



HAL
open science

L'analyse ondulatoire : une approche morphologique de l'analyse musicale

Oswaldo Antonio González Lizausaba

► To cite this version:

Oswaldo Antonio González Lizausaba. L'analyse ondulatoire : une approche morphologique de l'analyse musicale. Musique, musicologie et arts de la scène. Université Paris 1 - Panthéon Sorbonne, 2010. Français. NNT : 2010PA010616 . tel-01352747

HAL Id: tel-01352747

<https://theses.hal.science/tel-01352747>

Submitted on 26 May 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

UNIVERSITÉ PARIS I - PANTHÉON - SORBONNE
U.F.R. ARTS PLASTIQUES & SCIENCES DE L'ART
- ÉCOLE DOCTORALE -
INSTITUT D'ESTHÉTIQUE DES ARTS ET DES TECHNOLOGIES
(IDEAT)

THÈSE DE DOCTORAT
Arts et Sciences de l'art
(option : Esthétique - Musique)

L'analyse ondulatoire :
une approche morphologique de l'analyse musicale

Présentée et soutenue par

Oswaldo Antonio GONZÁLEZ-LIZAUSABA

Le 29 Août 2010

Sous la direction de Monsieur Costin MIEREANU

Membres du Jury :

<i>M. Costin MIEREANU,</i>	professeur à l'Université de Paris 1
<i>M. Alain BOUTOT,</i>	professeur à l'Université de Bourgogne
<i>M. Jean-Marc CHOUVEL,</i>	professeur à l'Université de Reims
<i>M. Alain BONARDI,</i>	maître de conférences à l'université de Paris 8
<i>M. Williams MONTESINOS,</i>	chercheur associé au Cnrs-Ideat

Remerciements

Mes premiers remerciements s'adressent à mon directeur de thèse, Costin Mioreanu, pour sa patience, sa rigueur, ses commentaires toujours de grande utilité, enfin, sa générosité.

Je voudrais remercier aussi à François Decarsin, je n'oublierais jamais son aide précieuse surtout au début de cette thèse.

Enfin je remercie très particulièrement ma famille, mes fils Max et Daniel, qui m'ont toujours soutenu dans mon travail et qui m'ont fait, parfois même, des commentaires très éclairants

et

ma femme Vicky, à qui je dédie cette thèse

TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS	XVII
INTRODUCTION : VERS UNE CONCEPTION ONDULATOIRE DE LA MUSIQUE	1
0. Limites et finalités de la méthode d'analyse musical ondulatoire	1
0.1. Objectif de la thèse	1
0.2. Limites de la thèse	7
0.2.1. Limites empiriques : L'ondulation	9
0.2.2. Limites naturelles : Musique, art ou science ?	10
0.2.3. Limites épistémologiques : Vers une musique ondulatoire	12
0.2.4. Musique, combinatoire ondulatoire	14
I. VERS UNE DEFINITION DE LA MUSIQUE ONDULATOIRE	22
1.1. Introduction : Problématique de la définition de la musique	
1.1.1. Est-il possible de définir la musique ?	22
1.1.2. La musique comme art	23
1.1.3. Le son, l'élément physique de la musique	24
1.1.4. Les sons non musicaux : les bruits	27
1.1.5. L'art (de combiner) des sons	29
1.2. Différents types de définitions de la musique	30
1.2.1. Catégorie « neutre »	30
1.2.2. Catégorie « dynamique »	31
1.2.2.1. <i>Sous-catégorie « art »</i>	32
1.2.2.2. <i>Sous-catégorie « science »</i>	33
1.2.2.3. <i>Sous-catégorie « formes de musique »</i>	34
1.2.3. Catégorie « mixte »	38
1.2.3.1. <i>Définitions « variées »</i>	38
1.2.3.2. <i>Définitions « latérales »</i>	41
1.2.4. Catégorie « phénoménologique »	42
1.2.4.1. <i>Le son, paradigme pour l'établissement d'une nouvelle</i> <i>définition de la musique</i>	44
1.2.4.2. <i>Le son comme processus ondulatoire</i>	44
1.2.4.3. <i>L'œuvre musicale comme processus ondulatoire</i>	49
1.2.4.4. <i>La définition de musique ondulatoire</i>	53
1.2.4.5. <i>L'œuvre musicale : une métaphore du son</i>	54
1.2.4.6. <i>Diagramme des différents types de définitions de la musique</i> ..	55

II. THEORIE MUSICALE ONDULATOIRE	57
LES QUATRE CONCEPTS PRINCIPAUX	57
2.1. Le son fondamental	57
2.1.1. Structure d'un son fondamental	57
2.1.2. Comme construire un son fondamental	63
2.1.3. Le son fondamental, comme élément générateur et fondement sonore d'une œuvre donnée	64
2.1.4. Le concept de son fondamental vis-à-vis de celui de série	66
2.1.5. Le son fondamental et l'analyse musicale ondulatoire	69
2.1.6. Le son fondamental et la composition musicale ondulatoire	69
2.1.7. Quelques exemples de sons fondamentaux et sous-fondamentaux	70
2.1.7.1. <i>Le son fondamental de la première pièce de Structures Ia pour deux pianos de Pierre Boulez</i>	70
2.1.7.2. <i>Le son fondamental de la deuxième pièce (II) de Six petites pièces pour piano op. 19 d'Arnold Schönberg</i>	82
2.1.7.3. <i>Le son fondamental du Prélude en do majeur J.S. Bach</i>	85
2.1.8. Conclusion	92
2.2. L'œuvre musicale (œuvre-son)	103
2.2.1. L'œuvre musicale, un son qui se déploie dans le temps	103
2.2.1.1. <i>Conclusion</i>	112
2.2.2. L'œuvre musicale, une projection des fréquences contenues dans un son fondamental donné	113
2.2.3. L'œuvre musicale, un son complexe dont sa structure temporelle, d'amplitude, timbrique ou spectrale, change constamment par rapport au temps	117
2.2.4. Changement de la structure temporelle, d'amplitude, timbrique ou spectrale d'une œuvre-son par rapport au temps	119
2.2.5. Conclusion	124
2.3. Trajectoire ondulatoire	126
2.3.1. Le concept de trajectoire en physique	126
2.3.2. La notion de trajectoire ondulatoire propre au système musical ondulatoire	127
2.3.3. Les éléments constitutants d'une trajectoire ondulatoire	128
2.3.3.1. <i>Les données ondulatoires</i>	129
2.3.4. Conclusion	132
2.4. Sous-trajectoire ondulatoire	133
2.4.1. Conclusion	138

2.5. Segmentation	140
2.5.1. Segmentation ondulatoire naturelle	140
2.5.1.1. <i>Segment naturel</i>	143
2.5.2. Segmentation ondulatoire analytique	143
2.5.2.1. <i>Segment ondulatoire</i>	144
2.5.2.2. <i>Un exemple de segmentation ondulatoire (Structures Ia pour deux pianos de Pierre Boulez)</i>	144
2.5.3. Conclusion	149
2.6. La structure ondulatoire fondamentale	150
2.6.1. Représentation géométrique	150
2.6.2. Représentation ensembliste	151
2.6.3. Conclusion	151
2.7. L'ensemble <i>TO</i> qui contient tous les mouvements d'une trajectoire ondulatoire	152
2.8. Extension maximale	154
2.9. Extension ondulatoire totale	155
2.9.1. Représentation géométrique	157
2.9.2. Représentation ensembliste	157
2.9.3. Conclusion	159
2.10. Algorithme	162
2.10.1. Algorithme ondulatoire	162
2.10.2. Algorithme global	163
2.10.3. Algorithme local	164
2.11. Chiffre totalisateur	165
2.12. Couche de partiels	166
2.13. Couche spectrale	167
2.14. Densité	168
2.14.1. Densité d'un événement sonore (donnée ondulatoire)	168
2.14.2. Densité des notes (des sons)	169
2.14.3. Densité de durée	170
2.15. Donnée ondulatoire	171
2.15.1. Structure (restreinte) d'une donnée ondulatoire	172
2.15.2. Formalisation chiffrée d'une donnée ondulatoire	173
2.16. Donnée algorithmique	176
2.17. Durée de base	176
2.18. Extension algorithmique totale (EAT)	177

2.19. Extension de durée totale	177
2.20. Idée fondamentale	177
2.21. Mécanisme inductif	178
2.22. Modèle ondulatoire	179
2.21.1. <i>Module ondulatoire (Modo)</i>	180
2.23. Modèle algorithmique	180
2.24. Partiel anharmonique	181
2.25. Partiel consonant	181
2.26. Périodicité ondulatoire	182
2.27. Processus algorithmique	182
2.28. Prolifération, principe de prolifération	182
2.29. Segment noyau	183
2.30. Silence d'écriture	183
2.31. Silence réel	184
2.32. Son fondamental naturel	184
2.33. Son générateur de durée	185
2.34. Substrat ondulatoire	185
2.34.1. <i>Surface ondulatoire</i>	185
III. ANALYSE MUSICALE ONDULATOIRE	186
3.1. Introduction	186
3.1.1. L'analyse ondulatoire, une approche morphologique de l'œuvre musicale	187
3.1.2. Les étapes dans l'analyse d'une œuvre musicale	188
3.2. Analyse ondulatoire du <i>Præludium II</i> en do mineur de J.S. Bach	191
3.2.1. Introduction	191
3.2.1.1. <i>Présentation générale de l'œuvre</i>	192
3.2.1.1.1. Repères historiques	192
3.2.1.1.2. Structure générale	192
3.2.2. Le son fondamental du <i>Præludium II</i>	194
3.2.3. La segmentation ondulatoire naturelle	199
2.2.3.1. <i>Les segments naturels</i>	204
3.2.4. La trajectoire ondulatoire	205
3.2.5. L'extension ondulatoire totale	218
3.2.5.1. <i>L'ensemble EOT</i>	218
3.2.6. Conclusion	223

