, « L'ordre par le bruit », *Communications*, n° 25, 1976 : 86-100.
- [ATTALI 2001] Jacques Attali, *Bruits. Essai sur l'économie politique de la musique*, Paris, Fayard/PUF, 1977. Nouvelle édition-révision publiée en 2001.
- [ATTIGUI et CUKIER 2011] Patricia Attigui et Alexis Cukier (sous la direction de), *Les paradoxes de l'empathie. Philosophie, psychanalyse, sciences sociales*, Éditions du CNRS, Paris, 2011.
- [AUGOYARD 1998] Jean-François Augoyard, « Eléments pour une théorie des ambiances architecturales et urbaines », *Les Cahiers de la recherche architecturale*, n° 42/43, 1998 : 7-23.
- [AUGOYARD 1999] Jean-François Augoyard, « L'objet sonore ou l'environnement suspendu », dans *Ouïr, entendre, écouter, comprendre après Schaeffer* (sans indication de direction), Paris, Buchet/Chastel : 83-106.
- [AUGOYARD 2011] Jean-François Augoyard, « Introduction », Actes du colloque *Faire une ambiance – Creating an atmosphere* (Grenoble 2008), À La Croisée, Grenoble, 2011 : 11-16.
- [AUGUSTIN 1981] Augustin d'Hippone, *Confessionni* (sous la direction de Matteo Perrini), La scuola, Brescia, 1981. Traduction italienne conforme au texte original établi en 1965 par Carlo Carena (éditions Città Nuova, Rome, 1965).
- [AUSLANDER 1999] Philip Auslander, *Liveness. Performance in a mediatized culture*, Londres, Routledge, 1999 (2^e édition 2008).
-
- [BALZANO 1986] Gerald Balzano, « What are musical pitch and timbre? », *Music perception*, n° 3, 1986 : 297-314.
- [BARANDIARAN et MORENO 2006] Xabier Barandiaran et Alvaro Moreno, « On what makes certain dynamical systems cognitive: a minimally cognitive organization program », *Adaptive Behavior*, vol. 14, n° 2, 2006 : 171-185.
- [BARANSKI 2009] Sandrine Baranski, « Manières de créer des sons : l'œuvre musicale versus le dispositif musical (expérimental, cybernétique ou complexe) », *DEMéter*, 2009 : s.p.
En ligne : <http://demeter.revue.univ-lille3.fr/lodel9/index.php?id=260>
- [BARBANTI 2008] Roberto Barbanti, « Introduction », *Sonorités*, n° 3, 2008 : 7-8.
- [BARBANTI 2011] Roberto Barbanti, « Écologie sonore et technologies du son », *Sonorités*, n° 6, 2011 : 9-42.
- [BARBANTI 2012] Roberto Barbanti, « Penser l'écologie sonore aujourd'hui. Éléments d'analyse », *Sonorités*, n° 7, 2012 : 11-32.
- [BARBANTI 2016] Roberto Barbanti, « Écosophie vibratoire, pour une nouvelle approche sono-acoustique », dans [SOLOMOS *et al.* 2016] : 229-237.

Bibliographie

- [BARBANTI 2017] Roberto Barbanti, *Chimere dell'arte. Guerra estetica, ultramedialità e arte genetica*, Ombre Corte, 2017.
- [BARBARAS 2002] Renaud Barbaras, « Francisco Varela: A new idea of perception and life », *Phenomenology and the cognitive sciences*, n° 1, 2002 : 127-132.
- [BARBARAS 2008] Renaud Barbaras, « Phénoménologie de la vie », *Noesis*, n° 14, 2008 : 11-26.
- [BARBARAS et al. 2011] Renaud Barbaras, Tarek Dika et William Hackett, « La phénoménologie et le concept de vie », *Revue de la philosophie française et de langue française*, vol. 29, n° 2, 2011 : 153-179.
- [BARKATI 2009a] Karim Barkati, *Entre temps réel et temps différé — Pratiques, techniques et enjeux de l'informatique dans la musique contemporaine*, Thèse de doctorat, Université Paris VIII, 2009.
- [BARKATI 2009b] Karim Barkati, « La polysémie du temps réel et du temps différé », *Actes. Journées d'informatique musicale*, Grenoble 2009 : 25-33.
- [BARTHÉLÉMY 2015] Jean-Hugues Barthélémy, *Life and technology : an inquiry into and beyond Simondon*, Meson press, Leuphana University of Lüneburg, 2015.
- [BARTHES 1982] Roland Barthes, *L'Obvie et l'obtus. Essais critiques 3*, Paris, Seuil, 1982.
- [BATESON 1977] Gregory Bateson, *Vers une écologie de l'esprit*, vol. 1, Éditions du Seuil, Paris, 1977 (édition originale 1971).
- [BATTIER 1999] Marc Battier (sous la direction de), *Aesthetics of Live Electronic Music* = numéro spécial de *Contemporary Music Review*, vol. 18, n° 3, 1999.
- [BAZIN 2015], Hugues Bazin, « Les figures du tiers espace : contre-espace, tiers paysage, tiers lieu », *Revue Filigrane*, n° 19, 2015 : s.p. En ligne : <https://revues.mshparisnord.fr/filigrane/index.php?id=703>
- [BEJAN 2010] Petru Bejan, « De l'art-action vers l'action de l'art », *Hermeneia*, n° 10, 2010 : 118-124.
- [BELLANGER 1998] Maurice Bellanger, *Traitement numérique du signal. Théorie et pratique*, Dunod, Paris, 1998.
- [BENHAÏM 2013] Sarah Benhaïm, « L'expérimentation noise : en()quête de liberté », dans [SALADIN 2013 : 248-283].
- [BENJAMIN 1936] Walter Benjamin, « L'œuvre d'art à l'époque de sa reproductibilité technique », *Zeitschrift für Sozialforschung*, vol. 5, n° 1, 1936 : 40-68.
- [BERARDI 2003] Franco Berardi Bifo, « Que signifie l'autonomie aujourd'hui ? Le capital recombinaut et le cognitariat », *Institut européen pour des politiques culturelles en devenir*, 2003. En ligne : <http://eipcp.net/transversal/1203/bifo/fr>
- [BERARDI 2005] Franco Berardi Bifo, « Biopolitics and connective mutation », *Culture machine*, n° 7, 2005. En ligne : <http://www.culturemachine.net/index.php/cm/article/view/27/34>

Bibliographie

- [BÉRANGER 2009] Sébastien Béranger, « Réflexions partisanes sur l’usage du live-electronic dans nos musiques savantes », *Actes des Journées d’Informatique Musicale*, Grenoble, 2009 : 35-39.
- [BERNARDI *et al.* 1997] Angelo Bernardi, Gianpaolo Bugna et Giovanni De Poli, « Musical signal analysis with chaos », dans *Musical signal processing* (sous la direction de C. Roads, S. T. Pope, A. Piccialli, G. De Poli), Lisse, Swets & Zeitlinge, 1997 : 187-220.
- [BERGER 2003] Guy Berger, « Recherche-action. Epistémologie historique » dans *La recherche-action. Une autre manière de chercher, se former, transformer* (sous la direction de P. Missote et P-M. Mesnier), L’Harmattan, Paris : 11-26.
- [BERNARDINI 1986] Nicola Bernardini, « Live electronics » dans *Nuova Atlantide. Il continente della musica elettronica 1900-1986* (sous la direction de R. Doati et A. Vidolin), La Biennale di Venezia, 1986 : 61-78.
- [BERSINI 2005] Hugues Bersini, « La vie artificielle ou la dissection digitale », dans *Des atomes aux planètes habitables* (sous la direction de M. Gargaud, P. Claeys, H. Martin), Presses universitaires de Bordeaux, 2005 : 399-447.
- [von BERTALANFFY 1969] Ludwig von Bertalanffy, *General Systems Theory : Foundations, Developments, Applications*, New York, G. Braziller, 1969.
- [BERTHOZ 1997] Alain Berthoz, *Le sens du mouvement*, Paris, Odile Jacob, 1997.
- [BERTOLANI et SALLIS 2016] Valentina Bertolani et Friedmann Sallis, « Live electronic music », *Routledge Encyclopaedia of Modernism*, 2016 : s.p. En ligne: <https://www.rem.routledge.com/>
- [BERTSCHINGER *et al.* 2008] Nils Bertschinger, Eckehard Olbrich, Nihat Ay, et Jurgen Jost « Autonomy: an information theoretic perspective », *Biosystems*, 91(2), 2007 : 331-345.
- [BEYER 1987] Francis Beyer, *De Schönberg à Cage. Essai sur la notion d’espace sonore dans la musique contemporaine*, Paris, Klincksieck, 1987.
- [BICH 2006] Leonardo Bich, « Autopoiesis and Emergence », dans *Systemics of Emergence: Research and Development* (sous la direction de G. Minati, E. Pessa et M. Abram), Boston Mass., Springer, 2006 : 281-292.
- [BICH 2012] Leonardo Bich, *L’ordine invisibile. Organizzazione, autonomia e complessità del vivente*, Rubbettino Università, Soveria Mannelli, 2012.
- [BICH et ARNELLOS 2012] Leonardo Bich, Argyris Arnellos, « Autopoiesis, autonomy, and organizational biology. Critical Remarks on *Life After Ashby* », *Cybernetics and Human Knowing*, vol. 19, n° 4, 2012 : 75-103.
- [BISET 2012] Sébastien Biset, « Une praxis radicale : éprouver la situation (de la “radicalité” des musique “expérimentales”) », *Ligeia*, n° 117-120, 2012 : 214-220.

- [BJØRNSTEN 2012] Thomas Bøgevald Bjørnsten, « Sound (signal) noise: significative effects in contemporary sonic art practices », *Journal of Aesthetics & Culture*, 4, 2012 : s.p.
En ligne : <http://dx.doi.org/10.3402/jac.v4i0.18615>
- [BLANC et LOLIVE 2009] Nathalie Blanc et Jacques Lolive, « Vers une esthétique environnementale : le tournant pragmatiste », *Natures Sciences Sociétés*, vol. 17, n° 3, 2009 : 285-292.
- [BLESSER et SALTER 2007] Barry Blesser et Linda-Ruth Salter, *Spaces speak, are you listening ? Experiencing aural architecture*, MIT Press, 2007.
- [BOGUE 2009] Ronald Bogue, « A Thousand Ecologies », dans *Deleuze, Guattari & Ecology* (sous la direction de Bernd Herzogenrath), Palgrave MacMillan, New York, 2009 : 42-56.
- [BÖHME 1993] Gernot Böhme, « Atmosphere as the fundamental concept of a new aesthetics », *Thesis Eleven*, n° 36, 1993 : 113-126.
- [BOLLE DE BAL 2003] Marcel Bolle de Bal, « Reliance, déliance, liance : émergence de trois notions sociologiques », *Sociétés*, n° 80, 2003 : 99-131.
- [BONNET 2005] François Bonnet, *Le caractère fétiche du son*. École Nationale Supérieure Louis-Lumière, Paris, 2005. En ligne : <http://www.ens-louis-lumiere.fr/fileadmin/recherche/Bonnet-son2005-mem.pdf>
- [BONNET et PELÉ 2016] François Bonnet et Gérard Pelé « Dire-entendre », dans [SOLOMOS *et al.* 2016] : 55-64.
- [BOOKCHIN 1994] Murray Bookchin, *Quelle écologie radicale ? Écologie sociale et écologie profonde en débat*, Atelier de Création Libertaire, Lyon, 1994.
- [BONARDI 2015] Alain Bonardi, « Rejouer une oeuvre avec l'électronique temps réel : enjeux informatiques et musicologiques », dans *Génésis musicales* (sous la direction de N. Donin, A. Grésillon, J.-L. Lebrave), Presses de l'Université Paris-Sorbonne, 2015 : 239-254.
- [BORGIO 2016] David Borgo, « The ghost in the music, or the perspective of an improvising ant », dans *The Oxford Handbook of Critical Improvisation Studies* vol. 1 (sous la direction de G. Lewis et B. Piekut), Oxford University Press, 2016 : 91-113.
- [BORGIO et KAISER 2010] David Borgo et Jeff Kaiser, « Interactivity, ideology, and agency in electro-acoustic improvised music », Actes de la conférence *Beyond the Centres: Musical Avant-Gardes Since 1950*, Thessaloniki, 201, s.p.
- [BORN 1995] Georgina Born, *Rationalizing Culture: IRCAM, Boulez, and the institutionalization of the musical avant-garde*, Berkeley Ca., University of California Press, 1995.
- [BORN 2005] Georgina Born, « On musical mediation : ontology, technology and creativity », *Twentieth century music*, n° 2, 2005 : 7-36.

- [BORN 2010] Georgina Born, « For a Relational Musicology: Music and Interdisciplinarity. Beyond the Practice Turn », *Journal of the Royal Musical Association*, vol. 135, n° 2, 2010 : 205-243.
- [BORN 2012] Georgina Born, « Relational Ontologies and Social Forms in Digital Music », dans *Bodily expression in electronic music : perspectives on reclaiming performativity* (sous la direction de D. Peters, G. Eckel et A. Dorschel) Routledge, Londres, 2012 : 163-180.
- [BORN 2013] Georgina Born, « Introduction », dans *Music, Sound and Space: Transformations of Public and Private Experience* (sous la direction de G. Born), Cambridge University Press, 2013.
- [BOSSEUR 2016] Jean-Yves Bosseur, *Musique et environnement*, Minerve, Paris, 2016.
- [BOURG 1993] Dominique Bourg, « Hans Jonas et l'écologie », *La recherche*, n° 256, 1993 : 886-890.
- [BOULLET 2005] Isabelle Boulet, *La sonie des sons impulsionsnels : perception, mesures et modes*. Thèse de Doctorat de l'Université de la Méditerranée Aix-Marseille II, 2005.
- [BOULLET 2008] Isabelle Boulet, « La sonie des sons impulsionsnels : perception et mesures », *Les Cahiers de l'Audition*, vol. 21, n° 3, 2008 : 6-39.
- [BOURRIAUD 1998] Nicolas Bourriaud, *Esthétique relationnelle*, Les presses du réel, Dijon, 1998.
- [BOWERS et ARCHER 2005] John Bowers et Phil Archer, « Not hyper, not meta, not cyber but infra-instruments », Actes du symposium *New interfaces for musical Expression* (NIME05), Vancouver, 2005.
- [BOWN et MARTIN 2012] Oliver Bown et Aengus Martin, « Autonomy in Music-Generating Systems », Actes du symposium *Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment*, Stanford University, Stanford, 2012.
- [BOWN *et al.* 2014] O. Bown, P. Gemeinboeck et R. Saunders, « The Machine as Autonomous Performer », dans *Interactive Experience in the Digital Age: Evaluating New Art Practice* (sous la direction de L. Candy et S. Ferguson), Berlin Heidelberg, Springer, 2014.
- [BOWN *et al.* 2015] O. Bown, B. Carey et A. Eigenfeldt, « Manifesto for a Musebot Ensemble: A platform for live interactive performance between multiple autonomous musical agents », *Actes de la Conférence Internationale ISEA*, Vancouver, 2015 : s.p. En ligne : <https://isea2015.org/>
- [BRANCHI 1982] Walter Branchi, « To compose within sound (an introduction) », dans *Numero e suono = Actes de l'International Computer Music Conference* (sous la direction de B. Barbini, A. Vidolin, N. Poli, V. Rizzardi) La Biennale di Venezia, 1982.
- [BRANCHI 2017] Walter Branchi, *Il pensiero musicale sistemico. Scritti 1974-2014* (sous la direction de L. Pizzaleo), Rome, Aracne, 2017.
- [BRASSAC 2004] Christian Brassac, « L'interaction communicative, entre intersubjectivité et interagentivité », *Langages*, n° 144, 2004 : 39-57.