3.2.7. Segmentation ondulatoire analytique du prélude en do mineur de Bach	225
3.2.7.1. <i>Les segments ondulatoires</i>	225
3.2.7.1.1. Le segment ondulatoire A	226
3.2.7.1.2. Le segment ondulatoire B	229
3.2.7.1.3. Le segment ondulatoire C	229
3.2.7.1.4. Le segment ondulatoire D	231
3.2.7.1.5. Le segment ondulatoire E	232
3.2.7.1.6. Le segment ondulatoire F	233
3.2.7.1.7. Le segment ondulatoire G	234
3.2.8. Segmentation et analyse de la trajectoire ondulatoire du prélude	235
3.2.8.1. <i>La structure segmentée de la trajectoire ondulatoire du prélude</i>	241
3.2.8.2. <i>La structure du modèle ondulatoire du prélude</i>	253
3.2.8.2.1. Représentation des modules ondulatoires du modèle	255
3.2.9. Le modèle ondulatoire du prélude II en do mineur de Bach	256
3.2.9.1. <i>Le modèle ondulatoire restreint</i>	261
3.2.9.2. <i>Conclusion</i>	265
3.2.10. Le mécanisme morphogénétique de la trajectoire ondulatoire du <i>Præludium II</i> de Bach	267
3.2.10.1. <i>Fonctionnement du mécanisme de prolifération du segment ondulatoire A</i>	269
3.2.10.1.1. Simulation du processus de multiplication du segment ondulatoire A	272
3.2.10.1.2. Simulation du mécanisme de multiplication du segment ondulatoire A	273
3.2.10.2. <i>Les mécanismes inductifs qui interviennent dans la morphogénèse de la trajectoire ondulatoire du prélude</i>	274
3.2.10.2.1. Le mécanisme inductif A, porteur de l'idée génératrice du prélude	275
3.2.10.2.2. Le mécanisme inductif B	277
3.2.10.2.3. Le mécanisme inductif C	278
3.2.10.2.4. Le mécanisme inductif D	278
3.2.10.2.5. Le mécanisme inductif E	279
3.2.10.2.6. Le mécanisme inductif F	279
3.2.10.2.7. Le mécanisme inductif G	280
3.2.10.3. <i>Conclusion</i>	280

3.2.11. Introduction aux règles d'engendrement de la trajectoire ondulatoire du prélude	287
3.2.11.1. <i>Organisation de la structure du modèle ondulatoire</i>	287
3.2.11.1.1. Première partie du modèle général :	
Les modules ondulatoires	287
3.2.11.1.1.1. <i>Le Modo 1</i>	287
3.2.11.1.1.2. <i>Le Modo 2</i>	288
3.2.11.1.1.3. <i>Le Modo 3</i>	288
3.2.11.1.1.4. <i>Le Modo 4</i>	289
3.2.11.1.1.5. <i>Le Modo 5</i>	289
3.2.11.1.1.6. <i>Le Modo 6</i>	289
3.2.11.1.1.7. <i>Le Modo 7</i>	290
3.2.11.1.1.8. <i>Le Modo 8</i>	280
3.2.11.1.1.9. <i>Le Modo 9</i>	280
3.2.11.1.1.10. <i>Le Modo 10</i>	291
3.2.11.1.1.11. <i>Le Modo 11</i>	291
3.2.11.1.2. Deuxième partie du modèle général :	
Les segments ondulatoires	291
3.2.11.1.2.1. <i>Représentation des règles d'interaction des</i> <i>éléments de la trajectoire ondulatoire</i> <i>du prélude</i>	292
3.2.11.1.2.1. <i>Les règles d'engendrement des éléments du</i> <i>modèle ondulatoire général</i>	295
3.2.12. Conclusion	300
3.2.13. Les différentes structures du modèle algorithmique du prélude	302
3.2.13.1. <i>La structure temporelle</i>	302
3.2.14. La structure de durées du prélude de Bach	304
3.2.14.1. <i>Les éléments de la structure de durées</i>	305
3.2.14.2. <i>La durée de base de la structure de durées</i>	306
3.2.14.3. <i>La courbe de la structure de durées</i>	306
3.2.14.4. <i>Segmentation ondulatoire analytique de la structure</i> <i>de durées du prélude</i>	310
3.2.14.4.1. Les segments ondulatoires de la structure de durées	310
3.2.14.4.1.1. <i>Le segment ondulatoire H</i>	310
3.2.14.4.1.2. <i>Le segment ondulatoire I</i>	311
3.2.14.4.1.3. <i>Le segment ondulatoire J</i>	311
3.2.14.4.1.4. <i>Le segment ondulatoire K</i>	312

3.2.14.5. <i>Analyse de la structure de durées du prélude</i>	312
3.2.14.5.1. Fonctionnement des segments ondulatoires de la structure de durées	317
3.2.14.6. <i>Le mécanisme morphogénétique de la structure de durées du prélude</i>	319
3.2.14.6.1. La morphogénèse de la structure de durées	320
3.2.14.6.2. Le mécanisme algorithmique de la structure de durées	321
3.2.14.6.3. Les règles d'engendrement du processus morphogénétique de la structure de durées	322
3.2.14.6.4. Explication du fonctionnement de l'algorithme d'engendrement du processus morphogénétique de la structure de durées	324
3.2.14.6.5. Conclusion	329
3.2.15. Le modèle algorithmique du prélude	331
3.2.15.1. <i>La notion de procesus algorithmique</i>	332
3.2.15.2. <i>Représentation graphique du processus algorithmique</i>	333
3.2.15.3. <i>Extension algorithmique totale du prélude</i>	333
3.2.15.4. <i>Représentation graphique du modèle algorithmique</i>	336
3.2.16. La notion d'algorithme	340
3.2.16.1. <i>Introduction</i>	340
3.2.16.1.1. Exemple d'un algorithme de recherche sequentielle d'un élément dans une liste	340
3.2.16.1.2. Exemple d'un algorithme qui construit une période d'un son sinusoïdal	342
3.2.16.2. <i>La notion d'algorithme ondulatoire</i>	343
3.2.16.2.1. L'algorithme ondulatoire constructeur	345
3.2.16.2.2. L'algorithme ondulatoire reconstituteur	347
3.2.17. Conclusion	352
ANALYSES DE QUELQUES EXTRAITS D'ŒUVRES	356
3.3. Deuxième pièce (II) de <i>Six petites pièces</i> pour piano op. 19 d'Arnold Schönberg	357
3.3.1. Le son fondamental	358
3.3.2. La segmentation naturelle	358
3.3.2.1. <i>Les segments naturels</i>	359

3.3.3. L'extension ondulatoire totale	361
3.3.4. La trajectoire ondulatoire	363
3.3.5. Segmentation ondulatoire analytique	363
3.3.5.1. <i>Les segments ondulatoires</i>	363
3.3.5.2. <i>Caractéristiques des segments ondulatoires</i>	365
3.3.6. La structure du modèle ondulatoire	367
3.3.7. Le modèle ondulatoire	372
3.3.8. Le mécanisme morphogénétique de la trajectoire ondulatoire	376
3.3.8.1. <i>Le substrat ondulatoire</i>	378
3.3.8.2. <i>L'idée fondamentale</i>	379
3.3.9. Le processus d'engendrement de la trajectoire ondulatoire	380
3.3.9.1. <i>Les règles locales d'engendrement de la</i> <i>trajectoire ondulatoire</i>	382
3.3.10. Conclusion	387
3.3.11. Les différentes structures du modèle algorithmique	389
3.3.11.1. <i>La structure temporelle</i>	389
3.3.11.2. <i>La structure du temps musical</i>	389
3.3.11.3. <i>La structure de silences</i>	390
3.3.11.3.1. Les éléments de la structure de silences	391
3.3.11.3.2. La durée de base de la structure de silences (réels)	394
3.3.11.3.3. La courbe de la structure de silences (réels)	395
3.3.11.3.4. La Segmentation de la structure de silences (réels)	396
3.3.11.4. <i>La structure de durées</i>	398
3.3.11.4.1. Les éléments de la structure de durées	398
3.3.11.4.2. La courbe de la structure de durées	398
3.3.11.4.3. La Segmentation ondulatoire analytique de la structure de durées	400
3.3.11.5. <i>La structure de dynamiques (intensités)</i>	402
3.3.11.5.1. La Segmentation de la structure de dynamiques	404
3.3.11.6. <i>Conclusion</i>	405
3.3.12. Le modèle algorithmique	407
3.3.12.1. <i>Représentation graphique du processus algorithmique</i>	407
3.3.12.1.1. Extension algorithmique totale (EAT) du prélude	407

3.5.8. Le modèle algorithmique	505
3.5.8.1. <i>Représentation graphique du processus algorithmique</i>	505
3.5.8.1.1. Extension algorithmique totale du prélude (EAT) ...	505
3.5.8.2. <i>Représentation graphique du modèle algorithmique</i>	506
3.5.9. Conclusion	507
IV. CONCLUSION GÉNÉRALE	509
CRÉDITS ÉDITORIAUX	517
CRÉDITS INFORMATIQUES	518
INDEX DES TERMES	519
INDEX DES NOMS	522
BIBLIOGRAPHIE	524
BIBLIOGRAPHIE DE RÉFÉRENCE	533

V. EXEMPLES MÉDIAS : <https://www.oswaldogonzalez.net/fr/recherche-musicale/these/amo-fr/>

Avant-propos

L'analyse musicale vise à étudier les œuvres musicales, ses structures et ses éléments constitutifs. La musique et ses œuvres ont toujours fasciné l'homme depuis des siècles. L'intérêt qu'elle a suscité depuis lors, et que d'ailleurs, continue à exercer sur l'homme d'aujourd'hui, la situent comme l'une des activités artistiques le plus profondément insérées dans la conscience et dans la sensibilité humaine.