Bibliographie

- [BRIER 2000] Søren Brier, « The construction of information and communication: a semiotic re-entry into Heinz von Foerster's metaphysical construction of 2nd order cybernetics », dans *Observations of the Unobservable* (sous la direction de O. Jahraus, B. Marius et N. Ort), Velbrück, Metzler Verlag, 2000 : 254-295.
- [BRILLOUIN 1959] Louis Brillouin, *La science et la théorie de l'information*, Masson, 1959.
- [BREGMAN 1990] Albert Bregman, *Auditory Scene Analysis: The Perceptual Organization of Sound*, Cambridge mass., MIT Press, 1990.
- [BREGMAN 1993] Albert Bregman, « Auditory scene analysis: Hearing in complex environments », dans *Thinking in Sound: The Cognitive Psychology of Human Audition* (sous la direction de S. McAdams et E. Bigand), Oxford University Press, 1993 : 10-36.
- [BROOKS 1991] Rodney Brooks, « Intelligence without representation », *Artificial Intelligence*, vol. 47, n° 1-3, 1991 : 139-159.
- [BRÜN 2004] Herbert Brün, *When Music Resists Meaning: The Major Writings of Herbert Brün* (sous la direction d' Arun Chandra), Middletown, Wesleyan University Press, 2004.
- [BULLOCK 2008] Jamie Bullock, *Implementing Audio Feature Extraction in Live Electronic Music*. Thèse de Doctorat, Birmingham City University, 2008.
- [BURNHAM 1968] Jack Burnham, « System's esthetics », *Artforum*, n° 7, 1968 : 30-35.
-
- [CAGE 1961] John Cage, *Silence*, Wesleyan University Press, 1961.
- [CALIMANI et LEPSCHY 1990] Riccardo Calimani et Antonio Lepschy, *Feedback. Guida ai cicli di retroazione : dal controllo automatico al controllo biologico*, Torino, Garzanti, 1990.
- [CANGUILHEM 1952] Georges Canguilhem, « Le vivant et son milieu » dans [CANGUILHEM 2009].
- [CANGUILHEM 1966] Georges Canguilhem, « Le concept et la vie », *Revue Philosophique de Louvain*, n° 82, 1966 : 193-223.
- [CANGUILHEM 2009] Georges Canguilhem, *La connaissance de la vie*, Vrin, 2009. Première édition 1952.
- [CAPPUCCIO 2008] Massimiliano Cappuccio, « Empatia e neuroni specchio. Dalle neuroscienze cognitive alla Quinta Meditazione cartesiana », *Rivista di estetica*, n° 37, 2008 : 43-66.
- [CAPPUCCIO 2009] Massimiliano Cappuccio (sous la direction de), *Neurofenomenologia. Le scienze della mente e la sfida dell'esperienza cosciente* (sous la direction de M. Cappuccio), Mondadori, 2009.
- [CARAMIAUX 2011] Baptiste Caramiaux, *Studies on the relationship between gesture and sound in musical performance*. Thèse de doctorat, Université Paris 6, 2011.

- [CARIANI 1992] Peter Cariani, « Some epistemological implications of devices which construct their own sensors and effectors », dans *Towards a practice of autonomous systems* (sous la direction de F. Varela et P. Bourguine), MIT Press, Cambridge Mass., 1992 : 484-493.
- [CARIANI 1993] Peter Cariani, « To evolve an ear : epistemological implications of Gordon Pask's electrochemical devices », *Systems Research* vol. 10, n° 3, 1993 : 19-33.
- [CASATI et DOKIC 1994] Roberto Casati et Jérôme Dokic, *La philosophie du son*, Chambon, Nimes, 1994.
- [CASTORIADIS 1980a] Cornelius Castoriadis, *De l'écologie à l'autonomie*, texte d'une conférence prononcée à Louvain-la-neuve (Belgique), 1980. Un extrait est publié aussi dans [LATOUCHE 2014]. (Texte integrale : site <https://collectiflieuxcommuns.fr/31-de-l-ecologie-a-l-autonomie-debat?lang=fr>)
- [CASTORIADIS 1980b] Cornelius Castoriadis, « Francisco Varela: Principles of Biological Autonomy », *Le debat*, n° 1, 1980 : 126-127.
- [CASTORIADIS 1983] Cornelius Castoriadis, « La logique des magmas et la question de l'autonomie », dans [DUMOUCHEL et DUPUY 1983] : 421-443. Traduction anglaise « The logic of magmas and the question of autonomy (1983) », dans *The Castoriadis reader* (sous la direction de David Ames Curtis), Blackwell, Oxford, 1997 : 290-318.
- [CASTORIADIS 1989], Cornelius Castoriadis, « L'état du sujet aujourd'hui », *Topique*, n° 38, 1986 : 7-39. Traduction anglaise, « The state of the subject today », *American imago*, vol. 46, n° 4, 1989 : 371-412.
- [CASTORIADIS 2005] Cornelius Castoriadis, « La force révolutionnaire de l'écologie » (entretien avec Pascale Egré, 1992), dans *Une société à la dérive. Entretiens et débats 1974-1997*, Seuil, Paris, 2005 : 241-250.
- [CENTORE 2011] Leandro Centore, *Du processus dans l'art contemporain. Une tentative de définition*, Ecole Nationale Supérieure des Arts Visuels « La Cambre » et Université libre de Bruxelles, 2011.
- [CERUTI et DAMIANO 2008] Mauro Ceruti et Luisa Damiano, « Conoscenza della conoscenza e complessità. La proposta epistemologica di Varela per la scienza cognitiva », *Rivista di estetica*, n° 37, 2008 : 67-77.
- [CHADABE 1997] Joel Chadabe, *Electric Sound. The past and promise of electronic music*, Prentice-Hall, 1997.
- [CHANAN 1995] Michael Chanan, *Repeated takes. A short history of recording and its effects on music*, Verso, Londres, 1995.
- [CHARLES-DOMINIQUE 2008] Luc Charles-Dominique, « Anthropologie historique de la notion de bruit », *Filigrane*, n° 7, 2008.
- [CHEYRONNAUD 2009] Jacques Cheyronnaud, « Rebutts de sons. "Bruit" comme terme de critique perceptive », *Ethnographiques*, n° 19, 2009 : s.p. En ligne: <http://www.ethnographiques.org>

Bibliographie

- [CHEYRONNAUD 2012] Jacques Cheyronnaud, « Un endroit tranquille. À propos de “bruit”, marqueur de reproche », *Communications*, n° 90, 2012 : 197-214.
- [CHION 1983] Michel Chion, *Guide des objets sonores*, Paris, Ina/Buchet-Chastel, 1983.
- [CHION et REIBEL 1978] Michel CHION e Guy REIBEL, *Les musiques électroacoustiques*, INA-GRM, 1976.
- [CHOUARD 2001] Claude-Henri Chouard, *L'oreille musicienne. Les chemins de la musique de l'oreille au cerveau*, Paris, Gallimard, 2001.
- [CHOWNING 1992] John Chowning, « La dimensione del volume e la prospettiva uditiva », *Quaderni della Civica Scuola di Musica*, 21-22, Milano, 1992 : 99-105. En anglais, « Digital sound synthesis, acoustics, and perception: a rich intersection », *Actes du colloque « Digital Audio Effects »* (Verona), 2000.
- [CHRISTOFFEL et TIGER 2015] David Christoffel et Guillaume Tiger, « Field recording, hypothèses critiques », *Multitudes*, n° 60, 2015 : 101-111.
- [CITTON 2014] Yves Citton, *Pour une écologie de l'attention*, Paris, Seuil, 2014.
- [CLARK 2003] Andy Clark, *Natural-born cyborgs. Minds, technologies, and the future of human intelligence*, Oxford University Press, 2003.
- [CLARKE 2009] Bruce Clarke, « Heinz von Foerster's demons: the emergence of second-order systems theory », dans [CLARKE et HANSEN 2009] : 34-61.
- [CLARKE 2012] Bruce Clarke, « From Information to Cognition: The Systems Counterculture, Heinz von Foerster's Pedagogy, and Second-Order Cybernetics », *Constructivistic Foundations*, vol. 7, n° 3, 2012 : 196-207.
- [CLARKE et HANSEN 2009] *Emergence and embodiment : new essays on second-order systems theory* (sous la direction de Bruce Clarke et Mark Hansen), Duke University Press, 2009.
- [COLLINS 2006] Nicholas M. Collins, *Towards Autonomous Agents for Live Computer Music: Realtime Machine Listening and Interactive Music Systems*. Thèse de doctorat, Université de Cambridge, 2006.
- [COLLINS 1976] Nicolas Collins, *Pea Soup* (partition). En ligne : www.nicolascollins.com/proscores.htm
- [COLLINS 2009] Nicolas Collins, *Handmade electronic music. The art of hardware hacking*, Routledge, New York, 2009.
- [COLLINS 2014] Nicolas Collins, *Pea Soup. A History*. En ligne : www.nicolascollins.com/aboutpeasoup.htm
- [COLOMBETTI et THOMPSON 2008] Giovanna Colombetti et Evan Thompson, « Il corpo e il vissuto affettivo : verso un approccio “enattivo” allo studio delle emozioni », *Rivista di estetica*, n° 37, 2008 : 77-96.

- [COMMONER 1971] Barry Commoner, *The closing circle : nature, man, and technology*, Knopf, New York, 1971. Trad. fr. *L'encerclement, problèmes de survie en milieu terrestre*, Éditions du Seuil, 1972.
- [CONT 2012] Arshia Cont, « Synchronisme musical et musiques mixtes : du temps écrit au temps produit », *Circuit*, vol. 22, n° 1, 2012 : 9-24.
- [COUCHOT 2013] Edmond Couchot, « La boucle action-perception-action dans la réception esthétique interactive », *Revue Proteus – Cahiers des théories de l'art*, n° 6, 2013 : 27-34.
- [COURTIAL 2009] Jean-Pierre Courtial, « Connaissance et conscience par couplage biocognitif », *Bulletin de psychologie*, vol. 500, n° 2, 2009 : 149-159.
- [COX 2011] Christoph Cox, « Beyond representation and signification : toward a sonic materialism », *Journal of visual culture*, vol. 10, n° 2, 2011 : 145-161.
- [COX et WARNER 2005] Christoph Cox et Daniel Warner (sous la direction de), *Audio culture. Readings in modern music*, Continuum, New York, 2005.
- [CRISPIN et GILMORE 2014] Darla Crispin et Bob Gilmore (sous la direction de), *Artistic Experimentation in Music*, Leuven University Press, 2014.
- [CRITON 2016] Pascale Criton, « L'écoute plurielle », dans dans [SOLOMOS *et al.* 2016] : 19-33.
- [CROFT 2007] John Croft, « Theses on liveness », *Organised Sound*, vol. 12, n° 1, 2007 : 59-66.
-
- [DAHLSTEDT et McBURNEY 2006] Palle Dahlstedt et Peter McBurney, « Musical Agents: Toward Computer-Aided Music Composition Using Autonomous Software Agents », *Leonardo*, vol. 39, n° 5, 2006 : 469-470.
- [DARBON 2006] Nicolas Darbon, *Les musiques du chaos*, Paris, L'Harmattan, 2006.
- [DAVIES 1981] Hugh Davies, « Making and performing simple electroacoustic instruments », dans *Electronic Music for Schools* (sous la direction de R. Orton), Cambridge University Press, 1981 : 152-74.
- [DEAN 2009] Roger Dean (sous la direction de) *The Oxford Handbook of Computer Music*, Oxford University Press, 2009.
- [de ASSIS 2014] Paulo de Assis, « Epistemic complexity and experimental systems in music performance », dans [CRISPIN et GILMORE 2014 : 41-54].
- [de ASSIS 2018] Paulo de Assis, « Assemblage, Strata, Diagram », dans *Logic of Experimentation* (sous la direction de P. de Assis), Leuven University Press, 2018 : 71-104.
- [DEBAISE 2004] Didier Debaise, « Qu'est-ce qu'une pensée relationnelle ? », *Multitudes*, n° 8, 2004 : 15-23.

- [DESCARTES 1997] René Descartes, *Discours de la méthode*, Hachette, Paris, 1997. Texte conforme à l'édition 1637.
- [DEGUY 2012] Michel Deguy, *Écologiques*, Paris, Hermann, 2012.
- [DEL DUCA 1987] Lindoro Massimo Del Duca, *Musica digitale. Sintesi, analisi e filtraggio digitale nella musica elettronica*, Padova, F. Muzzio, 1987.
- [DELEUZE et GUATTARI 1975] Gilles Deleuze et Félix Guattari, *Kafka, pour une littérature mineure*, Minuit, Paris, 1975.
- [DEMERS 2010] Johanna Demers, *Listening through the noise: the aesthetics of experimental electronic music*, Oxford University Press, 2010.
- [DEPRAZ 1998] Natalie Depraz, « Registres phénoménologiques du sonore », dans *L'espace : Musique/Philosophie* (sous la direction de J.M.Chouvel et M. Solomos), Paris, L'Harmattan, 1998 : 3-15.
- [DEPUY et ROBERT 1976] Jean-Pierre Depuy et Jean Robert, *La trahison de l'opulence*, Paris, PUF, 1976.
- [DESCOLA et INGOLD 2014] Philippe Descola et Tim Ingold, *Être au monde. Quelle expérience commune ?*, Presses universitaires de Lyon, 2014.
- [DESSALLES *et al.* 1995a] J.L.Dessalles, E. Bonabeau et A. Grunbach, « Characterizing emergent phenomena : a critical review », *Revue Internationale de Systémique*, vol. 9, n° 3, 1995 : 327-346.
- [DESSALLES *et al.* 1995b] J.L.Dessalles, E. Bonabeau et A. Grunbach, « Characterizing emergent phenomena : conceptual framework », *Revue Internationale de Systémique*, vol. 9, n° 3, 1995 : 347-371.
- [DEWEY 1934] John Dewey, *Art as Experience*, New York, Putnam, 1934.
- [DI SCIPIO 1993] Agostino Di Scipio, « Models of material and of musical design become inseparable. A study in composition-theory », dans *Actes de la Conférence International de Musicologie Cognitive*, Université de Jyväskylä, 1993 : 300-316.
- [DI SCIPIO 1994a] Agostino Di Scipio, « Formal processes of timbre composition challenging the dualistic paradigm of computer music », *Actes de l'International Computer Music Conference*, Aarhus Musikhuset, 1994.
- [DI SCIPIO 1994b] Agostino Di Scipio, « Micro-time sonic design and timbre formation », *Contemporary Music Review*, vol. 10, n° 2, 1994 : 135-148.
- [DI SCIPIO 1994c] Agostino Di Scipio, « *Kairòs* : sulla morfologia del suono e del tempo », *Sonus*, vol. 6, n° 2, 1994. Repris avec le titre « Il suono tra evento e caos » dans *Enciclopedia delle arti contemporanee. Il tempo interiore* (sous la direction de Achille Bonito Oliva, Mondadori Electa, Milano, 2013).
- [DI SCIPIO 1995a] Agostino Di Scipio, « Centrality of techne for an aesthetic approach on electroacoustic music », *Journal of New Music Research*, vol. 24, n° 4, 1995 : 369-383.

- [DI SCIPIO 1995b] Agostino Di Scipio, « Real-time Polyphonic Time-Shifting of Sound », *Actes du Colloquio d'Informatica Musicale*, AIMI, Bologna, 1995 : 19-22.
- [DI SCIPIO 1997a] Agostino Di Scipio, « Musica tra determinismo e indeterminismo tecnologico », *Musica/Realtà*, n° 54, 1997 : 111-141. Révisé et républié avec le titre « Creatività della musica e determinismo tecnologico » dans [DI SCIPIO 2013]
- [DI SCIPIO 1997b] Agostino Di Scipio, « Interactive Micro-Time Sonic Design », *Journal of Electroacoustic Music*, n° 10, 1997 : 4-8.
- [DI SCIPIO 1998] Agostino Di Scipio, « El sonido en el espacio, el espacio en el sonido (Le son dans l'espace, l'espace dans le son) », *Doce – Notas Preliminares*, n° 2, 1998 : 133-157.
- [DI SCIPIO 1999] Agostino Di Scipio, « Il compositore come generatore di rumore », *Musica/Realtà*, n° 60, 1999. Version allemande avec révisions « Der Komponist als Rauschengenerator » dans *Catalogue du Festival Inventionen*, Berlin, 2002.
- [DI SCIPIO 2003] Agostino Di Scipio, « Sound is the interface. From *interactive* to *ecosystemic* signal processing », *Organised Sound*, vol. 8, n° 3, 2003 : 269-277.
- [DI SCIPIO 2005b] Agostino Di Scipio, « Per una crisi del “live-electronics”. *I am sitting in a room* di Alvin Lucier », *Rivista di Analisi e Teoria Musicale*, n° 2, 2005.
- [DI SCIPIO 2008a] Agostino Di Scipio, « Émergence du son, son d'émergence », dans *Musique et cognition* (sous la direction d'Anne Sedes) = numéro spécial de *Intellectica. Revue de l'Association pour la recherche cognitive*, n° 48/49, 2008 : 221-249.
- [DI SCIPIO 2008b] Agostino Di Scipio, « Principles and implementation of an autonomous sonic network », Actes du symposium *System research in the arts and humanities* (Baden-Baden), vol. 2, International Institute of Advances Studies in Systems Research and Cybernetics, 2008
- [DI SCIPIO 2011] Agostino Di Scipio, « Listening to yourself through the Otherself : on *Background Noise Study* and other works », *Organised Sound*, vol. 16, n° 2, 2011 : 97-108.
- [DI SCIPIO 2012] « Ascoltare l'evento del suono. Note per una biopolitica della musica », dans *Musica & Architettura* (sous la direction d'A. Capanna, F. Cifariello Ciardi, A.I. Del Monaco, M. Gabrieli, L. Ribichini, G. Trovalusci), Rome, Edizioni Nuova Cultura, 2012 : 63-70.
- [DI SCIPIO 2013a] Agostino Di Scipio, *Pensare le tecnologie del suono e della musica*, Editoriale Scientifica, Napoli, 2013.
- [DI SCIPIO 2013b] Agostino Di Scipio. « Il suono come dono *non* disinteressato. Spunti per una biopolitica della musica », dans *I linguaggi dell'organizzare. Musica e testo tra dono e disinteresse* (sous la direction de L.M. Sicca), Napoli, Editoriale Scientifica, 2013 : 65-82.
- [DI SCIPIO 2014] Agostino Di Scipio « Sound object? Sound event! Ideologies of sound and the biopolitics of music », *Soundscape – Journal of Acoustic Ecology*, vol. 13, n° 1, 2014 : 10-14. Version française

- « Objet sonore ? Événement sonore ! Idéologies du son et biopolitique de la musique », dans [SOLOMOS *et al.* 2016] : 35-46.
- [DI SCIPIO 2015] Agostino Di Scipio, « The politics of sound and the biopolitics of music : weaving together sound-making, irreducible listening, and the physical and cultural environment », *Organised Sound*, vol. 20, n° 3, 2015 : 278-289.
- [DI SCIPIO 2017] Agostino Di Scipio, « Storia *della* musica e storia *nella* musica. Alcune riflessioni sulle pratiche elettroacustiche », *Musica/Realtà*, n° 114, 2017 : 25-57.
- [DI SCIPIO 2018] Agostino Di Scipio, « Dwelling in a Field of Sonic Relationships. “Instrument” and “Listening” in an Ecosystemic View of Live Electronics Performance », dans [SALLIS *et al.* 2018] : 17-45.
- [DI SCIPIO 2020] Agostino Di Scipio, « L’expérimentation des techniques de jeu instrumental comme politique du son et de la musique », 2020, inédit.
- [DI SCIPIO et SANFILIPPO 2019] Agostino Di Scipio et Dario Sanfilippo, « Defining Ecosystemic Agency in Live Performance. The Machine Milieu Project as Practice-Based Research », *Array* (numéro spécial sur *Agency*, sous la direction de M. Akkerman et R. Gotfried), 2019.
- [DISTASO 2013] Leonardo Distaso, « Possibilità dell’aura tra arte e musica. Appunti su Benjamin e Adorno », *Rivista di estetica*, n° 52, 2013 : 69-80.
- [DÖBEREINER 2019] Luc Döbereiner, « Between the Abstract and the Concrete : a Constraint-Based Approach To Navigating Instrumental Space », *Computer Music Journal*, vol. 43, n° 1, 2019 : 8-20.
- [DOORNBUSCH 2002] Paul Doornbusch, « Composers’ views on mapping in algorithmic composition », *Organised Sound*, vol. 7, n° 2, 2002 : p. 145-56, 2002.
- [DOORNBUSCH 2010] Paul Doornbusch, *Mapping in Algorithmic Composition and Related Practices*. Thèse de doctorat, RMIT University, Victoria, 2010.
- [DUNN 1999] David Dunn, « Music, Language and Environment: an interview by René van Peer ». En ligne : <http://www.daviddunn.com/~david/Index2.html>
- [DUNN 2007] David Dunn, livret CD *Autonomous and Dynamical Systems*, New World Records, 2007.
- [DE ROSNAY 2015] Melanie Dulong De Rosnay, « Responsabilité » dans *Abécédaire des architectures distribuées* (sous la direction de Cécile Méadel et Francesca Musiani), Paris, Presses des Mines, 2015 : 203-208.
- [DUMOUCHEL et DUPUY 1983] Paul Dumouchel et Jean-Pierre Dupuy (sous la direction de), *L’auto-organisation. De la physique à la politique* (Colloque de Cerisy 1981), Paris, Seuil, 1983.
- [DUTILLEUX et ZOELZER, 2002] Pierre Dutilleux et Udo Zoelzer, « Nonlinear Processing », dans *DAFX – Digital Audio Effects* (sous la direction de U. Zoelzer), John Wiley & Sons, 2002 : 93-135.

Bibliographie

- [EDMONDS 2009] Bruce Edmonds, « The nature of noise », dans *Epistemological aspects of computer simulation in the social sciences* (sous la direction de F. Squazzoni), Berlin, Springer, 2009 : 169-182.
- [EDSON 1953] William A. Edson, *Vacuum tube oscillators*, New York, Wiley & Sons, 1953.
- [ELSHAFEI 2014] Ahmed Elshafei, *Une approche mathématique pour la forme architecturale*. Thèse de doctorat, Université Paris-Est, 2014.
- [ENGELL 2014] Lorenz Engell, « Entretien avec Bruno Latour : les médias sont-ils un mode d'existence ? », *Revue INA Global*, n° 2, 2014 : 146-157.
- [EMMERSON 1994] Simon Emmerson, « Live versus real-time », *Contemporary Music Review*, vol. 10, n° 2, 1994 : 95-101.
- [EMMERSON 2007a] Simon Emmerson, *Living Electronic Music*, Ashgate, Aldershot, 2007.
- [EMMERSON 2007b] Simon Emmerson, « Where next? New music, new musicology », Actes du symposium *Electroacoustic Music Studies Network*, Leicester, 2007 (<http://www.ems-network.org/spip.php?article293>)
- [EMMERSON 2012a] Simon Emmerson, « La poétique du “live” en musique électroacoustique », *Revue Francophone d'Informatique Musicale*, n° 2, 2012 (<http://revues.mshparisnord.org/rfim/index.php?id=215>)
- [EMMERSON 2012b] Simon Emmerson, « Location, dislocation, relocation (Where is live electronic music?) », *Seminário Ciência Música Tecnologia*, n° 4, 2012 (<http://www2.eca.usp.br/smct/ojs/index.php/smct/issue/view/6>)
- [EMMERSON 2012c] Simon Emmerson, « Live Electronic Music or Living Electronic Music? », dans *Bodily expression in electronic music : perspectives on reclaiming performativity* (sous la direction de D. Peters, G. Eckel et A. Dorschel) Routledge, Londres, 2012 : 152-162.
- [EMMERSON 2013] Simon Emmerson, « Rebalancing the discussion on interactivity », Actes de la conférence *Electroacoustic Music in the Context of Interactive Approaches and Networks*, Lisbonne, Electroacoustic Music Studies Network, 2013 (http://www.ems-network.org/IMG/pdf_EMS13_emmerson.pdf)
- [ERHESMANN et VANBREMEERSCH 1989] A.C. Erhesmann et J.-P. Vanbremeersch, « Modèle d'interaction dynamique entre un système complexe et des agents », *Revue internationale de systémique*, vol. 3, n° 3, 1989 : 315-341.
- [ERLMANN 2004] Veit Erlmann (sous la direction de), *Hearing Cultures. Essays on Sound, Listening and Modernity*, New York, Berg, 2004.
- [ERLMANN 2010] Veit Erlmann, *Reason and Resonance. A History of Modern Aurality*, New York, Zone Books, 2010.

Bibliographie

- [ETXE BERRIA *et al.* 1994] Arantza Etxeberria, Juan Julian Merelo et Alvaro Moreno, « Studying organisms with basic cognitive capacities in artificial worlds », *Intellectica*, n° 18, 1994 : 45-69.
-
- [FARNELL 2010] Andy Farnell, *Designing sound*, Cambridge Mass., MIT Press, 2010.
- [FASSIN 2006] Didier Fassin, « La biopolitique n'est pas une politique de la vie », *Sociologie et sociétés*, vol. 38, n° 2, 2006 : 35-48.
- [FEENBERG 1991] Andrew Feenberg, *Critical theory of technology*, Oxford University Press, 1991.
Traduction française, *Pour une théorie critique de la technique*, Lux/Humanités, Montréal, 2014.
- [FEENBERG 2004] Andrew Feenberg, *(Re)penser la technique. Vers une technologie démocratique*, La Découverte, Paris, 2004.
- [FEISST 2012] Sabine Feisst, « Music as place, place as music : the sonic geography of John Luther Adams », dans *The farthest place : the music of John Luther Adams* (sous la direction de Bernd Herzogenrath), Northeastern University Press, 2012 : 23-47.
- [FELD 2010] Steven Feld, « Acustemologia », dans *Spazi sonori della musica* (sous la direction de G. Giurati et L. Tedeschini-Lalli), Palermo, L'Epos, 2010.
- [FERNANDEZ 2009] Maria Fernandez, « Gordon Pask e il suo *Colloquy of Mobiles* », *Le arti del suono*, n° 2 : 53-64.
- [FERRARIS 2008] Maurizio Ferraris, « Science of Recording », dans *Philosophy of the Information Society* (Actes du Symposium International Ludwig Wittgenstein, Kirchberg, 2007) (sous la direction de H. Hrachovec et A. Pichler), Frankfurt, Ontos Verlag, 2008.
- [FERRARIS 2009] Maurizio Ferraris, *Documentalità. Perché è necessario lasciar tracce*, Bari, Laterza, 2009.
- [FEYERABEND 1999] Paul Feyerabend, *The conquest of abundance: a tale of abstraction versus the richness of being*, Chicago, University of Chicago Press, 1999.
- [FILIA TRAU et ARFIB 2005] Jehan-Julien Filatriau et Daniel Arfib, « Instrumental Gesture and Sonic Textures », *Proceedings of the 2nd International Conference on Sound and Music Computing*, Università di Salerno, 2005.
- [FITZGERALD 1998] John Fitzgerald, « An assemblage of drugs, desire an techno », *Angelaki. Journal of the theoretical humanities*, vol. 3, n° 2, 1998 : 41-60.
- [FLETCHER 1993] Neville Fletcher, « Nonlinear dynamics and chaos in musical instruments », dans *Complex systems: from biology to computation* (sous la direction de D. Green et T. Bossomaier), Amsterdam, IOS Press, 1993 : 106-117.