L'on ne peut pas parler de la musique sans oublier cette sorte d'énigme qui a toujours enveloppé sans cesse cet art. En effet, la musique a toujours fasciné tant des personnes venant de disciplines les plus variées. Que ce soit la philosophie, la physique, la peinture, la linguistique, les mathématiques, l'esthétique, la psychologie, la littérature, l'informatique, la composition musicale, aussi, la direction d'orchestre et le public en général.

À ce propos, l'on pourrait citer parmi tant des noms, ceux des philosophes comme Pythagore, Hegel, Jankélévitch, Schopenhauer, Leibniz, Nietzsche, Adorno, Wittgenstein, Husserl, Deleuze, etc. Des peintres comme Kandinski, Picasso, Klee, Albers etc. Des compositeurs ou chefs d'orchestre comme : Schumann, Berlioz, Ansermet, Hindemith, Debussy, Strawinsky, Schaeffer, Ligeti, Boulez et tant d'autres. Des linguistes comme Ruwet, Chomsky, Jackendoff, etc. Des analystes ou des théoriciens musicaux comme Rameau, Helmholtz, Rousseau, Dahlhaus, Schenker, Reti, Keller, Riemann, Fux, Dahlhaus, Marx, Adler, Nattiez etc. Des écrivains comme Stendhal, Proust, Valéry, entre autres.

Or, l'homme a toujours essayé de percer la clé du mystère de la musique en l'imaginant comme un langage, comme un discours, comme du mouvement, comme un processus génératif, comme une succession des instants, comme un processus musical avec ses propres lois, comme des êtres mathématiques, comme un organisme et cætera.

Pourtant, ce mystère-là, trouve – peut-être – sa valeur la plus exacte dans l'élément primordial de la musique, le son. La puissance de la musique et par conséquent du mystère de la musique résident principalement dans l'élément même du son (Hegel). L'élément dont parle Hegel est le phénomène physique qui permet au son d'exister : D'un côté il y a la vibration, et de l'autre côté, l'onde de pression atmosphérique, conséquence de la vibration : l'ondulation. Mais, nous savons aussi que la musique, telle que nous la pensons, elle n'est pas simplement du son sans aucune réalité factuelle, au contraire, la musique est aussi une construction, rappelons quand Hegel affirme le caractère architectonique de la musique.

L'histoire de la musique connaît un essor très prolifique en ce qui concerne, d'une part, l'art de son écriture, c'est-à-dire la composition musicale – à toute évidence – et d'autre part, son analyse, l'analyse des œuvres musicales.

En effet, l'énigme du musical, de l'art des sons, a été scrutée avec toute sorte d'outils. Pendant toute l'histoire de la musique occidentale nous trouvons des indices très marquants. En premier abord, l'analyse musicale ne concernait que le fait de reconnaître des traits simples du discours musical. Discours dans son acception propre, en effet, ces analyses portaient sur la manière de présenter une idée de forme vis-à-vis de l'art de la déclamation, de la rhétorique.

L'on analysait, plus tard, la mélodie, les thèmes, les motifs, l'enchaînement des accords, le contrepoint et tant d'autres composants des œuvres. L'on parlait même de forme musicale, d'idée première ou principale, de l'œuvre comme un tout organique. L'analyse formelle qui consiste en la description de mécanismes de construction de la forme de l'œuvre, proposait des signes tels que, AA, AB, AA', pour décrire les différentes instances de ces processus, à savoir, la récurrence, le contraste et la variation.

En deuxième abord, nous pouvons rappeler, toujours dans un survol rapide concernant les différentes orientations de l'analyse musicale, cette fois-ci vers une sémiotique musicale (Ruwet et Nattiez), où l'œuvre musicale est envisagée comme des événements sonores gouvernés par des lois de distribution. Une approche plutôt contraire à celle de la sémiotique

musicale émerge avec l'application de la théorie des ensembles dans l'analyse musicale (Set Theory d'Allen Forte), dans laquelle il est question de comprendre avec l'outil logico-mathématique l'organisation des hauteurs des sons de la musique atonale. Il ne faudrait pas oublier l'utilisation de l'informatique comme un outil important pour l'analyse des œuvres.

Il serait difficile d'oublier tant de concepts venant de disciplines tellement diverses lesquels ont été employés en l'analyse musicale. Par exemple, la notion de Gestalt, le concept (même) de subconscient collectif de Jung, la notion d'énergie kinésique, la notion de contour formel, celle de figure de base de Schönberg, la notion de pattern thématique, la notion de système formel, la notion de Structure fondamentale de Schenker, et tant d'autres.

La discipline analytique musicale connaît aussi des efforts manifestes pour comprendre les œuvres les plus admirées. Nous pensons aux analyses, par exemple, de la Symphonie Héroïque de Beethoven par Berlioz, ou l'analyse de la Symphonie Fantastique de Berlioz par Schumann, ou bien l'analyse de la Neuvième Symphonie de Beethoven par Schenker, cette dernière analyse comporte 375 pages. Nous pensons, également, plus près du XXème siècle à l'analyse de Boulez des structures temporelles dans Le Sacre du Printemps de Strawinsky, entre autres.

Il est un fait incontestable le développement et les acquis que l'analyse musicale a accumulés à travers les siècles, jusqu'à aujourd'hui. C'est irréprochable, mais, justement dans la progression de l'analyse musicale, un concept, une science, a été écarté. Il s'agit de la science de la morphologie fondée et développée par Goethe entre les années 1817 et 1824. Nous n'allons pas expliquer ici les causes de cette situation. Nous nous contenterons simplement d'imaginer qu'à cette époque, cette naissante science morphologique n'avait pas des outils pertinents à offrir, à l'analyse musicale ou bien, que cela n'intéressait pas aux analystes de l'époque.

Aujourd'hui, les disciplines morphologiques sont d'une actualité sans précédent dans le panorama des sciences. Mais justement, la science morphologique a dû attendre beaucoup de

temps pour pouvoir se faire une place, une présence effective et constante dans le monde des sciences. L'outil morphologique comporte aujourd'hui un éventail assez important des théories : celle des catastrophes de René Thom, celle des fractales de Benoît Mandelbrot, des structures dissipatives d'Ilya Prigogine, celle du chaos et des attracteurs étranges de David Ruelle, et aussi, la théorie synergétique d'Hermann Haken.

L'objet des théories morphologiques est celui des formes, leur méthode est structurelle qualitative et non réductionniste, (Boutot). Nous pouvons résumer les points essentiels où opèrent les disciplines morphologiques, à savoir :

1. L'appréhension des formes au niveau d'organisation où elles se manifestent.
2. Traitement des formes comme des réalités autonomes.
3. Les formes ne peuvent pas être ni réduites ni déduites des processus élémentaires internes ou externes.
4. Les formes sont indépendantes de la nature des forces qui les font naître.

Nous voudrions rappeler la justesse de la phrase d'Alain Boutot à propos de la matière et les formes : « La matière a ses lois, les formes en ont d'autres. ».

Nous pensons que, en ce qui concerne l'analyse musicale traditionnelle, cette activité était exclusivement bornée à étudier les lois d'organisation de la matière musicale. C'est pour cela que s'explique le manque d'intérêt de la discipline analytique vers la morphologie depuis Goethe et D'Arcy Thomson jusqu'à nos jours.

Notre thèse, justement propose l'étude des formes des œuvres musicales. Nous étudions premièrement, la forme de chaque œuvre, et ensuite les morphologies de tous les paramètres musicaux. La méthode d'analyse ondulatoire ne cherche pas à expliquer les procédures utilisées pour construire un fragment ou une œuvre entière.

Ce qui nous intéresse, c'est de connaître l'œuvre, savoir et comprendre ce qu'elle est, mais à partir de sa vérité morphologique : À travers ses contours ondulatoires c'est-à-dire, sa morphologie ondulatoire.