Bibliographie

- [FLICHY 1995] Patrice Flichy, *L'innovation technique*, La Découverte, Paris, 1995. Traduction italienne, *L'innovazione tecnologica. Le teorie dell'innovazione di fronte alla rivoluzione digitale*, Feltrinelli, Milano, 1996.
- [FOUCAULT 1976] Michel Foucault, *La volonté de savoir*, Paris, Gallimard, 1976.
- [FOURMENTRAUX 2005] Jean-Paul Fourmentraux, « Programmer l'interface. Les ambivalences d'une matrice relationnelle », *Questions de communication*, n° 8, 2005 : s.p.
En ligne : <http://questionsdecommunication.revues.org/4831>
- [FRANKLIN 1997] Stan Franklin, « Autonomous agents as embodied AI », *Cybernetics and systems*, vol. 28, n° 6, 1997 :499-520.
- [FROESE 2011] Tom Froese, « From second-order cybernetics to enactive cognitive science : Varela's turn from epistemology to phenomenology », *Systems research and behavioral science*, vol. 28, n° 6, 2011 : 631-645.
- [FUMAGALLI 2011] Andrea Fumagalli, « Twenty theses on contemporary capitalism (cognitive biocapitalism) », *Angelaki*, vol. 16, n° 3, 2011 : 7-17.
-
- [GARCIA REYES 2014] Juan Rodrigo Garcia Reyes, *L'enaction et l'art sonore numérique*, L'Harmattan, Paris, 2014.
- [GALLESE 2009a] Vittorio Gallese, « Neuroscienze e fenomenologia », *Enciclopedia del XXI secolo*, Treccani, Rome, 2009 : s.p.
En ligne : [http://www.treccani.it/enciclopedia/neuroscienze-e-fenomenologia_\(XXI-Secolo\)](http://www.treccani.it/enciclopedia/neuroscienze-e-fenomenologia_(XXI-Secolo)).
- [GALLESE 2009b] Vittorio Gallese, « Corpo vivo, simulazione incarnata e intersoggettività. Una prospettiva neuro-fenomenologica », dans [CAPPUCCIO 2009] : 293-326.
- [GALLET 2002] Bastien Gallet, « Techniques électroniques et art musical : son, geste, écriture », *Volume ! La revue des musiques populaires*, vol. 1, n° 1, 2002 : 17-28.
- [GAVER 1993] William Gaver, « What in the world do we hear? An ecological approach to auditory source perception », *Ecological Psychology*, vol. 5, n° 1, 1993 : 1-29.
- [GÉRARD 2010] Marie Gérard, « Canguilhem, Erwin Straus et la phénoménologie : la question de l'organisme vivant », *Bulletin d'analyse phénoménologique*, vol. 6, n° 2, 2010 : 118-145.
- [GIBSON 1966] James Gibson, *The Senses Considered as Perceptual Systems*, London, George Allen & Unwin, 1966.
- [GODDARD 2003] Jean-Christophe Goddard, « Autonomie, réduction et réflexivité : la philosophie naturelle de Francisco Varela et le projet transcendantal », *Intellectica*, n° 36/37, 2003 : 205-225.

Bibliographie

- [GODOY 2001] Rolf Inge Godøy, « Imagined action, excitation, and resonance » dans *Musical Imagery* (sous la direction de R.I.Godøy et H. Jørgensen), Lisse, Swets and Zeitlinger, 2001 : 237-250.
- [GOTTSCHALK 2016] Jenni Gottschalk, *Experimental Music since 1970*, New York, Bloomsbury, 2016.
- [GRAVES 1960] Robert Graves, *Greek myths*, Londres, Penguin, 1960. Première édition 1955.
- [GREEN 2006] Owen Green, « More than “Just a Hammer”: Critical Techniques in Electroacoustic Practice », texte d’une présentation délivrée à la *SoundAsArt Conference*, Aberdeen, 2006, s.p.
En ligne : <http://www.soundartarchive.net/articles/>
- [GREEN 2008] Owen Green, « Pondering value in the performance ecosystem », *eContact!*, vol. 10, n° 4, 2008 : s.p. En ligne : http://econtact.ca/10_4/green_ecosystem.html
- [GREEN 2013] Owen Green, *User serviceable parts. Practice, technology, sociality and method in live electronic musicking*, Ph.D. thesis, City University, Londres, 2013.
- [GUATTARI 1989] Félix Guattari, *Les trois écologies*, Éditions Galilée, Paris, 1989.
- [GUATTARI 1992] Félix Guattari, *Chaosmose*, Éditions Galilée, Paris, 1992.
- [GUILLAUMIN 2009] Catherine Guillaumin, « La réflexivité comme compétence : enjeu des nouvelles ingénieries de la formation », *Cahiers de sociolinguistique*, n° 14, 2009 : 85-101.
- [GUMBRECHT 2010] Hans Ulrich Gumbrecht, *Éloge de la présence : ce qui échappe à la signification*, Paris, Libella-Maren Sell, 2010. Original anglais *Production of presence*, Stanford University Press, 2004.
-
- [HAECKEL 1866] Ernst Haeckel, *Allgemeine Entwicklungsgeschichte der Organismen (Generelle Morphologie der Organismen)*, tome II, Reimer, Berlin, 1866).
- [HALLOWELL 2009] Ronan Hallowell, « Humberto Maturana and Francisco Varela’s Contribution to Media Ecology : Autopoiesis, The Santiago School of Cognition, and Enactive Cognitive Science », *Proceedings of the Media Ecology Association*, vol. 10, 2009 : 143-158.
- [HANDEL 1995] Stephan Handel, « Timbre perception and auditory object identification », dans *Hearing* (sous la direction de B. Moore), San Diego Ca., Academic Press, 1995 : 425-461.
- [HANSEN 2009] Mark Hansen, « System-Environments Hybrids », dans [CLARKE et HANSEN 2009] : 113-142.
- [HARAWAY 1991] Donna Haraway, *Simians, Cyborgs, and Women: The Reinvention of Nature*, Londres, Free Association Books, 1991.
- [HAYES 2019] Lauren Hayes, « Investigating autopoiesis in site-responsive sonic art », *Interference Journal* n° 7, 2019 : s.p. En ligne : <http://www.interferencejournal.org/>

- [HAWORTH 2014] Christopher Haworth, « Ecosystem or technical system? Technologically-mediated performance and the music of The Hub », Actes du symposium *Electroacoustic Music Studies Network*, Berlin, 2014 : s.p. En ligne : <http://www.ems-network.org/spip.php?article403>
- [HEGARTY 2001a] Paul Hegarty, « Full with noise: theory and Japanese noise music », sur le site *Ctheory* (sans périodisation), 2001 : s.p. En ligne : www.ctheory.net/articles.aspx?id=314
- [HEGARTY 2001b] Paul Hegarty, « Noise threshold: Merzbow and the end of natural sound », *Organised Sound*, vol. 6, n° 3, 2001 : 193-200
- [HEGARTY 2007] Paul Hegarty, *Noise Music. A History*, Londres, Continuum, 2007.
- [HEIDEGGER 1958] Martin Heidegger, « La question de la technique », dans Martin Heidegger, *Essais et conférences* (traduction par André Préau), Paris, Gallimard, 1958 (édition originale allemande 1954).
- [HEIDEGGER 1985] Martin Heidegger, *Être et Temps* (traduction par Emmanuel Martineau), Paris, Authentica, 1985 (édition originale allemande 1927).
- [HELMREICH 2010] Stefan Helmreich « Listening Against Soundscapes », *Anthropology News*, vol. 51, n° 9, 2010 : 10.
- [HEYING 2019] Madison Heying, *A complex and interactive network : Carla Scaletti, the Kyma System, and the Kyma user community*, Thèse de Doctorat, University of California Santa Cruz, 2019.
- [HENNION 1993] Antoine Hennion, « L’histoire de l’art. Leçons sur la médiation », *Réseaux*, n° 60, 1993 : 9-38.
- [HENNION et LATOUR 1993] Antoine Hennion et Bruno Latour, « Objet d’art, objet de science. Note sur les limites de l’anti-fétichisme », *Sociologie de l’art*, 6, 1993 : 7-24.
- [HERVÉ 2015] Jean-Luc Hervé, « L’œuvre musicale et son environnement », *Analyse musicale*, n° 76, 2015 : s.p. En ligne : <http://www.jeanlucherve.com/jeanlucherve/Germination.html>
- [HORCHLER *et al.* 2004] A.D. Horchler, R.E. Reeve, B.H. Webb et R.D. Quinn, « Robot Phonotaxis in the Wild: a Biologically Inspired Approach to Outdoor Sound Localization », *Advanced Robotics*, vol. 18, n° 8, 2004 : 801-816.
- [HÖRL 2012] Erich Hörl, « Le nouveau paradigme écologique. Pour une écologie générale des médias et des techniques », *Multitudes*, vol. 4, n° 51, 2012 : 74-85.
- [HÖRL 2013] Erich Hörl, « A Thousand Ecologies. The process of cyberneticization and general ecology », dans *The Whole Earth. California and the disappearance of the outside* (sous la direction de Diedrich Diederichsen et Anselm Franke), Sternberg, Berlin, 2013 : 121-130.
- [HÖRL 2015] Erich Hörl, « The technological condition », *Parrhesia*, n° 22, 2015 : 1-15.

Bibliographie

- [HUTCHINSON 1952-2003] G. Evelyn Hutchinson, « Turbulence as random stimulation of sense organs », dans *Proceedings of the Macy Conferences*, 1952. Reprise dans *Cybernetics. The Macy Conferences (1946-1953)*, tome I (sous la direction de Clause Pias), Zurich/Berlin, Diaphanes, 2003 :654-656.
-
- [ICLE 2012] Gilberto Icle, « Études de la présence : pour une approche non interprétative du processus de création des pratiques performatives brésiliennes », *Cultures – Kairós* (revue d'anthropologie des pratiques corporelles et des arts vivants), 2012 : s.p.
En ligne : <http://revues.mshparisnord.org/cultureskairos/index.php?id=507#tocto1n4>
- [ILIESCU 2016] Miha Iliescu, « Les musiques environnementales dans le tournant postmoderne. Entre l'éthique et l'esthétique », dans [SOLOMOS *et al.* 2016] : 217-228.
- [ILLICH 1975] Ivan Illich, *Nemesis médicale. L'expropriation de la santé*, Paris, Seuil, 1975.
- [INGOLD 2000] Tim Ingold, *The Perception of the Environment*, Londres, Routledge, 2000.
- [INGOLD 2007] Tim Ingold, « Against soundscape », dans *Autumn Leaves. Sound and the Environment in Artistic Practice* (sous la direction de A. Carlyle), Paris, Double Entendre, 2007. Révision apparue dans [INGOLD 2011].
- [INGOLD 2011] Tim Ingold, *Being alive : essays on movement, knowledge and description*, Routledge, Londres, 2011.
-
- [JANZ 2011] Tobias Janz, « Performativity and the musical work of art », dans *Word and music studies. Essays on performativity and on surveying the field* (sous la direction de Walther Bernhart), Rodopi, Amsterdam, 2011 : 1-15.
- [JAPPE et LATOUCHE 2014] Anselm Jappe et Serge Latouche, *Uscire dall'economia di mercato*, Milano, Mimesis Edizioni.
- [JENSENIUS et LYONS 2017] Alexander Jensenius et Michael Lyons (sous la direction de), *Fifteen Years of New Interfaces for Musical Expression*, Berlin Heidelberg, Springer, 2017.
- [JERKOVIC 2005] Katherine Jerkovic, *Un lieu de résonance*, Éditions de l'Université de Concordia, 2005.
- [JONAS 1990] Hans Jonas, *Le principe responsabilité*, Paris, Flammarion, 1990. Édition originale allemande *Das Prinzip Verantwortung*, 1979.
- [JONAS 1999] Hans Jonas, *Organismo e libertà. Verso una biologia filosofica*, Torino, Einaudi, 1999. Édition originale allemande *Das Prinzip Leben. Ansätze zu einer philosophischen Biologie*, 1966.
- [JONAS 2001] Hans Jonas, *Le phénomène de la vie : vers une biologie philosophique*, De Boeck, Paris, 2001. Édition originale allemande *Das Prinzip Leben. Ansätze zu einer philosophischen Biologie*, 1966.

Bibliographie

- [JØRGENSEN ET MÜLLER] S.E.Jørgensen et F. Müller (sous la direction de), *Handbook of Ecosystem Theories and Management*, New York, Lewis Publishers, 2000.
- [JOY 2012] Jérôme Joy, « Introduction à une histoire de la télémusique » 2012 : s.p.
En ligne <http://joy.nujus.net/w/index.php?page=PubliTelemusA2010>
- [JOY et SINCLAIR 2015] Jérôme Joy et Peter Sinclair, *Locus Sonus. 10 ans d'expérimentations en art sonore*, Marseille, Le mot et le reste, 2015.
- [JUTTEN 2009] Christian Jutten, *Théorie du signal*, Université Joseph Fourier, Polytech' Grenoble, 2009.
-
- [KANE 2007] Brian Kane, « L'Objet Sonore maintenant : Pierre Schaeffer, sound objects and the phenomenological reduction », *Organised sound*, vol. 12, n° 1, 2007 : 15-24.
- [KANE 2014] Brian Kane, *Sound unseen. Acousmatic sound in theory and practice*. Oxford University Press, 2014.
- [KANE 2019] Brian Kane, « The Fluctuating Sound Object », dans *Sound Objects* (sous la direction de J.A. Steintrager et R. Chow), Durham, Duke University Press, 2018 : 53-71.
- [KELLER *et al.* 2014] Damián Keller, Victor Lazzarini et Marcelo Pimenta (sous la direction de), *Ubiquitous Music*, Berlin Heidelberg, Springer, 2014.
- [KELMAN 2010] Ari Kelman, « Rethinking the Soundscape », *Senses and Society* vol. 5, n° 2, 2010 : 212-234.
- [KERSHAW 200] Baz Kershaw, *Theatre Ecology. Environments and Performance Events*, Cambridge University Press, 2007.
- [KIM-COHEN 2009] Seth Kim-Cohen, *In the blink of an ear : toward a non-cochlear sonic art*, New York, Continuum, 2009.
- [KIM et SEIFERT 2007] Jin Hyun Kim et Uwe Seifert, « Embodiment and Agency : Towards an Aesthetics of Interactive Performativity », Actes de la conférence *Sound and Music Computing*, Lefkada, 2007 : 230-237.
- [KOENIG 1955] Gottfried Michael Koenig, « Studioteknik », *Die Rehe*, n° 1, 1955 : 29.
- [KOENIG 1995] Gottfried Michael Koenig, *Genesi e forma. Nascita e sviluppo dell'estetica musicale elettronica* (sous la direction d'Agostino Di Scipio), Semar, Rome, 1995.
- [KOLLIAS 2017] Anglos Phivos Kollias, *Vers une musique orientée système : l'œuvre musicale auto-organisante*. Thèse en Doctorat, Université Paris VIII, 2017.

- [KRIMPHOFF *et al.* 1994] J. Krimphoff, S. McAdams et S. Winsberg, « Caractérisation du timbre des sons complexes – II. Analyses acoustiques et quantification psychophysique », *Journal de physique IV*, vol. 4, 1994 : 625-628.
- [KUIVILA 2004] Ronald Kuivila, « Open sources : Words, circuits, and the notation/realization relation in the music of David Tudor », *Leonardo music journal*, n° 14, 2004 : 17-23.
- [KWON 2002] Miwon Kwon, *One Place After Another : Site-specific Art and Locational Identity*, Cambridge Mass., MIT Press, 2002.
-
- [LaBELLE 2006] Brandon LaBelle, *Background noise. Perspectives on sound art*, Continuum, New York, 2006.
- [LaBELLE 2010] Brandon LaBelle (sous la direction de) *Manual for the Construction of a Sound as a Device to Elaborate Social Connection*, Olso, Atelier Nord, 2010.
- [LACHENMANN 2009] Helmut Lachenmann, *Écrits et entretiens* (sous la direction de Martin Kaltenecker), Contrechamps, Genève, 2009.
- [LAMARCHE-PERRIN 2011] Robin Lamarche-Perrin, « Conceptualisation de l'émergence : dynamiques microscopiques et analyse macroscopique des systèmes multi-agent », *Actes de l'Atelier Futur des Agents et des Multi-agents*, Chambéry, 2011 : s.p. En ligne : <https://hal.inria.fr/hal-00788809>
- [LAMARRE 2012] Thomas Lamarre, « Humans and Machines », *Inflexions* (« Simondon: Milieu, Techniques, Aesthetics »), n° 5, 2012 : 29-67.
- [LATOUCHE 1995] Serge Latouche, *La mégamachine. Raison technoscientifique, raison économique et mythe du progrès. Essais à la mémoire de Jacques Ellul*, Paris, La découverte-MAUSS, 1995.
- [LATOUCHE 1998] Serge Latouche, « La société moderne face au défi technologique : la mégamachine et le destin », *Revue Études Internationales*, vol. 29, n° 3, 1998 : 669-681.
- [LATOUCHE 2011] Serge Latouche, *Décoloniser l'imaginaire : la pensée créative contre l'économie de l'absurde*, Lyon, Paragon-VS, 2011.
- [LATOUCHE 2014] Serge Latouche, *Cornelius Castoriadis, ou l'autonomie radicale*, Neuvy-en-Champagne, Le passager clandestin, 2014.
- [LAVILLE 2000] Frédéric Laville, « La cognition située. Une nouvelle approche de la rationalité limitée », *Revue économique*, vol. 51, n° 6, 2000 : 1301-1331.
- [LASKE 1976] Otto Laske, *Music, memory, and thought: Explorations in cognitive musicology*, Michigan, Ill., University of Michigan, 1976.
- [LASKE 1989] Otto Laske, « Composition theory : an enrichment of music theory », *Interface (Journal of new music research)*, vol. 18, n° 1/2, 1989 : 45-59.

Bibliographie

- [LASKE 1990] Otto Laske, « The computer as the artist's alter ego », *Leonardo*, vol. 23, n° 1, 1990 : 53-66.
- [LATOUR 1987] Bruno Latour, *Science in action. How to follow scientists and engineers through society*. Open University Press, Milton Keynes, 1987.
- [LATOUR 1996] Bruno Latour, « On actor-network theory. A few clarifications plus more than a few complications », *Soziale Welt*, 47, 1996.
- [LATOUR 1999] Bruno Latour, *Pandora's Hope. Essays on the Reality of Science Studies*, Harvard University Press, 1999.
- [LATOUR 2007] Bruno Latour, « Une sociologie sans objet ? Remarques sur l'interobjectivité », dans *Objets & mémoires* (sous la direction d'Octave Debary et de Laurier Turgeon), Fondation Maison des sciences de l'homme, Paris/Les Presses de l'Université Laval (Québec), 2007 : 37-58.
- [LATOUR et LOWE 2011] Bruno Latour, Adam Lowe, « La migration de l'aura, ou comment explorer un original par le biais de ses fac-similés », *Intermédialités*, n° 17, 2011 : 173-191.
- [LEMAN 2007] Marc Leman, *Embodied Music Cognition and Mediation Technology*, Cambridge Mass., MIT Press, 2007.
- [LE MOIGNE 1977] Jean-Louis Le Moigne, *La théorie du système général (théorie de la modélisation)*, Paris, PUF, 1977. Nouvelle édition sur le site *Réseau Intelligence de la Complexité*, 2006 : s.p.
En ligne : <http://www.mcxapc.org/>
- [LE MOIGNE 1990] Jean-Louis Le Moigne, « Conception de la complexité et complexité de la conception », *Revue internationale de systémique*, vol. 4, n° 2, 1990 : 295-318.
- [LEONI 2009] Federico Leoni, « Il gesto fotografato. Note per un'archeologia della neurologia », dans [CAPPUCCIO 2009] : 211-232.
- [LEROI-GOURHAN 1945] André Leroi-Gourhan, *Milieu et technique*, Éditions Albin Michel 1945 et 1973.
- [LEWIS 1999] George Lewis, « Interacting with the latter-day musical automata », dans [BATTIER 1999] : 99-112.
- [LIBERMAN et MATTINGLY 1985] Alvin Liberman et Ignatius Mattingly, « The motor theory of speech perception revised », *Cognition*, n° 21, 1985 : 1-36.
- [LIPPE 2002] Cort Lippe, « Real-Time Interaction Among Composers, Performers, and Computer Systems », *Information Processing Society of Japan SIG Notes*, n° 123, 2002 : 1-6.
- [LIVINGSTON 2009] Ira Livingston, « Complex visuality, the radical middleground », dans [CLARKE et HANSEN 2009] : 246-261].
- [LOPEZ 1997] Francisco Lopez, « Schizophonia vs l'Objet Sonore : Soundscapes and Artistic Freedom », 1997 : s.p. En ligne : <http://www.franciscolopez.net/schizo.html>

- [LUCIER 1995] Alvin Lucier, *Reflections. Interviews, Scores, Writings* (sous la direction de G. Gronemeyer et R. Oelhschlagel), Berlin, MusikTexte, 1995.
- [LUHMANN 2009] Niklas Luhmann, « Self-organization and autopoiesis », dans [CLARKE et HANSEN 2009 : 143-156].
- [LUPONE et SENO 2005] Michelangelo Lupone et Lorenzo Seno, « Gran Cassa and the Adaptive Instrument Feed-Drum », dans *Computer Music Modeling and Retrieval* (sous la direction de R. Kronland-Martinet, T. Voinier et S. Ystad), Heidelberg, Springer 2005 : 149-163.
-
- [MANCILLA 2011] Roberto Gustavo Mancilla, « Introduction to sociocybernetics (Part 1) : third order cybernetics and a basic framework for society », *Journal of sociocybernetics*, n° 9, 2011 : 35-56.
- [MANNING 1985] Peter Manning, *Electronic and Computer Music*, Oxford, Clarendon Press, 1985.
- [MANOURY 2007] Philippe Manoury, « Considérations (toujours actuelles) sur l'état de la musique en temps réel », *L'étincelle*, n° 3, 2007 : s.p. En ligne : <http://etincelle.ircam.fr/733.html>
- [MARENTAKIS *et al.* 2014] Georgios Marentakis, David Pirrò, Raphael Kapeller, « Zwischenräume : a case study in the evaluation of interactive sound installations », Actes de l'*International Computer Music Conference*, Athens, 2014.
- [MARIÉTAN 2005] Pierre Mariétan, *Environnement sonore, approche sensible, concepts, modes de représentation*, Nîmes, Champ social, 2005.
- [MATHEWS 1969] Max Mathews, *The Technology of Computer Music*. Cambridge, MA., MIT Press, 1969.
- [MATTIN et ILES 2009] Mattin et Anthony Iles, *Noise & Capitalism*, Gipuzkoako Foru Aldundia/Arteleku, San Sebastian, 2009.
- [MATURANA 2002] Humberto Maturana, « Autopoiesis, structural coupling and cognition : a history of these and other notions in the biology of cognition », *Cybernetics & human knowing*, vol. 9, n° 3/4, 2002 : 5-34.
- [MATURANA et VARELA 1980] Humberto Maturana et Francisco Varela, *Autopoiesis and cognition. The realization of the living*, Reidel, Dordrecht, 1980.
- [MAYR 2012] Albert Mayr, « Deux écologies pour les basses fréquences », *Sonorités*, n° 7, 2012 : 33-46.
- [MAUBANT *et al.* 2013] Philippe Maubant, Lucie Roger et Michel Lejeune, « Déprofessionnalisation », *Recherche et formation*, n° 72, 2013.
- [MBUNGU MUTU 2010] Joseph Mbungu Mutu, *Éthique écologique et principe de la responsabilité : la théorie éthique de Hans Jonas face au progrès technoscientifique et à la crise écologique*, Peter Lang, 2010.

Bibliographie

- [McCARTHY 2007] Bob McCarthy, *Sound Systems : Design and Optimization*, Burlington Mass., Focal Press, 2007.
- [McCORMACK *et al.* 2009] Jon McCormack, Alice Eldridge, Alan Dorin, and Peter McIlwain, « Generative Algorithms for Making Music: Emergence, Evolution, and Ecosystems », dans [DEAN 2009] : 354-379.
- [McCORMACK 2012] Jon McCormack, « Creative Ecosystems », dans *Computers and Creativity* (sous la direction de J. McCormack, M. d'Inverno), Berlin Heidelberg, Springer, 2012 :39-60.
- [McCORMICK 2015] Lisa McCormick, « Performance perspectives », dans *The Routledge reader on the sociology of music* (sous la direction de John Shepherd et Kyle Devine), Routledge, New York, 2015 : 117-126.
- [McCULLOCH 1964] Warren McCulloch, « A historical introduction to the postulational foundations of experimental Epistemology », dans *Embodiments of mind* (sous la direction de W. McCulloch), MIT Press, Cambridge Mass. 1964 : 359-373.
- [MacKAY 1984] John MacKay, « On the perception of density and stratification in granular sonic textures: an exploratory study », *Interface – Journal of New Music Research*, vol. 13, 1984 : 171-186.
- [MERIC 2008] Renaud Meric, « Le bruit de fond est-il un son ? À propos d'Écosystèmes audibles 3a d'Agostino Di Scipio », *Filigrane*, n° 7, 2008 : 197-213.
- [MERIC et SOLOMOS 2011] Renaud Meric et Makis Solomos, « Écosystèmes audibles et structures sonores émergentes dans la musique d'Agostino Di Scipio. Une collaboration entre philosophie de la musique et analyse musicale », *Musurgia* vol. 18, n° 3, 2011 : 39-56.
- [MERLEAU-PONTY 1945] Maurice Merleau-Ponty, *Phénoménologie de la perception*, Paris, Gallimar, 1945.
- [MERSCH 2002] Dieter Mersch, *Ereignis und Aura. Untersuchung zu einer Ästhetik des Performativen*, Frankfurt, Surkhamp Verlag, 2002.
- [MERSCH 2015] Dieter Mersch, *Epistemologies of aesthetics*, Berlin, Diaphanes, 2015.
- [MICHAUD 2003] Yves Michaud, *L'art à l'état gazeux. Essai sur le triomphe de l'esthétique*, Stock, Paris, 2003. Traduction italienne *L'arte allo stato gassoso. Un saggio sull'epoca del trionfo dell'estetica*, Idea, Rome, 2007.
- [MIERMONT 1995] Jacques Miermont, « Réalité et construction des connaissances », *Revue Internationale de Systémique*, vol. 9, n° 2, 1995 : 251-268.
- [MIERMONT 2012] Jaques Miermont, *Écologie des liens entre expériences, croyances et connaissance*, Paris, L'Harmattan, 2012.