Introduction

Vers une conception ondulatoire de la musique

0. Limites et finalités de la méthode d'analyse musicale ondulatoire

0.1. Objectif de la thèse

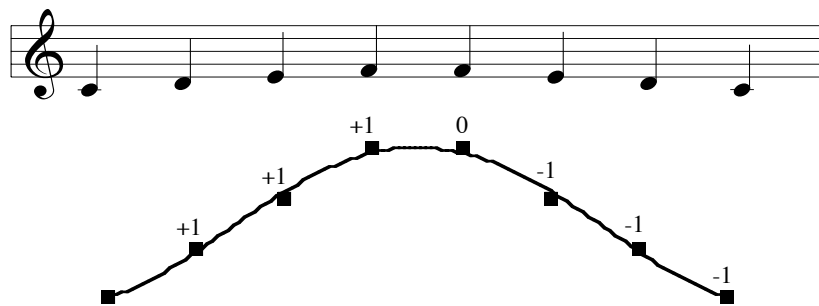
L'objectif de cette thèse est de formuler les fondements théoriques et méthodologiques de la méthode d'*analyse musicale ondulatoire*. Nous développerons une nouvelle théorie musicale. Cette théorie comportera la définition de tous les concepts qui conformeront la structure de base de la méthode d'analyse musicale ondulatoire. Nous donnerons des exemples de l'application de cette méthode analytique.

La genèse des nouvelles façons de concevoir l'acte créatif musical débouche très souvent en la création de nouveaux styles, théories, systèmes musicaux, etc. Cette gestation implique dans la plupart des cas une rupture avec un certain nombre de données historiques, esthétiques, artistiques, sociales, etc., sur lesquelles ces nouvelles expériences se fondent.

Dans le cas précis de la méthode d'analyse musicale ondulatoire, il s'agit d'un long travail de réflexion ainsi que d'une prise de position critique par rapport à la façon de concevoir l'analyse musicale. Nous pensons que la validité d'un système musical nouveau doit s'établir en prenant comme point de départ la *redéfinition de la notion de musique* en elle-même. C'est pour cela que nous dédierons un premier chapitre à l'étude de la notion courante de musique, et dans le sens le plus étendu possible, de façon à établir un seuil suffisamment propice pour situer une nouvelle définition – notre définition – dans un contexte historique et dans le cadre de la recherche musicale actuelle.

Notre définition de la musique, nous l'établirons à partir de la notion de **son** en tant que réalité acoustique et phénoménologique. Cette définition constituera le pilier fondamental de la théorie musicale ondulatoire.

Nous définirons ainsi la musique de façon objective, à savoir, comme : **un processus ondulatoire produit et perçu dans le temps.**¹ L'aspect ondulatoire d'une donnée sonore musicale sera déterminé par la hauteur des sons c'est-à-dire, par leur position par rapport à la tessiture de sons (fréquences) audibles par l'être humain (entre 16 Hz et 22000 Hz environ).



La trajectoire ondulatoire d'une mélodie

Figure 1

Dans la figure 1 (ci-dessus), nous pouvons observer une mélodie très simple et sa *trajectoire* qui comporte trois mouvements ascendants, un mouvement horizontal et trois mouvements descendants. **Les sons seront interprétés dans une suite de notes quelconques, comme un déploiement temporel de la propriété hauteur, ayant comme champ de valeurs la tessiture de fréquences audibles par l'être humain.** Les mouvements ascendants, descendants et horizontaux (répétition d'un même son), seront notés par les chiffres 1, -1 et 0 respectivement.

Nous définirons l'espace sonore d'une œuvre musicale par rapport à l'étendue ou tessiture des sons (fréquences) propres à une œuvre donnée ; et l'espace temporel sera défini par le domaine total des durées – y compris les silences – présentes dans une œuvre donnée.

¹ « Le son est une onde » [Matras, 1987 : 7], donc, tout phénomène sonore est un processus ondulatoire en soi. L'exécution d'une pièce de musique serait en conséquence un double processus ondulatoire. Premièrement, parce qu'il y a le processus ondulatoire produit par chaque son en tant que tel, et deuxièmement, par la trajectoire ondulatoire décrite dans le temps par les sons musicaux (cf. figure 1 *supra*). Nous expliquerons cela en détail dans le premier chapitre.

La durée totale d'une œuvre musicale serait donc, une sorte de temps abstrait ou relatif assujettie au temps réel.

Le concept d'ondulation – notion capitale de ce système – est un sujet très vaste, il doit être bien délimité de façon à ne pas laisser de doutes sur l'usage que nous lui conférons.

Nous délimiterons donc nos partis pris par rapport à la *théorie ondulatoire* de de Broglie,² et aussi par rapport à *l'acoustique*.

Dans le point de vue de la *Mécanique ondulatoire* de de Broglie, **nous ne nous baserons pas sur cette théorie.**

Nous emploierons le terme « ondulatoire » plutôt en relation allusive et exclusive avec le son tel qu'il se présente dans la nature, c'est-à-dire, en tant que phénomène ondulatoire. C'est la raison pour laquelle nous avons adopté l'appellation ondulatoire qui nomme notre système musical, tout en l'associant au mouvement de l'onde qu'annonce le son.³

Or, en s'inspirant du principe ondulatoire des ondes sonores, la musique ondulatoire serait donc en relation avec certaines notions propres à l'acoustique : nous établirons par conséquent que *la méthode d'analyse ondulatoire trouverait ses bases dans un certain nombre de principes venant essentiellement de l'acoustique.*

Dans le deuxième chapitre, nous définirons et développerons les notions qui nous conduiront à édifier une *théorie musicale ondulatoire* structurée par un ensemble cohérent de concepts dans le but d'établir ce que nous appellerons : *la méthode d'analyse musicale ondulatoire.*

Pour ce faire, nous nous servirons principalement des acquis scientifiques de l'acoustique générale en tant que données susceptibles d'être utiles dans l'élaboration d'une nouvelle théorie musicale et, afin de bien expliquer l'origine du fonctionnement de la pensée ondulatoire, nous énoncerons et développerons les quatre notions qui constituent la base de la structure conceptuelle de la théorie musical ondulatoire que voici :

² La mécanique ondulatoire de de Broglie est une « théorie selon laquelle toute particule est considérée comme associée à une onde périodique », [Robert, 1996]. Cf. [de Broglie, 1992].

³ Il est important de rappeler qu'avant que la vague du son soit aperçue par l'ouïe, il y a la vibration produite par le corps sonore. Nous avons préféré l'utilisation du terme d'ondulation en dépit de celui de vibration.

• 1. Son Fondamental

Le son fondamental est un son complexe, conformé par tous les sons (fréquences) utilisés dans une œuvre donnée. Ici nous allons établir l'un des concepts fondamentaux de la théorie musicale. Cette nouvelle notion de son fondamental trouve son appui scientifique dans l'acoustique générale et plus précisément dans la *théorie additive* de Fourier.⁴

Si la notion de son fondamental existait, en musique depuis des siècles, elle a été toujours assujettie aux principes de l'harmonie musicale.⁵ C'est avec « l'émancipation de la dissonance » que le concept de son fondamental disparaîtrait du contexte musical étant remplacé par celui de la série fondamentale.⁶

Nous réintroduirons donc un nouveau concept de son fondamental qui se situe comme **l'élément générateur de l'origine sonore** d'une œuvre donnée tout en étant aussi son **portrait sonore**, (nous rappelons que cela sera développé dans le deuxième chapitre).

⁴ Le très célèbre théorème de Fourier démontre que « toute onde périodique de fréquence N pouvait être décomposée en une somme infinie d'ondes sinusoïdales de fréquences respectives $N, 2N, 3N, 4N...$ » [Matras, 1987 : 25]. Notre notion de son fondamental partirait de ce même principe. Le son fondamental d'une œuvre musicale serait – comme nous l'avons dit plus haut – « ... un son complexe qui serait conformé par tous les sons (fréquences) utilisés dans une œuvre donnée ... ». Nous développerons cela en détail dans le deuxième chapitre.

⁵ « L'acoustique musicale nous démontre qu'un son n'est pas à la rigueur un son *pur*, mais, plutôt un son *composé*. En effet, lorsque nous écoutons un son, ils sonnent au même temps et très faiblement, toute une série des sons harmoniques lesquels l'ouïe ne peut pas apercevoir de manière isolée. Ce sont les harmoniques qui déterminent le *timbre*, c'est à dire, là *couleur* du son *fondamental* qui les engendre », [Grijalbo, 1977 : 31], (c'est nous qui traduisons). « Tout corps sonore, pris en particulier, est toujours censé porter avec lui la même harmonie qu'il fait résonner, il en est le générateur, c'est ainsi que je le nomme partout. Et s'il s'en trouve plusieurs, j'appelle chacun d'eux indistinctement *son fondamental* » (Rameau) [Kinzler et Malgoire, 1980 : 59].

⁶ « L'idée d'un son fondamental donné, la tonique, régissant la construction des accords et leur succession, autrement dit l'idée de tonalité, se transforma d'abord en idée de « tonalité élargie ». Puis assez rapidement il apparut comme douteux qu'une même note pût continuer à demeurer le centre auquel toute harmonie et toute succession d'accords devaient obligatoirement se référer. Plus tard encore, on contesta que le fait pour une tonique d'être écrite au début, à la fin ou en un point quelconque d'une œuvre, eût une importance quelconque dans la construction. L'écriture wagnérienne avait amené des changements dans le pouvoir logique et constructif de l'harmonie ; l'une des conséquences en fut ce qu'on a appelé l'*impressionnisme* de l'harmonie, particulièrement cher à Debussy. Les accords de Debussy, sans signification constructive particulière, lui servirent à exprimer des états d'âme ou des images. [...] Dès lors, la tonalité se trouvait déjà détrônée en pratique, sinon en théorie. Ceci n'eût peut-être pas suffi à bouleverser la technique de la composition, mais un changement radical s'avéra inévitable quand apparut, dans le même temps, une évolution qui se termina par ce que j'appelle l'*émancipation de la dissonance* ». Or, l'émancipation de la dissonance incarnée dans la série fondamentale de la méthode dodécaphonique de Schönberg remplacerait donc la notion de son fondamental. Cependant, la notion hiérarchisant de la tonalité est encore présente dans la méthode compositionnelle de Schönberg : « On ne doit pas utiliser plus d'une série dans une même œuvre, parce que la même note se trouverait répétée trop tôt dans deux séries différentes contiguës. Le danger se présenterait encore d'interpréter cette note comme une tonique » [Schönberg, 1977, 163-164]. Cf. [Schönberg 1977 : 207-223].

• 2. **Œuvre musicale (morceau, pièce de musique, etc.)**

Une pièce de musique – qu'elle soit acoustique ou électroacoustique – est un son complexe qui se déploie dans le temps, tout en étant la projection des fréquences contenues dans un son fondamental déterminé et par conséquent sa structure temporelle, d'amplitude, timbrique ou spectrale, change constamment par rapport au temps. Cette deuxième notion révèle et situe l'œuvre dans son devenir temporel. C'est-à-dire que l'œuvre musicale est le résultat d'un processus de mise en place – projection – dans le temps des fréquences contenues dans un son fondamental donné (cf. *son fondamentale, supra*).

• 3. **Trajectoire Ondulatoire**

Une trajectoire ondulatoire est une courbe qui décrit de façon globale l'évolution des changements de direction (mouvements ascendants, descendants et horizontaux) du processus ondulatoire (musical) d'une œuvre (cf. notion d'œuvre musicale, supra). La notion de trajectoire est une des plus édifiantes des notions en physique classique. Nous l'étudierons de façon à mettre en lumière sa valeur conceptuelle, tout en délimitant sa signification par rapport à la physique, puis, nous définirons le rôle que nous lui accorderons à l'intérieur de la théorie musicale ondulatoire.⁷

• 4. **Sous-trajectoire ondulatoire**

Une sous-trajectoire ondulatoire est une courbe qui décrit de façon globale l'évolution des changements de direction (mouvements ascendants, descendants et horizontaux) des voix ou lignes mélodiques quelconques. Ici, nous expliquerons comment la notion de lignes ou voies mélodiques – dans le sens traditionnel – est radicalement transformée dans la théorie musicale ondulatoire par la notion de sous-trajectoires ondulatoires.

Après avoir explicité et démontré les quatre concepts fondamentaux, nous chercherons à énoncer et à exposer, selon les cas, chaque concept de la nouvelle théorie musicale ondulatoire. Cette théorie comportera la définition de tous les autres concepts qui

⁷ Nous utiliserons le terme de trajectoire dans le sens qui lui attribue la mécanique classique. Nous nous référons donc à la définition selon laquelle les trajectoires sont « ... des moments et coordonnées en tant que fonctions du temps » [Prigogine, 1982 : 187], (cf. le paragraphe 2.3. : 126).

conformeront la structure théorique de la méthode d'analyse musicale ondulatoire. En ce qui concerne la théorie musicale traditionnelle, nous utiliserons quelques notions couramment employées comme : note, intervalle, rythme, altération, entre autres. Ces notions ne nécessiteront pas d'être redéfinies parce que, dans l'état actuel, elles sont parfaitement connues et utiles telles quelles.

Dans le troisième chapitre, nous allons expliciter le fonctionnement de la méthode d'analyse musicale ondulatoire ainsi que nous offrirons des exemples précis de son application. Pour ce faire, nous analyserons quelques extraits d'œuvres, lesquelles, prenant en considération leur complexité sonore et formelle, serviront à montrer l'effectivité de la méthode d'analyse ondulatoire dans les différentes situations que chaque extrait d'œuvre propose.

La méthode d'analyse ondulatoire marquera un tournant dans la conception de l'analyse musicale traditionnelle. Nous établirons nos partis pris par rapport à ce que représente la segmentation dans le sens traditionnel du terme pour établir notre définition de **segmentation ondulatoire**. Ainsi, nous définirons ce que nous entendrons par *segmentation ondulatoire naturelle* et, par *segmentation ondulatoire analytique*.⁸

La *segmentation ondulatoire naturelle* surgirait comme l'évidence ondulatoire de chaque pièce musicale. Une fois établie par l'analyse la segmentation ondulatoire naturelle d'une pièce donnée, le processus d'identification des segments ondulatoires serait le prochain pas à suivre dans l'analyse.⁹ L'opération d'identification des segments ondulatoires serait appelée : la *segmentation ondulatoire analytique*, qui servira – entre autres – à établir la morphologie de la trajectoire ondulatoire d'une œuvre donnée.

La méthode d'analyse ondulatoire offrira deux types de modèles pour chaque œuvre analysée. Un premier modèle représentera le fonctionnement dynamico-ondulatoire de l'œuvre analysée. Ce mécanisme se définira comme un ensemble de symboles formels dans

⁸ Les premières travaux d'analyse ondulatoire de l'auteur se trouvent dans son mémoire de DEA. Cf. [Gonzalez-Lizausaba, 1997].

⁹ Un segment ondulatoire se compose d'un ou plusieurs mouvements ondulatoires dans n'importe quelle direction à l'intérieur d'une trajectoire ondulatoire. Il est muni de sens musical très structurant. Nous rappelons que ce concept sera développé dans le deuxième chapitre.

lesquels seront mises en relief les structures ondulatoires locales et globales de la trajectoire ondulatoire. Ce modèle exprimera donc la forme et le mouvement dans le temps de l'œuvre analysée. Ce premier modèle, nous l'appellerons : *le modèle ondulatoire*.

Pour établir le deuxième modèle que nous appellerons le *modèle algorithmique*, nous décèlerons en premier lieu tous les segments ondulatoires de la pièce analysée. Ces segments ondulatoires deviendront des véritables outils analytiques une fois transformés en ce que nous appellerons : les *segments algorithmiques*. Ce sera grâce aux segments algorithmiques que nous pourrons analyser tous les paramètres d'une œuvre. Le modèle algorithmique représentera donc, sous forme de processus algorithmiques (algorithmes ondulatoires), toutes les structures de l'œuvre, ces dernières étudiées auparavant comme processus morphogénétiques. C'est à partir de ce modèle que nous serons en condition de réécrire la pièce analysée et aussi d'en produire des variantes.

0.2. Limites de la thèse

À partir de la deuxième moitié du XX^{ème} siècle, la musique expérimente une expansion incontestable qui se manifeste par un renouvellement des idées et des concepts ainsi que dans sa praxis. C'est grâce à l'évolution concomitante des arts, des sciences et de la technologie – en particulier de l'informatique – qu'une telle expansion s'est produite dans presque tous les domaines de l'activité musicale. Dès lors la musique en général se trouve dans une situation privilégiée qui permet au musicien d'être en condition d'adopter – selon des cas spécifiques – les acquis des recherches que les autres arts, les sciences et la technologie peuvent lui proposer.

Or, dans cette perspective, il serait absurde de concevoir un système musical nouveau sans être conscient des limites qu'une telle tâche impose dû l'énorme éventail de savoir artistique et scientifique dans lequel une discipline artistique est confrontée aujourd'hui.

Nous énoncerons plusieurs types de limites, lesquels seront issus de l'introduction du *Traité de sémiologie générale* d'Umberto Eco [Eco, 1988 : 26-27, 59-60].

Nous les adapterons au contexte musical de cette thèse. Ces limites seront donc « académiques, coopératives, empiriques,¹⁰ naturelles et épistémologiques », [Eco, 1988 : 26].

Nous entendons qu'il y a des limites :

- *académiques* dans les sens où d'autres disciplines ont développé des recherches sur certains sujets qui appartiendraient au domaine de la musique. Nous pouvons citer, parmi d'autres, les travaux en musicologie, ethnomusicologie, musicothérapie, musicographie, en acoustique, psychoacoustique, phonologie, en psychologie, en sémiotique, en sociologie, etc.

- *coopératives* dans les sens où d'autres disciplines ont développé des théories ou descriptions de la musique. Nous pouvons citer par exemple l'approche linguistique de la *théorie générative de la musique tonale* de Lerdahl et Jackendoff,¹¹ l'application de la *théorie des ensembles* à la musique atonale d'Allen Forte,¹² l'approche spectrale – c'est-à-dire, l'analyse d'œuvres musicales à partir de spectrogrammes – de Robert Cogan¹³ ou l'approche sémiologique de la musique de Jean-Jacques Nattiez.¹⁴

- *empiriques* dans le sens où certains types des phénomènes apparemment musicaux ne seraient pas encore étudiés ou développés par la discipline musicale.

- *naturelles* dans les sens où certains sujets ou domaines ne peuvent pas être surpassés par la discipline musicale car nous entrerions dans des domaines non musicaux.