- [MITCHELL 2012] Robert Mitchell, « Simondon, Bioart and the Milieu of Biotechnology », *Inflexions*, n° 5, 2012 : 68-110.
- [MISDARIIS *et al.* 2010] N. Misdariis, A. Minard, P. Susini, G. Lemaitre, S. McAdams, E. Parizet, « Environmental Sound Perception: Metadescription and Modeling Based on Independent Primary Studies », *EURASIP Journal on Audio, Speech, and Music Processing*, 2010 : s.p.
En ligne : <https://link.springer.com/article/10.1155/2010/362013>
- [MOLINO 1999] Jean Molino, « La musique et l'objet », dans *Ouïr, entendre, écouter, comprendre après Schaeffer*, Buchet/Chastel, Paris, 1999 : 119-137.
- [MOLZINO 2013] Claude Molzino, *La vérité en musique*, Paris, Éditions Manucius, 2013.
- [MONTGOMERY 2009] Will Montgomery, « Beyond the Soundscape: Art and Nature in Contemporary Phonography », dans *The Ashgate Research Companion to Experimental Music* (sous la direction de J. Saunders), Surrey (UK), Ashgate Publishing Company : 2009 : 145-161.
- [MOORE 1982] Brian Moore, *An Introduction to the Psychology of Hearing*, Londres, Academic Press, 1982.
- [MORIN 1972a] Edgar Morin, « Le retour de l'événement », *Communications*, n° 18, 1972 : 6-20.
- [MORIN 1972b] Edgar Morin, « L'événement-Sphinx », *Communications*, n° 18, 1972 :
- [MORIN 1974] *Teorie dell'evento* (sous la direction d'Edgar Morin), Bompiani, Milano, 1974.
- [MORIN 1977] Edgar Morin, *La méthode (1). La nature de la nature*, Seuil, Paris, 1977.
- [MORIN 1986] Edgar Morin, *La méthode (3). La connaissance de la connaissance*, Seuil, Paris, 1986.
- [MORIN 1994] Edgar Morin, « Sur l'interdisciplinarité », *Bulletin interactif du Centre International de Recherches et Études Transdisciplinaires*, n° 2, 1994 : s.p.
En ligne : <http://ciret-transdisciplinarity.org/bulletin/b2.php#somm>
- [MORIN 2005a] Edgar Morin, « Complexité retreinte, complexité générale », texte rédigé pour une présentation au colloque *Intelligence de la complexité : épistémologie et pragmatique*, Cerisy-La-Salle (26 juin 2005). En ligne : <http://archive.mcxapc.org/docs/conseilscient/1003morin.pdf>
- [MORIN 2005b] Edgard Morin, *Introduction à la pensée complexe*, Seuil, Paris, 2005.
- [MORIN et PIATTELLI PALMARINI 1974], Edgard Morin et Massimo Piattelli-Palamarini, *L'unité de l'homme 2. Le cerveau humain*, Paris, Seuil, 1974.
- [MORTON 2007] Timothy Morton, *Ecology without nature. Rethinking environmental aesthetics*, Cambridge Mass., Harvard University Press, 2007.
- [MUDD *et al.* 2015] Tom Mudd, Simon Holland, Paul Mulholland, Nick Dalton, « Investigating the effects of introducing nonlinear dynamical processes into digital musical interfaces », Actes du symposium *Sound*

and Music Computing, Maynooth University (Ireland), 2015 : s.p.

En ligne : <http://smcnetwork.org/resources/smc2015>

[MUDD 2017] Tom Mudd, *Nonlinear Dynamics in Musical Interactions*. Thèse de doctorat, The Open University, 2017.

[MUMMA 1975] Gordon Mumma, « Live-electronic music », dans *The Development and Practice of Electronic Music* (sous la direction de J. Appleton et R. Perera), Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1975 : 286-335.

[MUMMA 2015] Gordon Mumma, *Cybersonic arts : adventures in american new music* (sous la direction de Michelle Fillion), Urbana Ill., University of Illinois Press, 2015.

[MURAIL 1991] Tristan Murail, « Écrire avec le Live-electronic », *La Revue Musicale*, n° 421-424, 1991 : 98.

—

[NAESS 1989] Arne Naess, *Ecology, community and lifestyle*, Cambridge University Press, 1989.
Traduction française *Écologie, communauté et style de vie*, Paris, Éditions MF, 2008.

[NANCY 1996] Jean-Luc Nancy, *Être singulier pluriel*, Éditions Galilée, Paris, 1996.

[NANCY 2002] Jean-Luc Nancy, *À l'écoute*, Éditions Galilée, Paris, 2002.

[NANCY 2013] Jean-Luc Nancy, *Politica e « essere con ». Saggi, conferenze, conversazioni*, Milano, Mimesis, 2013.

[NEGRI et HARDT 2009] Antonio Negri et Michael Hardt, *Comune. Oltre il privato e il pubblico*, RCS, Milan, 2010. Édition anglaise, *Commonwealth*, Cambridge Mass., Harvard University Press/Belknap Press, 2009.

[NELSON 2016] Peter Nelson, « But does the world listen? Some thoughts on communicative bonding between humans and the sounding world », dans [SOLOMOS *et al.* 2016] : 209-216.

[NEUHOFF 2004] John Neuhoff, « Auditory Motion and Localization », in *Ecological Psychoacoustics* (sous la direction de J. Neuhoff), Amsterdam, Elsevier, 2004 : 87-111.

[NEVEU et QUÉRÉ 1996] Érik Neveu et Louis Quéré, « Présentation », dans *Le temps de l'événement* (sous la direction de É. Neveu et L. Quéré) = *Réseaux*, n° 75, 1996 : 1-15.

[NÖTH 1998] Winfried Nöth, « Ecosemiotics », *Sign Systems Studies*, n° 26, 1998 : 332-343.

[NOUDELMANN 1998] François Noudelmann, « L'espace à double entente », dans *L'espace : musique/philosophie* (sous la direction de Jean-Marc Chauvel et Makis Solomos), Paris, L'Harmattan, 1998 : 391-401.

—

- [O'BRIEN 2001] Teresa O'Brien, « 'Recherche-action/recherche basée sur la pratique' et développement professionnel », *Recherche et pratiques pédagogiques en langues de spécialité*, vol. 21, n° 2, 2001 : 7-23.
- [ODUM 1953] Eugene Odum, *Fundamentals of ecology*. W. B. Saunders, Philadelphia, 1953.
- [ODUM 2001] Eugene Odum, « The techno-ecosystem », *Bulletin of the Ecological Society of America*, vol. 82, n° 2, 2001 : 137-138.
- [ODUM et BARRETT 2005], Eugene Odum, Gary Barrett, *Fundamentals of ecology*. Thomson Brooks-Cole, Belmont, 2005 Réédition de [ODUM 1953].
- [OLIVEROS 1995] Pauline Oliveros, « Acoustic and Virtual Space as a Dynamic Element of Music »: *Leonardo Music Journal*, n° 5, 1995 : 19-22.
- [OPPENHEIM et SCHAFER 1974] Alan Oppenheim et Ronald Schafer, *Digital Signal Processing*, New Jersey, Prentice-Hall, 1974.
- [OPPENHEIM *et al.* 1998] Alan Oppenheim, Ronald Schafer et John Buck, *Discrete-time Signal Processing*, New Jersey, Prentice-Hall, 1998.
- [ORR 2002] David Orr, *The Nature of Design. Ecology, Culture and Human Intention*, Oxford University Press, 2002.
-
- [PAQUIN 2019] Louis-Claude Paquin, « Méthodologie de la recherche-crédation », 2019 : s.p.
En ligne : <http://lcpaquin.com/methoRC/>
- [PALTRINIERI 2010] Luca Paltrinieri, « L'équivoque biopolitique », *Chimères*, n° 74, 2010 : 153-166.
- [PANACCIO-LETENDRE 2011] Charlotte Panaccio-Letendre, *L'œuvre d'art comme dispositif. Hétérogénéité et réévaluation de la notion de public*, Montréal, Université du Québec, 2011.
- [PAPE 2010] Toni Pape, « Performance et performativité », *Intermédiatités* (supplément électronique *Théatraliser*, sous la direction de Jean-Marc Larrue), n° 5, 2010 : s.p.
En ligne : <http://cri.histart.umontreal.ca/cri/fr/intermedialites/interface/numeros.html>
- [PASK 1959] Gordon Pask, « Physical analogues to the growth of a concept », Actes du symposium *Mechanization of Thought Processes*, Londres, 1959 : 877-922.
- [PASK 1960] Gordon Pask, « The natural history of networks » dans *Self-organizing systems* (sous la direction de M.C. Yovits and S. Cameron), New York, Pergamon Press, 1960 : 232-263.
- [PASK 1971] « A Comment, A Case History, and a Plan », in *Cybernetics, Art and Ideas* (sous la direction de Jasja Reichardt) London, Studio Vista, 1971 : 76-99.
- [PEETERS 2004] Geoffrey Peeters, « A large set of audio features for sound description (similarity and classification) in the CUIDADO project », 2004 : s.p.
En ligne : http://recherche.ircam.fr/anasyn/peeters/ARTICLES/Peeters_2003_cuidadoaudiofeatures.pdf

- [PEETERS *et al.* 2011] G. Peeters, B. Giordano, P. Susini, N. Misdariis, S. McAdams, « The Timbre Toolbox : Extracting audio descriptors from musical signals », *Journal of the Acoustical Society of America*, 130(5), 2011 : 2902-2916.
- [PETIT 2003] Jean-Luc Petit, « La spatialité originaire du corps propre. Phénoménologie et neurosciences », *Revue de synthèse*, n° 124, 2003 : 139-171.
- [PHELAN 1993] Peggy Phelan, *Unmarked: The Politics of Performance*, Londres, Routledge, 1993.
- [PIAGET 1974] Jean Piaget, « L'épistémologie des relations interdisciplinaires », dans *Internationales Jahrbuch für interdisziplinäre Forschung*, n° 1, 1974 : 154-172.
- [PICKLES 2016] Daren Pickles, *Cybernetics in Music*. Thèse de Doctorat, Coventry University, 2016.
- [PIERCE 1980] John Pierce, *An Introduction to Information Theory: Symbols, Signals & Noise*. Dover Publications, 1980.
- [PIERCE 1990] John Pierce, « Rate, Place, and Pitch with Tonebursts », *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, vol. 7, n° 3, 1990 : 205-211.
- [PIRRÒ 2017] David Pirrò, *Composing Interactions*. Thèse de Doctorat, KunstUniversitaet/IEM, Graz, 2017.
- [POPPER 1980] Frank Popper, *Art, action et participation: l'artiste et la créativité aujourd'hui*, Paris, Edition Klincksieck, 1980.
- [POUSSEUR 1970] Henri Pousseur, *Fragments théorique I : sur la musique expérimentale*, Université Libre de Bruxelles, 1970.
- [POUSSEUR 1976] Henri Pousseur (sous la direction de), *La musica elettronica. Testi scelti e commentati*, Milano, Feltrinelli, 1976.
- [PREVOST 2009] Edwin Prèvest, « Free improvisation in music and capitalism. Resisting authority and the cults of scientism and celebrity », dans [MATTIN et ILES 2009 : 38-59].
- [PROMINSKI 2007] Martin Prominski, « Ökosysteme entwerfen », dans *Landschaft in einer Kultur der Nachhaltigkeit*. Band II (sous la direction de U. Eisel et S. Körner), Universität Kassel, 2007 : 146-157.
- [PROTEVI 2009] John Protevi, « Beyond autopoiesis : inflections of emergence and politics in the work of Francisco Varela », dans [CLARKE et HANSEN 2009 : 94-112].
- [PRUNET 2014] Camille Prunet, *Le vivant dans l'art : un questionnement renouvelé par l'essor des nouvelles technologies*. Thèse de doctorat, Université Paris III, 2014.
- [PUCKETTE 1996] Miller Puckette, « Pure Data », *Proceedings of the International Computer Music Conference*. San Francisco, International Computer Music Association, 1996 : pp. 224-227.
- [PUCKETTE 2006] Miller Puckette, *Theory and Techniques of Electronic Music*, University of California, San Diego, 2006. En ligne : <http://msp.ucsd.edu/techniques/v0.11/book.pdf>

Bibliographie

- [PYRGAS 1992] Kestutis Pyrgas, « Continuous Control of Chaos by Self-controlling Feedback », *Physics Letters*, n° 170, 1992 : 421-428.
-
- [QUÉRÉ 1997] Louis Quéré, « La situation toujours négligée ? », *Réseaux*, n° 85, 1997 : 163-192.
-
- [RAES 2014] Gottfried-Willem Raes, « Experimental art as research », dans *Artistic experimentation in music* (sous la direction de Darla Crispin et Bob Gilmore), Leuven University Press, 2014 : 55-61.
- [RAMMERT 2008] Werner Rammert, « Where the Action is : Distributed Agency Between Humans, Machines, and Programs », dans *Paradoxes of interactivity* (sous la direction d'A. Moore, U. Swifert, J.H.Kim), Londres, Transaction Publishers, 2008 : 63-91.
- [RANCIÈRE 2000] Jacques Rancière, *Le partage du sensible*, Paris, La Fabrique, 2000.
- [RANCIÈRE 2006] Jacques Rancière, « Thinking between disciplines : an aesthetics of knowledge », *Parrhesia*, vol. 1, n° 1, 2006 : 1-12.
- [RANCIÈRE 2011] Jacques Rancière, « The thinking of dissensus : politics and aesthetics », dans *Reading Ranciere* (sous la direction de Paul Bowman et Richard Stamp), Londres, Continuum, 2011 : 1-17.
- [REBELO 2014] Pedro Rebelo, « Instrumental Parasites: Interfacing the Fragile and the Robust », présentation à la conférence *Inter-Face, International Conference on Live Interfaces*, Lisbon, 2014, s.p.
En ligne : <https://pedrorebelo.wordpress.com/2015/01/31/instrumental-parasites-interfacing-the-fragile-and-the-robust/>
- [RENNARD 2002] Jean-Philippe Rennard, *Vie artificielle. Où la biologie rencontre l'informatique*, Vuibert, Paris, 2002.
- [REYBROUCK 2001] Mark Reybrouck, « Musical imagery between sensory processing and ideomotor simulation », dans *Musical imagery* (sous la direction de R.I.Godøy et H. Jørgensen), Lisse, Swets & Zeitlinger, 2001 : 117-136.
- [REYBROUCK 2005] Mark Reybrouck, « A biosemiotic and ecological approach to music cognition : event perception between auditory listening and cognitive economy », *Axiomathes*, n° 15, 2005 : 229-266.
- [REYBROUCK 2015] Mark Reybrouck, « Music as environment : an ecological and biosemiotic approach », *Behavioral Science*, n° 5, 2015 : 1-26.
- [RIMOLDI et MANZOLLI 2016] Gabriel Rimoldi et Jônatas Manzolli, « Medidas de quantificação recorrência: uma proposta de análise para *Audible Ecosystems* de Agostino Di Scipio », Actes du XXVI Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Música, Belo Horizonte, 2016 : s.p.
En ligne : <http://www.anppom.com.br/congressos/index.php/26anppom/bh2016/paper/view/4234>