- *épistémologiques* qui ne dépendront pas de ce qui est « musical » mais plutôt de la définition que doit fournir la théorie musicale elle-même. Il nous faut définir avec exactitude ce que nous entendons par musique et surtout où se trouvent les limites d'une définition objective de la musique. Or, une définition qui prendrait par exemple en considération les phénomènes sociaux impliquerait des recherches amples sur thèmes qui appartiendraient à une sociologie de la musique. La même situation se produirait lorsque nous essayerions de formuler une définition de la musique fondée sur, par exemple, un point de vue psychologique ou autre.

¹⁰ Les limites académiques, coopératives et empiriques font partie de ce qu'Eco appelle les limites « politiques ». [Cf. Eco, 1988 : 26].

¹¹ Cf. [Lerdahl & Jackendoff, 1983].

¹² Cf. [Forte, 1973].

¹³ Cf. [Cogan, 1984].

¹⁴ Cf. [Nattiez, 1987].

0.2.1. Limites empiriques : L'ondulation

En musique, l'expression « ondulation » ne représente pas en soi quelque chose de nouveau. C'est un terme utilisé de façons différentes. Nous le trouvons souvent employé pour représenter graphiquement les mouvements ascendants et descendants d'une mélodie.¹⁵ Dans certains cas, la mélodie est comparée au mouvement ondulatoire du son : « Le son se propage dans le temps et dans l'espace par un mouvement ondulatoire des particules de l'air. La succession de plusieurs sons engendre un mouvement semblable, en montant, il gagne en tension, et en descendant, la tension se dissipe », [Grijalbo, 1977 : 21-22].¹⁶

Le *postulat intrinsèque de la musique ondulatoire*¹⁷ est celui dans lequel **la musique est considérée ondulatoire tout comme le son**, (cf. *infra* pp. 53-54). Or, la notion d'ondulation trouverait une nouvelle utilisation en musique, cette fois-ci le principe ondulatoire concernerait la musique de manière globale : l'idée d'une musique ondulatoire dans le sens que nous l'accordons représenterait donc une conception novatrice de la musique.

Nous développerons la théorie musicale ondulatoire en partant de la notion d'ondulation en tant que concept fondamental de la musique, et non pas comme une *simple description du fait mélodique*. À partir de cela, nous établirons les fondements d'une nouvelle approche de la musique centrée sur le **paradigme ondulatoire**, point de départ d'une pensée musicale « *ondulatoire* » qui s'appliquerait à l'analyse musicale.

*Avec la méthode d'analyse musical ondulatoire, une nouvelle conception de la musique est inaugurée. Toutefois, nous voudrions affirmer que nous considérons les travaux de quelques compositeurs tels qu'Eimert, Grisey, Murail, Pousseur, Stockhausen, Varèse et Xenakis (entre autres), comme précurseurs, de façon indirecte, de la pensée musicale ondulatoire. Par rapport à Herber Heimert, nous concédons une partie très importante. Surtout dans son analyse de *Jeux* de Debussy, (cf. Eimert, 1961 : 3-20).*

¹⁵ Cf. [Schönberg, 1967 : 98-103 et 114-115], [Schönberg, 1977 : 170],

¹⁶ C'est nous qui traduisons.

¹⁷ Nous nommons parfois musique ondulatoire ou système d'analyse, notre méthode d'analyse.

0.2.2. Limites naturelles : Musique, art ou science ?

« La musique est la science qui apprend à bien moduler ; n'est pas ton avis? ».

Saint Augustin *De Musica*, livre I, trad. fr., 1947

« ... la musique est l'art des sons, mais je risquerais que l'on me demande ce qu'est l'art... »

Luciano Berio, *Entretiens*, 1983

« L'art puise son concept dans la constellation de moments qui se transforment historiquement et se ferme aussi à la définition »

Theodor W. Adorno, *Théorie Esthétique*, trad. fr., 1982

Pendant les différentes périodes de l'histoire, nous pouvons constater que la musique est souvent entendue comme un art et parfois comme une science. Aujourd'hui la musique est considérée avant tout comme un art, mais, un art qui se nourrit des sciences et surtout de la technologie.¹⁸

Dans l'université du Moyen Âge, l'arithmétique, l'astronomie, la géométrie et la musique étaient considérées comme des arts libéraux. Ces disciplines faisaient partie du *Quadrivium*, terme appliqué à la science de nombres au moyen âge.¹⁹

Il y avait aussi le *Trivium* – qui était une division inférieure – conformé par la grammaire, la rhétorique et la dialectique. Saint-Augustin considérait la musique comme une science : « Lorsqu'il s'agit de science-musique, Augustin emploie le terme *musica* et celui qui traite la science est le *musicus* », [Corbin, 1960 : 193].

Dans l'actualité il est parfois difficile d'affirmer si une discipline ou un art se situerait plus proche de la science ou de l'art. Joseph Sauveur – considéré comme le fondateur de l'acoustique musicale – affirmait que l'acoustique était une science supérieure à la musique dont son objet était le son, tandis que la musique s'occupait des « sons agréables à l'ouïe », [Sauveur, 1701 : 297 et sq.]. Nous trouvons plus récemment que Lindsay [1972] dans son

¹⁸ Cf. [Lesche, 1979 : 45-54].

¹⁹ Cf. [Le Vot, 1993 : 161], [Lesche, 1979 : 46].

livre *Acoustics*, déclare que « Finalement, l'acoustique n'est pas seulement une science ou de la technologie, mais aussi un art » [Lindsay, 1972 : 2].²⁰ Il corrobore son affirmation en se basant sur les liens étroits qui coexistent entre la musique et l'acoustique.

Dans ce contexte actuel, la musique pourrait à son tour être considérée une science contenue de principes, notions, méthodes etc., qu'elle *emprunte* des sciences et surtout de la technologie. Or, se poser aujourd'hui la question d'où se trouvent les limites qui sépareraient l'art de la science et vice versa serait peut-être un non-sens. Nous nous contenterons de placer ce binôme « art-science » dans un contexte régi par la notion de collaboration réciproque, tout en sachant qu' « Il n'est pas de substitut pour une activité proprement artistique » [Risset, 1995 : 171], (cf. [Schaeffer, 1966 : 26-31]).

Nous concevrons donc la musique dans une perspective strictement artistique c'est-à-dire comme un art, mais, un art qui a toujours « ... tiré parti des ressources offertes par la science et la technologie » [Risset, 1987 : 11].

Nous élaborerons la théorie musicale ondulatoire avec l'appui d'un nombre réduit de notions qui surgiront principalement de l'acoustique, des théories morphologiques, les mathématiques, la physique et de l'informatique.

Ces notions – lesquelles suffiront à satisfaire nos objectifs – seront (entre autres) :

- pour l'acoustique : le son, l'ondulation, la *synthèse additive* de Fourier, partiels, partiels harmoniques, partiels inharmoniques, acoustique digitale, synthèse numérique du son.
- pour les mathématiques : la théorie des ensembles
- pour la physique : trajectoire, temps.
- pour l'informatique : algorithme, programme informatique.
- Pour les théories morphologiques : morphologie, morphogénèse, morphogène.

En ce qui concerne la théorie musicale « traditionnelle », nous avons déjà exprimé dans le paragraphe (0.1. : 6) que « ... nous utiliserons quelques concepts couramment employés comme : note, intervalle, rythme, altération, entre autres. Ces concepts ne nécessiteront pas d'être redéfinis parce que, dans l'état actuel, ils sont parfaitement connus et utiles tels quels. ».

²⁰ C'est nous qui traduisons.

0.2.3. Limites épistémologiques : Vers une musique ondulatoire

Nous avons exprimé dans (0.2. : 8), la différence entre ce que nous pouvons considérer comme musical et la définition que doit fournir la théorie musicale elle-même. « Il nous faut définir avec exactitude ce que nous entendons par musique et surtout où se trouvent les limites d'une définition objective de la musique » (cf. Limites de la thèse, page 8).

La définition de la musique considérée comme « l'art des sons » [Berio, 1983 : 17] est très vaste, tout comme celle-ci : « la musique est tout ce que l'on écoute avec l'intention d'écouter de la musique », [Berio, 1983 : 21]. Le compositeur soutient également que, la musique, est « la recherche d'une frontière perpétuellement reculée » [Berio, 1983 : 21].

Dans le contexte cité plus haut, toutes les définitions invoquées ne considèrent la musique que sous une forme ambiguë, en tout cas, très extensive : la musique prise comme s'il s'agissait d'un « objet », un objet à philosopher.

Nous pensons qu'une définition concrète de la musique doit aller à la rencontre de la vérité objective de la musique « sa puissance élémentaire » [Hegel, 1976 : 106], **le son**.²¹

Là, nous abordons un point de grande importance parce que si l'art en général – et surtout la musique d'aujourd'hui – est résolument lié aux sciences et à la technologie, il est nécessaire que nous soyons aptes et en même temps prêts à donner une définition en accord avec ses enjeux là.

Nous ne serions pas de l'avis de Berio sur le fait qu'une définition « exhaustive et définitive » de la musique signifierait « ... la mort de la musique ... » [Berio, 1983 : 24].²² Or, pénétrer le mystère de la musique ne signifierait pas qu'il cesserait de l'être, « ... c'est en comprendre le phénomène, savoir enfin pourquoi il est et restera, à son apparition, “ mystère ”, et savoir de quoi il est fait. » [Ansermet, 1961 : 7].²³

²¹ Cf. [Hegel, 1976 : 95].