Bibliographie

- [ROGNONI 1956] Luigi Rognoni, « La musica elettronica e il problema della tecnica », texte d'une conférence prononcée à Darmstadt, 1956. Repris dans Luigi Rognoni, *Fenomenologia della musica radicale*, Garzanti, Milano, 1974 : 23-53.
- [ROADS 1998] Curtis Roads, *L'audionumérique. Musique et informatique*, Dunod, Paris, 1998.
- [ROADS 2001] Curtis Roads, *Microsound*, MIT Press, Cambridge Mass., 2001.
- [RODGERS 2012] Tara Rodgers, « Toward a feminist historiography of electronicmusic », dans [STERNE 2012] : 475-489.
- [RODEN 2007] David Roden, « Sonic art and the nature of sonic events », *European Review of Philosophy* (numéro special *Objects and Sound Perception*, sous la direction de Nicolas J. Bullot e Paul Egré), n° 7, 2007 : 171-190.
- [ROWE 1993] Robert Rowe, *Interactive Music Systems : Machine Listening and Composing*, Cambridge Mass., MIT Press, 1993.
- [ROWE 2001] Robert Rowe, *Machine Musicianship*, Cambridge Mass., MIT Press, 2001.
- [RUELLE 2005] Charles Ruelle, « Population, milieu et normes », *Labyrinthe*, vol. 22, n° 3 : 2005 : 27-34.
- [RÜTH 2008] Uwe Rùth « Stimmung, Atmosphäre, Aura. Wàrnehmung in der künstlerischen Klanginstallationen », *Musik-Konzepte*, n° 11, 2008 : 67-84.
- [RYLE 1978] Gilbert Ryle, « Le “savoir-comment” et le “savoir-que” », dans *La notion d'esprit. Pour une critique des concepts mentaux*, Paris, Payot, 1978 : 30.
-
- [SAINT-LUC 2012] Florence Saint-Luc, « *La recherche-action : une recherche à visée formatrice et transformatrice* », 2012. En ligne : <https://saintlucflorence.wordpress.com/la-recherche-action/>
- [SALADIN 2013] Matthieu Saladin (sous la direction de), *L'expérimentation en question = Tacet*, n° 2, 2013.
- [SALADIN 2017] Matthieu Saladin, « Electroacoustic Feedback and the Emergence of Sound Installation: Remarks on a line of flight in the live electronic music by Alvin Lucier and Max Neuhaus », *Organised Sound*, vol. 22, n° 2, 2017 : 268-275.
- [SALLIS *et al.* 2018] Friedmann Sallis, Laura Zattra, Ian Burle, et Valentina Bartolani (sous la direction de) *Live Electronic Music. Composition, Performance and Study*, New York, Routledge, 2018.
- [SALTER 2010] Chris Salter, *Entangled. Technology and the transformation of performance*, Cambridge Mass., MIT Press, 2010.
- [SANFILIPPO 2012] Dario Sanfilippo, « Osservare la macchina performante e intonare l'ambiente. *Microphone* di David Tudor », *Le Arti del Suono*, n° 6, 2012 : 70-82.

Bibliographie

- [SANFILIPPO 2018] Dario Sanfilippo, « Time-variant infrastructures and dynamical adaptivity for higher degrees of complexity in autonomous music feedback systems: the *Order from noise* project », *Musica/Tecnologia*, n° 11-12, 2018 : 121-131.
- [SANFILIPPO et VALLE 2013] Dario Sanfilippo, Andrea Valle, « Feedback systems : an analytical framework », *Computer Music Journal*, vol. 37, n° 2, 2013 : 12-27.
- [SANDEN 2013] Paul Sanden, *Liveness in modern music : musicians, technology, and the perception of performance*, New York, Routledge, 2013.
- [SANTACESARIA 2018] Luisa Santacesaria, « Group improvisation in Italy today : an imaginary concert series », dans *Free improvisation : history and perspectives* (sous la direction de A. Sbordoni et A. Rostagno), Lucca, LIM, 2018 : 201-212.
- [SARTENAER 2010] Olivier Sartenaer, « Définir l'émergence », *Revue des Questions Scientifiques*, vol. 181, n° 3, 2010 : 371-404.
- [SCALETTI 2002] Carla Scaletti, « Computer Music Languages, Kyma, and the Future », *Computer Music Journal*, vol. 26, n° 4, 2002.
- [SCALETTI et HEBEL 1991] Carla Scaletti, Kurt Hebel. « An Object-Based Representation for Digital Audio Signals ». In *Representations of Musical Signals* (sous la direction de G. De Poli, A. Piccialli et C. Roads) Cambridge Mass., MIT Press, 1991 : 371-389.
- [SCALES et SNIEDER 1998] John Scales et Roel Snieder, « What is noise? », *Geophysics*, vol. 63, n° 4, 1998 : 1122-1124.
- [SCHAEFFER 1952] Pierre Schaeffer, *À la recherche d'une musique concrète*, Paris, Seuil, 1952.
- [SCHAEFFER 1966] Pierre Schaeffer, *Traité des objets musicaux. Essai interdisciplines*, Seuil, Paris, 1966. Révision avec extensions 1977.
- [SCHAFER 1969], Raymond Murray Schafer, *The New Soundscape*, Scarborough Ontario, Berandol, 1969.
- [SCHAFER 1977], Raymond Murray Schafer, *The Tuning of the World*, A. Knopf, New York, 1977. Traduction française *Le Paysage sonore*, J.C. Lattès, Paris, 1981.
- [SHANNON et WEAVER 1963] Claude Shannon and Warren Weaver, *The Mathematical Theory of Communication*, University of Illinois Press, 1963.
- [SCHECHNER 2002] Richard Schechner, *Performance studies : an introduction*, New York, Routledge, 2002.
- [SCHMIDT 2009] Nina Schmidt, « Fondements théoriques à l'existence empirique des êtres collectifs », *Horizon* (numéro special *Les détails et leur grandeur*), n° 2, 2009 : s.p.
En ligne : <http://www.revue-sociologique.org/node/22>

- [SCHNELL et BATTIER 2002] Norbert Schnell et Marc Battier, « Introducing Composed Instruments. Technical and Musicological Implications », Actes de la conférence *New Instruments for Musical Expression*, Dublin, 2002 : 1-5.
- [SCHÖN 1996] Donald Schön, *Le tournant réflexif. Pratiques éducatives et études de cas*, Paris, Éditions Logiques, 1996.
- [SCHRÖDER 2011] Julia Schröder (sous la direction de), Actes de la conférence *Sound – System – Theory : Agostino di Scipio's Work between Composition and Sound Installation*, Universität der Künste, Berlin, 2011 = revue *Auditive Perspektiven* n° 3, 2011. En ligne : <http://www.kunsttexte.de/index.php?id=31>
- [SCHWARTZ 2011] Hillel Schwartz, *Making noise: from Babel to the big Bang and beyond*, Cambridge Mass., MIT Press/Zone Books, 2011.
- [SCRUTON 1997] Roger Scruton, *The aesthetics of music*, Oxford University Press, 1997.
- [SÈVE *et al.* 2005] Lucien Sève, Roland Charlionet, Philippe Gascuel, François Gaudin, José Gayoso, Janine Gusping-Michel et Camille Ripoll, *Émergence, complexité et dialectique. Sur les systèmes dynamiques non linéaires*, Paris, Odile Jacob, 2005.
- [SHANKEN 2002] Edward Shanken, « Cybernetics and art : cultural convergence in the 1960s », dans *From Energy to Information* (sous la direction de Bruce Clarke et Linda Dalrymple Henderson), Stanford University Press, 2002 : 155-77.
- [SIMONDON 1958/1969] Gilbert Simondon, *Du mode d'existence des objets techniques*, Aubier-Montaigne, Paris, 1958. Les citations sont repris de l'édition de 1969.
- [SMALL 1998] Christopher Small, *Musicking. The meanings of performing and listening*, Hanover N.E., Wesleyan University Press, 1998.
- [SMIRNOV 2013] Andrey Smirnov, *Sounds in Z. Experiments in sound and electronic music in early 20th century Russia*, Londres, Koenig Books, 2013.
- [SOLOMOS 1998] Makis Solomos, « L'espace-son », dans *L'espace : musique, philosophie* (sous la direction de Jean-Marc Chouvel et Makis Solomos), Paris, L'Harmattan, 1998 : 221-224.
- [SOLOMOS 1999] Makis Solomos, « Schaeffer phénoménologue », dans *Ouïr, entendre, écouter, comprendre après Schaeffer*, Paris, Buchet/Chastel, 1999 : 53-68.
- [SOLOMOS 2008a] Makis Solomos, « Bruits 'entonnés' et sons 'convenables': Russolo et Schaeffer ou la domestication des bruits », *Filigrane*, n° 7, 2008 : 133-148.
- [SOLOMOS 2008b] Makis Solomos, « Complex questions for Simple Music. Minimalism and "Post-Cageian American Experimental Music" from 1965 to 1975 », dans *The Limits of Composition?*, Madrid, La Casa Encendida, 2009 : 31-48.

Bibliographie

- [SOLOMOS 2012] Makis Solomos, « Entre musique et écologie sonore : quelques exemples », *Sonorités*, n° 7, 2012 : 167-186.
- [SOLOMOS 2013] Makis Solomos, *De la musique au son. L'émergence du son dans la musique des XX^e-XXI^e siècles*, Presses universitaires de Rennes, 2013.
- [SOLOMOS 2014] Makis Solomos (sous la direction de), *Agostino Di Scipio : Audible Ecosystems* = revue *Contemporary Music Review*, vol. 33, n° 1, 2014.
- [SOLOMOS 2016] Makis Solomos, « Musique et décroissance. Une première approche », dans *Art i decreixement/Arte y decrecimiento/Art et décroissance* (sous la direction de Carmen Pardo), Girona, Documenta Universitaria, 2016 : 97-112.
- [SOLOMOS 2018a] Makis Solomos, « L'écoute musicale comme construction du commun », *Circuit. Musiques contemporaines*, vol. 28, n° 3, 2018 : 54-64.
- [SOLOMOS 2018b] Makis Solomos, « Du son aux espace, environnement, paysage, milieu, ambiance... sonores », *Paragraph*, vol. 41, n° 1, 2018 : 95-109.
- [SOLOMOS *et al.* 2016] Makis Solomos, Roberto Barbanti, Guillaume Loizillon, Kostas Paparrigopoulos, Carmen Pardo (sous la direction de), *Musique et écologies du son. Propositions théoriques pour une écoute du monde*, Paris, L'Harmattan, 2016.
- [SPITZER 1942] Leo Spitzer, « Milieu and Ambience. An Essay in Historical Semantics », *Philosophy and Phenomenological Research*, vol. 3, n° 1, 1942 : 1-42.
- [STAPLETON 2017] Paul Stapleton, « Beyond Control : Improvisation, listening and distributed agency in human-machine musical ecosystems », 2017. En ligne : <http://www.paulstapleton.net/portfolio/with-text>
- [STERNE 2003] Jonathan Sterne, *The audible past. Cultural origins of sound reproduction*, Duke University Press, 2003. Traduction française *Une histoire de la modernité sonore*, La Découverte, Paris, 2015.
- [STERNE 2009] Jonathan Sterne, « The Preservation Paradox in Digital Audio », dans *Sound Souvenirs. Audio Technology, Memory, and Cultural Practice* (sous la direction de K. Bijsterveld et J. van Dick), Amsterdam University Press : 55-67.
- [STERNE 2012] Jonathan Sterne (sous la direction de), *The sound studies reader*, Routledge, New York, 2012.
- [STÉVANCE 2012] Sophie Stévançe, « À la recherche de la recherche-crétation : la création d'une interdiscipline universitaire », *Intersections. Revue canadienne de musique*, vol. 33, n° 1, 2012 : 3-9.
- [STÉVANCE et LACASSE 2013] Sophie Stévançe et Serge Lacasse, *Les Enjeux de la recherche-crétation en musique : institution, définition, formation*. Québec, Presses de l'Université Laval, 2013.

Bibliographie

- [STEWART 1992] John Stewart, « Life = Cognition: the epistemological and ontological significance of Artificial Life », dans *Towards a Practice of Autonomous Systems* (sous la direction de P. Bourguin et F. Varela), Cambridge Mass., MIT Press, 1992 : 475-483.
- [STEWART 1993] John Stewart, « Cognition without Neurons: Adaptation, Learning and Memory in the Immune System », *Cognitiva*, vol. 5, n° 2, 1993 : 187-202.
- [STOCKHAUSEN 1956] Karlheinz Stockhausen, « Musica elettronica e musica strumentale », *Incontri musicali*, n° 1, 1956 : 70-78.
- [STOCKHAUSEN 1963] Karlheinz Stockhausen, « Arbeitsbericht 1953 : die Entstehung de elektronischen Musik », dans *Texte zur elektronischen und instrumentalen Musik*, vol. 1, DuMont Schauberg, Cologne, 1963.
- [STRATE 2004] Lance Strate, « A Media Ecology Review », *Communication Research Trends*, vol. 23, n° 2, 2004 : 3-48.
- [STRAUS 2000] Erwin Walter Straus, *Du sens des sens. Contribution à l'étude des fondements de la psychologie*, Jérôme Million, Grenoble, 2000. Édition originale allemande *Vom Sinn der Sinne*, 1935.
- [SUNDBERG 1987] Johan Sundberg, *The Science of the Singing Voice*, Dekalb, Norther Illinois University Press, 1987.
- [SZENDY 2001] Peter Szendy, *Écoute, Une histoire de nos oreilles*, Minuit, Paris, 2001.
-
- [TATAR et PASQUIER 2019] Kıvanç Tatar et Philippe Pasquier, « Musical agents: A typology and state of the art towards Musical Metacreation », *Journal of New Music Research*, vol. 48, n° 1, 2019 : 56-105.
- [THIBAUT 2012] Walter Thibault, *Critique des dispositifs culturels et théologiques du son, du silence et du bruit. John Cage, R. Murray Schafer, Zbigniew Karkowski*. Thèse de doctorat, Université de Lausanne, 2012.
- [THÉBERGE 1989] Paul Théberge, « The sound of music : technological rationalisation and the production of popular music », *New Formations*, n° 8, 1989 : 99-111.
- [THOMPSON 2007] Evan Thompson, *Mind in Life. Biology, Phenomenology and the Sciences of the Mind*, Cambridge Mass., Harvard University Press, 2007.
- [THOMPSON 2009] Evan Thompson, « Life and mind : from autopoiesis to neurophenomenology », dans *Emergence and embodiment : new essays on second-order systems theory* (sous la direction de Bruce Clarke et Mark Hansen), Duke University Press, 2009: 77-93.
- [THOMPSON 2014] Marie Suzanne Thompson, *Beyond unwanted sound. Noise, affect and aesthetic moralism*, Newcastle, International Centre for Music Studies, 2014.
- [THRIFT 2006] Nigel Thrift, « Space », *Theory, culture & society*, vol. 23, n° 2/3, 2006 : 139-155.

- [THUILLIER 1995] Pierre Thuiller, *La grande implosion. Rapport sur l'effondrement de l'Occident 1999-2002*, Paris, Fayard, 1995.
- [TERUGGI 2007] Daniel Teruggi, « Technology and *Musique Concrète* : the Technical Developments of the Groupe de Recherches Musicales and their Implication in Musical Composition », *Organised Sound*, vol. 12, n° 3, 2007 : 213-31.
- [TODOROFF 2002] Todor Todoroff, « Control of Digital Audio Effects », dans *DAFX – Digital Audio Effects* (sous la direction de U. Zoelzer), John Wiley & Sons, 2002 : 465-490.
- [TOMAS 1996] David Tomas, *Transcultural Space and Transcultural Beings*, Boulder (CO), Westview Press, 1996.
- [von TRIER 1980] W. E. Van Trier, « La recherche-action », *Déviance et société*, vol. 4, n° 2, 1980 : 179-193.
- [TRAYLE 1991] Mark Trayle, « Nature, Networks, Chamber Music », *Leonardo Music Journal*, vol. 1, n° 1, 1991 : 51-53.
- [TRUAX 1984] Barry Truax, *Acoustic communication*, Ablex Publ. Corp., Nordwood, N.J., 1984.
- [TRUAX 1995] Barry Truax, « Sound in Context: Acoustic Communication and Soundscape Research Simon Fraser University », dans *Actes de la International Computer Music Conference*, Banff, 1995 : 1-5.
- [TRUAX 2012] Barry Truax, « Sound, Listening and Place: The aesthetic dilemma », *Organised Sound*, vol. 17, n° 3, 2012 : 193-201.
- [TRUAX 2013] Barry Truax, présentation invitée au Symposium *Beyond Soundscape*, Belfast, SARC, Queen's University, 2013. En ligne : <http://www.sfu.ca/~truax/soundscape.html>
-
- [UZEL 2007] Jean-Philippe Uzel, « L'art contemporain, sans objet ni mémoire... », dans *Objets & Mémoires* (sous la direction d'Octave Debary et Laurier Turgeon), Fondation Maison des sciences de l'homme, Paris/Les Presses de l'Université Laval, Québec, 2007 : 183-196.
-
- [VAGGIONE 1996] Horacio Vaggione, « Articulating micro-time », *Computer music journal*, vol. 20, n° 1, 1996 : 33-38.
- [VAGGIONE 2008] Horacio Vaggione, « Composition musicale : représentations, granularités, émergences », dans *Musique et cognition* (sous la direction d'Anne Sedes) = numéro spécial de *Intellectica. Revue de l'Association pour la recherche cognitive*, n° 48/49, 2008 : 155-174.
- [VALLE 2011] Andrea Valle, « Audio Physical Computing », présentation à la conférence *Sound and Music Computing*, 2011, s.p. En ligne : http://www.smc-conference.org/smc11/papers/smc2011_50.pdf

- [VANDENBERGHE 1997] Frédéric Vandenberghe, *Une histoire critique de la sociologie allemande*, Paris, La Découverte, 1997
- [van de VIJVER 1992] Gertrudis Van de Vijver, « The experimental epistemology of Warren S. McCulloch : a minimalistic interpretation », dans *New perspectives on cybernetics : self-organization, autonomy and connectionism* (sous la direction de G. Van de Vijver), Dordrecht, Kluwer, 1992 : 105-123.
- [van ECK 2016] Cathy van ECK, *Microphones and Loudspeakers as Musical Instruments*, Bloomsbury, 2016.
- [van DUIJN *et al.* 2006] Marc van Duijn, Fred Keijzer et Daan Franken, « Principles of Minimal Cognition Casting Cognition as Sensorimotor Coordination », *Adaptive Behaviour*, vol. 14, n° 2, 2006 : 157-170.
- [VARELA 1976] Francisco Varela, *Principles of Biological Autonomy*, New York, Elsevier, 1976.
- [VARELA 1986] Francisco Varela, « Experimental epistemology : background and future », *Revue Internationale de Systémique* n° 1, 1986 : 209-224.
- [VARELA 1989a] Francisco Varela, *Autonomie et connaissance. Essai sur le vivant*, Paris, Seuil, 1989.
- [VARELA 1989b] Francisco Varela, *Invitation aux sciences cognitives*, Paris, Seuil, 1989.
- [VARELA 1992] Francisco Varela, *Un know-how per l'etica*, Laterza, Bari, 1992.
- [VARELA 2009] Francisco Varela, « Neurofenomenologia. Un rimedio metodologico al “problema difficile” », dans [CAPPUCCIO 2009 :].
- [VARELA *et al.* 1993] Francisco Varela, Evan Thompson, Eleanor Rosch, *L'inscription corporelle de l'esprit. Sciences cognitives et expérience humaine*, Paris, Seuil, 1993.
- [VERFAILLE 2002] Vincent Verfaille, « Réalisation d'effets audionumériques adaptatifs en temps réel et hors temps réel », Actes des *Journées d'Informatique Musicale*, Marseille, 2002 : 33-40.
- [VERFAILLE 2003] Vincent Verfaille, *Effets audionumériques adaptatifs : théorie, mise en œuvre et usage en création musicale numérique*, Thèse de doctorat, Université de Marseille, 2003.
- [VERFAILLE 2006] Vincent Verfaille, « Des contrôles intelligents pour les effets audionumériques adaptatifs », dans *Les chemins de la découverte* (sous la direction de Nayla Farouki), Paris, Presses universitaires de France, 2006 : 59-73.
- [VERFAILLE et ARFIB 2001] Vincent Verfaille et Daniel Arfib, « A-Dafx : Adaptive Digital Audio Effects », Proceedings of the COST G-6 Conference on Digital Audio Effects (DAFX-01), Limerick, Ireland, 2001 : s.p.
En ligne : <http://dafx.de/paper-archive/search.php?years=2001>
- [VERFAILLE *et al.* 2006a] Vincent Verfaille, Marcelo M. Wanderley, et Philippe Depalle, « Mapping Strategies for Gestural and Adaptive Control of Digital Audio Effects », *Journal of New Music Research*, vol. 35, n° 1, 2006 : 71-93.

- [VERFAILLE *et al.* 2006b] V. Verfaille, U. Zölzer, D. Arfib, « Adaptive Digital Audio Effects », *IEEE Transactions on audio, speech, and language processing*, vol. 14, n° 5, 2006 : 1817-1831.
- [VERNER 2005] Lorraine Verner, « L'interdiscipline à l'œuvre dans l'art », *Marges*, n° 4, 2005 : 30-44.
- [VIDAL 2012] Emanuel Vidal, « L'acte politique à l'intérieur/extérieur de l'acte artistique : réflexions autour de la politique et de la musique d'Helmut Lachenmann », dans *Ontologies de la création en musique. Des actes en musique* (sous la direction de Christine Esclapez), Paris, L'Harmattan, 2012 : 75-100.
- [VIDALI et NERESINI 2015] Paolo Vidali et Federico Neresini, *Il valore dell'incertezza. Filosofia e sociologia dell'informazione*, Milano, Mimesis, 2015.
- [VIDOLIN 1996] Alvis Vidolin, « Trasformazioni del continuo con tecniche discrete. I processi di elaborazione del suono in *Noms des airs* di Salvatore Sciarrino », *Quaderno SISSA* (Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati), n° 13, 1996.
- [VIDOLIN 2002] Alvis Vidolin, « Suonare lo spazio elettroacustico », dans *Musica e tecnologia domani* (sous la direction de Roberto Favaro), Lucca, LIM : 143-156.
- [VISETTI 2004] Yves-Marie Visetti, « Constructivismes, émergences: une analyse sémantique et thématique », *Intellectica*, n° 39, 2004 : 229-259.
- [VITALE 2013] Sergio Vitale, *Atlas. Cartografie dell'esperienza*, Firenze, Clinamen, 2013.
- [VOEGELING 2010] Salomé Voegelin, *Listening to noise and silence. Towards a philosophy of sound art*, Londres, Bloomsbury, 2010.
- [von FOERSTER 1960] Heinz von Foerster, « On Self-Organizing Systems and Their Environments », dans *Self-Organizing Systems* (sous la direction de M.C. Yovits et S. Cameron), London, Pergamon Press, 1960 : 31-50. Repris dans [von FOERSTER 2005 : 1-19].
- [von FOERSTER 1974] Heinz von Foerster, « Notes pour une épistémologie des objets vivants » dans *L'Unité de l'homme : invariants biologiques et universaux culturels* (sous la direction d'Edgar Morin et Massimo Piattelli-Palmerini), Seuil, Paris, 1974 : 401-417. (Texte original anglais = [von FOERSTER 2003 : 247-260]).
- [von FOERSTER 2003] Heinz von Foerster, *Understanding understanding*, Springer, New York, 2003.
- [von FOERSTER 2015] Heinz von Foerster, « Cybernétique d'une théorie de la connaissance », *Trivium*, n° 10, 2015 (Les éditions de la Maison des sciences de l'Homme). Texte original allemand 1973. (Texte original anglais = [von FOERSTER 2003 : 229-259]).
- [von HELMOLTZ 1885] Hermann von Helmholtz, *On the Sensations of Tone* (traduction de A. Ellis), New York, Longmans Press, 1855. Nouvelle ré-édition, New York, Dover Publications, 1954.

Bibliographie

- [von UEXKÜLL 1956] Jacob von Uexküll, *Streifzüge durch die Umwelten von Tieren und Menschen*, Rowohlt, Hamburg, 1956. Traduction française *Mondes animaux et monde humain* (suivi de *La théorie de la signification*), Paris, Denoël, 1965.
-
- [WALLMARK 2014] Zachary Thomas Wallmark, *Appraising Timbre: Embodiment and Affect at the Threshold of Music and Noise*, PhD thesis, University of California Los Angeles, 2014.
- [WATERS 2007] Simon Waters, « Performance ecosystems. Ecological approaches to musical interaction ». Actes du symposium *Electroacoustic Music Studies Network*, Leicester, 2007 : s.p.
En ligne : <http://www.ems-network.org/spip.php?article278>
- [WATERS 2011] Simon Waters (sous la direction de), *Performance ecosystems = Organised Sound*, vol. 16, n° 2, 2011.
- [WATERS 2013] Simon Waters, « Touching at a distance : resistance, tactility, proxemics and the development of a hybrid virtual/physical performance System », *Contemporary Music Review*, vol. 32, n° 2/3, 2013 : 119-134.
- [WATERSCHOOT et MOONEN 2011] Toon van Waterschoot et Marc Moonen, « Fifty Years of Acoustic Feedback Control: State of the Art and Future Challenges », *Proceedings IEEE*, vol. 99, n° 2, 2011 : 288-327.
- [WATZLAWICK *et al.* 1971] P. Watzlawick, J. Helmick Beavin et D. Jackson, *Pragmatica della comunicazione umana*, Astrolabio, 1971 (édition originale américaine : *Pragmatics of human communication*, Norton, 1967).
- [WESTRA *et al.* 1999] Jan R. Westra, Chris J.M. Verhoeven et Arthur van Roermund, *Oscillators and Oscillator Systems: Classification, Analysis and Synthesis*, New York, Springer, 1999.
- [WIDMER *et al.* 2005] Gerhard Widmer, Simon Dixon, Peter Knees, Elias Pampalk et Tim Pohle, « From Sound to “Sense” via Feature Extraction and Machine Learning : Deriving High-Level Descriptors for Characterising Music », dans *Sound to Sense. A State of the Art in Sound and Music Computing* (sous la direction de Pietro Polotti e Davide Rocchesso), Berlin, Logos Verlag, 2008 : 161-189.
-
- [XENAKIS 1963] Iannis Xenakis, *Musiques formelles* = numéro spécial de *Revue Musicale* n° 253-254, 1963.
- [XENAKIS 1977] Iannis Xenakis, « Nouvelles propositions sur la micro-structure des sons », *Dossiers-Arts Plastiques* n° 1, 1977. Traduction anglaise et révision dans [XENAKIS 1992].
- [XENAKIS 1992] Iannis Xenakis, *Formalized music*, Stuyvesant NY, Pendragon, 1992. Traduction anglaise avec des nombreuses extensions et révisions de [XENAKIS 1963].

Bibliographie

–

- [ZACKLAD 2015] Manuel Zacklad, « Genre de dispositifs de médiation numérique et régimes de documentalité » dans *Les genres de documents dans les organisations, Analyse théorique et pratique* (sous la direction de L. Gagnon-Arguin, S. Mas et D. Maurel), Presses de l'Université du Québec, 2015 : 145-183.
- [ZATTRA et VIDOLIN 2018] Laura Zattra et Alvisé Vidolin, « The role of the computer music designers in composition and performance », dans [SALLIS *et al.* 2018] : 83-100.
- [ZIEMKE 2003] Tom Ziemke, « What's that Thing Called Embodiment? », *Actes de la Cognitive Science Society*, vol. 25, 2003 : s.p. En ligne : <https://escholarship.org/uc/item/60w6v9jz>
- [ZIMMER 2006] Fränk Zimmer (sous la direction de), *Bang Pure Data*, Wolke Verlag, Hofheim, 2006.