²² Berio, en essayant de définir la musique, répond à Rossana Dalmonte : « Si l'on pouvait répondre de façon exhaustive et définitive à ta question, cela signifierait qu'un certain processus humain très complexe et un peu mystérieux même, celui de l'expression musicale, est arrivé à son terme et que nous pourrions vraiment, pauvres de nous ! célébrer, avec les aventuriers, la mort de la musique, et avec les idiots, le silence » [Berio, 1983 : 24].

²³ Cf. *Debussy et le Mystère*, [Jankélévitch, 1949 : 9 et sq.].

Une définition objective de la musique (cf. Limites de la thèse, page 8) se rapprocherait à celle de Berio quand il affirme que la musique « ... n'est pas un objet mais un processus... » [Berio, 1983 : 21].

Justement, dans la définition de musique – que nous développerons en profondeur dans le premier chapitre – le principe de processus est intrinsèque. Une définition de la musique et du musical fondée « ... à partir de la notion de *son* en tant que réalité acoustique et phénoménologique » (cf. Objectifs de la thèse, page 2), nous amènerait enfin à établir cette idée dont nous avons parlé plus haut, c'est-à-dire une définition en accord avec des enjeux scientifiques (acoustique) et technologiques.

Or, à l'heure où « L'invasion du son électroacoustique et numérique est devenue presque universelle » [Risset, 1995 : 171] et que la maîtrise du son dans toutes ses formes et applications est un fait incontestable, il est presque inouï de constater que la théorie musicale actuelle n'est pas en condition de se situer vis-à-vis de cette réalité.

La théorie musicale doit être en situation de pénétrer ces enjeux nouveaux dont le son se trouve désormais placé au centre du contexte, c'est-à-dire de la musique :

« Nous sommes des musiciens et notre modèle, c'est le son, non la littérature, le son, non les mathématiques, le son, non le théâtre, les arts plastiques, la théorie des quanta, la géologie, l'astrologie ou l'acupuncture. » [Grisey, 1984 : 22].

Pour réfléchir sur la musique, pour la théoriser, il faut aller à la rencontre du son, le son comme « modèle ». Dorénavant, la théorie musicale doit être en permanence à l'*écoute* de son matériau par excellence, le son. Une théorie musicale doit être aussi capable de s'adapter aux changements qui subissent et qu'affronteront toujours les matériaux musicaux.

En conséquence, la *théorie musicale ondulatoire* doit être envisagée – tout comme le son – sur un terrain en perpétuelle évolution, comme dans « ... un laboratoire du futur » [Risset, 1985 : 180], étant la seule garantie d'un renouvellement permanent.

0.2.4. La musique, combinatoire ondulatoire

Il est certain que la combinatoire joue un rôle capital dans presque tous les aspects de l'activité créatrice humaine. Dans les arts, le paradigme combinatoire peut être considéré comme un élément fondamental de l'acte créatif. Combiner est aussi : « réunir, arranger, assembler, associer, composer, coordonner, disposer, ordonner, unir » [Robert, 1996]. Très souvent, la définition de musique que nous trouvons dans plusieurs dictionnaires, fait référence au principe combinatoire comme élément indissociable de la musique : « Art de combiner des sons d'après des règles (variables selon les lieux et les époques), d'organiser une durée avec des éléments sonores ... » [Robert : 1996].

Le principe combinatoire en musique peut être résumé en quatre types, à savoir :

- La « *combinatoire prédéterministe* », assujettie aux lois modales, contrapuntiques, harmoniques, selon les différentes étapes de l'histoire de la musique (tonale).
- La « *combinatoire déterministe* » [Xenakis, 1976 : 23], dont le principe combinatoire musical trouve son sommet dans le sérialisme inauguré par la méthode de composition dite « dodécaphonique » de Schönberg (cf. [Schönberg, 1977 : 162-193.]), (cf. [Boulez, 1963 : 35 et sq.]).
- La *combinatoire stochastique* de la musique de Xenakis, qui fait appel « ... à la théorie et le calcul de probabilités ... » [Xenakis, 1976 : 26].
- La *combinatoire ondulatoire*, inspirée du principe ondulatoire des ondes sonores, et qui se trouve en même temps implicite dans n'importe quel type ou style de musique.

Nous avons exprimé dans (0.2.4. : 21) que « ... toutes les procédures employées pour organiser les sons – ainsi que tous les autres paramètres musicaux – pendant la composition d'une œuvre quelconque – procédures combinatoires (ou autres) d'origine musicale, mathématiques, physiques, génératives, etc., – donnent comme résultat la mise en place des *données ondulatoires*.²⁴ En même temps, ces données ondulatoires expriment l'aboutissement

²⁴ Une donnée ondulatoire est l'expression abstraite du résultat de l'opération d'une étape d'un algorithme ondulatoire, (cf. *infra*, 2.15. : 171 et suivantes).

des opérations de chaque étape d'un algorithme ». En effet, pour expliquer cela, nous allons montrer à continuation quelques exemples pour illustrer de manière précise notre postulat.

Nous analyserons les exemples musicaux qui vont suivre, comme étant les résultats d'algorithmes (ondulatoires) que nous dénommerons : des *algorithmes globaux*. Dans ce type d'algorithme, les données – c'est-à-dire les résultats des opérations de chaque étape de l'algorithme – représenteront chaque mouvement de la trajectoire ondulatoire d'une séquence de sons en termes globaux de type (+1 -1 0), à savoir, le chiffre (+1) pour les mouvements ascendants, le chiffre (-1) pour les mouvements descendants et le chiffre (0) pour les mouvements horizontaux.²⁵

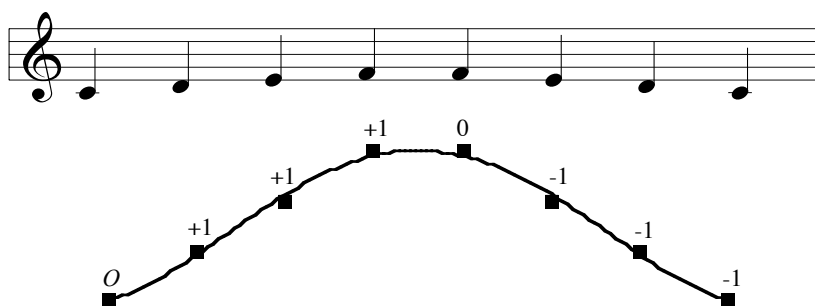


Figure 2 : Trajectoire ondulatoire d'une mélodie simple

Dans la figure 2 ci-dessus, nous avons une mélodie très simple conformée par 8 sons. Cette mélodie peut être conçue comme l'expression d'un algorithme qui consiste en 7 étapes et qui donne une suite de 3 mouvements ascendants, 1 mouvement horizontal et 3 mouvements descendants. Le résultat des opérations de chaque étape de l'algorithme est représenté par une suite de chiffres qui représente en même temps la trajectoire ondulatoire de cette mélodie en termes globaux.

Voici la représentation en chiffres de la trajectoire ondulatoire de la mélodie de la figure 2 (ci-dessus) : (O +1 +1 +1 0 -1 -1 -1).²⁶

²⁵ Dans le chapitre 2, nous expliciterons de façon plus détaillée les concepts d'algorithme global et d'algorithme local. Dans ce dernier, les résultats des opérations de chaque étape de l'algorithme représenteront chaque mouvement de la trajectoire ondulatoire d'une séquence de sons en termes locaux, c'est-à-dire que les données seraient en relation stricte avec la tessiture des sons utilisés dans l'œuvre en question. Les données ondulatoires locales seraient par exemple, de type : (100, 440, 52, 16, 2000 etc.). Chaque chiffre étant la représentation des différentes fréquences en c.p.s.

²⁶ Nous rappelons que la lettre « O » représente le point de départ (l'origine) d'une trajectoire ondulatoire. L'origine représente le premier événement sonore de la trajectoire.

Structures

I a Pierre Boulez

The image shows the musical score for 'Structures I a' by Pierre Boulez. It consists of four systems of staves. The first system is for Piano I, and the second is for Piano II. The third and fourth systems show the grand staff (treble and bass clefs). The score includes various musical notations such as notes, rests, and dynamic markings. Wavy trajectory annotations are placed next to specific notes, with values +1, -1, and O. The time signature is 3/8.

Figure 5 : Mouvements de la trajectoire ondulatoire de chaque partie de piano (*Structures Ia*)

Dans l'exemple ci-dessus (figure 5) nous avons la première page (mesures 1-7) de *Structures* pour deux pianos de Boulez (cf. [Boulez, 1955]). Les chiffres placés à côté de notes représentent les mouvements de la trajectoire ondulatoire de chaque partie de piano.

Instruments	Donnés Ondulatoires											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Piano I	(O	-1	+1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	+1	-1)
Piano II	(O	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	+1)

Figure 6 : Tableau des données ondulatoires de chaque partie de piano (*Structures Ia*)

La figure 6 (ci-dessus), montre les deux parties de piano représentées en forme de données ondulatoires. Nous avons 11 données ondulatoires pour chaque partie de piano. Nous rappelons que la série jouée par le piano I, est la série fondamentale de l'œuvre. Pour le piano II, Boulez utilise la première de douze transpositions « renversées » de la série.

(*)

Instru- ments	Données ondulatoires (a)																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Piano I	mib7		ré3			la4		lab1				sol2	fa#5	mi6		do#5	do2	sib-1		fa3	si2
	<i>O</i>		-1			+1		-1				+1	+1	+1		-1	-1	-1		+1	-1
Piano II	mib7	mi2		la4	sib-1	si2	do6		ré4	fa3	fa#5		lab1		do#5					sol7	
	<i>O</i>	-1		+1	-1	+1	+1		-1	-1	+1		-1		+1					+1	

Trajectoire ondulatoire (b)																				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
(<i>O</i>	-1	+1	+1	-1	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	0	-1	-1	+1	-1	-1)

a) Distribution de notes de la première page de (*Structures Ia*) (mesures 1-7) pour piano de Pierre Boulez
 b) Trajectoire ondulatoire résultante

Figure 7

Dans la figure 7 (ci-dessus), la distribution des notes de la première page de *Structures* pour piano de Pierre Boulez est représentée par (a). Nous constatons que la structure ondulatoire de cet exemple est conformée par deux sous-trajectoires ondulatoires, à savoir, la première, celle du piano I, et la deuxième, celle du piano II. La trajectoire ondulatoire qui résulte des deux sous-trajectoires est représentée dans le graphe par (b). Nous pouvons apprécier que la trajectoire ondulatoire représente une synthèse importante du passage musical en termes ondulatoires globaux. Dans la donnée 5 (*), nous avons un exemple dans lequel un ensemble d'événements sonores est conformé par deux fréquences (sons) différentes, à savoir, la4 et si2.

La donnée ondulatoire (5) de la trajectoire ondulatoire (b) est obtenue à partir de la fréquence la plus basse de l'ensemble, parce que, dans la théorie musicale ondulatoire, **l'ensemble d'événements sonores étant situé dans un moment précis de l'espace temporel d'une pièce de musique donnée, est conçu comme un son complexe dont la fréquence la plus basse est prise comme la « fondamentale » des fréquences contenues dans l'ensemble.** La fréquence qui correspond à la donnée ondulatoire (5) de la trajectoire ondulatoire, est, donc, si2, fréquence étant la plus basse de l'ensemble.

Morsima – Amorsima

Iannis Xenakis

Mesures 4-6 de *Morsima – Amorsima* pour ensemble instrumental de Iannis Xenakis (cf. [Xenakis, 1967 : 1])

Figure 8

Instruments	Données ondulatoires												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
V.	ré6	fa#4				mi6	mi5			do6	g-	g-	
	O	-1				+1		-1		lg-	-1	-1	
C.			sol#3	sol#3		fa6					ré4		
			0	0		+1						-1	
Cb.	la1	g-	g-	mi1	sol4					sol2			
	0g-	-1	-1	-1	+1					-1			
P.									sol#3				
	fa6				sib3				+1				
	O				-1				-1				sib1
													+1

Trajectoire ondulatoire													
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
(O	-1	-1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	

Figure 9 (première partie)

Instru- ments	Données ondulatoires																
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
V.	g-	g-	g-	g-	g-	g-	g-	g-	g-	g-	fa5	g-	g-	g-	g-	g-	do#4
	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
C.	fa#5	fa#5	fa#5	fa#5	si2	g+	g+	g+	fa#4	g+	g+	g+	g+	g+	g+	g+	sol#5
	+1	0	0	0	-1g+	+1	+1	+1	1g+	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
Cb.	ré4	ré4	ré4	ré4	ré4	ré4	ré4	ré4	do#4								
	+1	0	0	0	0	0	0	0	-1								
P.			la4		sib1												
			+1		-1												

Trajectoire ondulatoire																
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
+1	0	0	0	-1	+1	0	0	-1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	-1	-1

Représentation graphique de la structure ondulatoire des mesures 4-6 de *Morsima – Amorsima* de Iannis Xenakis

Figure 9 (suite)

Les figures 8 et 9 (ci-dessus) nous montrent la structure ondulatoire de trois mesures de *Morsima – Amorsima* de Iannis Xenakis. Dans la figure 8, nous pouvons apprécier les trois mesures en notation musicale dans lesquelles se trouvent placés à côté de notes leurs respectifs chiffres qui correspondent aux données ondulatoires. La lettre (g) symbolise les glissandi jouées par les cordes (V. C. et Cb.). Les glissandi ascendants et descendants sont donc notés g+ et g- respectivement.

Le graphe de la figure 9 nous donne un aperçu plus précis de la structure ondulatoire des trois mesures de *Morsima – Amorsima*. La colonne « Données ondulatoires » indique de façon détaillée chaque donnée ondulatoire (29 au total) par rapport à chaque instrument (violon, violoncelle, contrebasse et piano).

La colonne « Instruments » indique les instruments qui interviennent dans ce passage musical. Il est important de faire noter que, dans la figure 9, nous avons choisi de représenter les durées des trémolos et des glissandi avec des doubles croches pour des raisons d'espace. Nous pouvons aussi déceler les sous-trajectoires ondulatoires de chaque instrument en

parcourant le graphe (figure 9) de gauche à droite. Dans la partie inférieure de la figure 9, colonne « Trajectoire ondulatoire », nous pouvons apprécier la trajectoire ondulatoire (globale) du passage musical.

Les exemples ci-dessus nous ont permis de vérifier le postulat dans lequel se fonde une grande partie de la théorie musicale ondulatoire, à savoir : **quelle que soit la procédure employée pour agencer une séquence sonore (ou toute une œuvre) donnera comme résultat une suite de données ondulatoires.**

Il est important de rappeler que les fragments analysés ont été conçus par au moins une des procédures citées ci-dessous :

- par pure intuition musicale
- à partir de la méthode dodécaphonique ou sérielle
- à partir d'une fonction mathématique
- à partir d'un programme informatique
- à partir de données statistiques quelconques
- à partir de calculs probabilistiques
- à partir d'une trajectoire ondulatoire d'une pièce déjà existante
- à partir d'un algorithme ou fonction qui crée un son quelconque
- etc.

En ce qui concerne les données ondulatoires de la série fondamentale et aux formes « miroir » de l'opus 26 de Schönberg, ces données peuvent être envisagées comme des **trajectoires ondulatoires fondamentales**, lesquelles peuvent être utilisées à son tour pour créer plusieurs séries différentes dont les mouvements ondulatoires resteront inéchangeables (figures 3 et 4 ci-dessus). Les figures 5 et 7 (*supra*) ont mis en lumière la structure ondulatoire de chaque partie de piano de la première page (mesures 1-7) de *Structures* pour deux pianos de Pierre Boulez, ainsi que la trajectoire ondulatoire globale du passage analysé. Dans l'analyse des mesures 3-5 de *Morsima – Amorsima* de Xenakis (figures 8 et 9 *supra*), nous avons montré l'aspect ondulatoire d'un passage musical dans lequel sont utilisés – entre autres –, des trémolos et des glissandi.

I. Vers une nouvelle définition de la musique

1.1. Introduction : Problématique de la définition de la musique

1.1.1. Est-il possible de définir la musique?

« Nous ne savons pas grand-chose de la musique »

Pierre Schaeffer, *Traité des objets musicaux*¹

« Personne n'aurait eu l'idée de demander à Beethoven ce qu'est la musique »

Berio, *Entretiens*²

Il est un fait incontestable que la définition de la musique la plus répandue et acceptée est celle de « l'art des sons ».³ Il existe une autre acception de la musique, aussi bien connue, dans laquelle l'action de combiner est énoncée, ce qui donne une dimension plus orienté au sens de la définition : « L'art de combiner des sons d'après des règles (variables selon les lieux et les époques) ... » [Robert, 1996].

Dans la première définition, celle que nous identifierons désormais comme la **définition générale de la musique**, nous pouvons déceler que son contenu ne s'adresse pas de manière directe à aucune des principales pratiques propres à la musique, c'est-à-dire qu'elle ne concerne pas prioritairement ni la composition, ni l'exécution musicale. Le sens contenu dans cette acception générale pourrait être donc considéré comme le plus approprié en tant que notion *globale* ou *impartiale* de la musique.

Dans la deuxième définition que nous avons citée plus haut, l'action déterminée par le

¹ Cf. [Schaeffer, 1966 : 20].

² Cf. [Berio, 1983 : 19].

³ Nous sommes d'accord avec l'affirmation de Pierre Schaeffer à propos du sens très restreint que A. Danhauser attribue à cette définition de la musique dans sa « Théorie de la musique » qui date de 1872. (cf. [Schaeffer, 1966 : 162-166]). Nonobstant, bien que cette acception puisse paraître conventionnelle, nous montrerons dans notre étude qu'elle est tout à fait valable malgré le caractère d'apparente banalité que cette définition suscite.

verbe de combiner délimite le sens de cette acception, c'est-à-dire qu'elle est plus assujettissante que la première. Nous allons pour l'instant nous circonscrire à énoncer que l'acte de combiner annonce déjà une signification à la définition de la musique étant liée de manière très directe à l'action musicale ; c'est-à-dire au temps, domaine dans lequel la composition et l'exécution musicale se développent.

1.1.2. La musique comme « Art »

La définition générale de la musique explicite de façon claire que, premièrement, la musique est un art et deuxièmement, que « son élément physique est le son » [Hegel, 1976 : 95]. L'art, dans l'une des acceptions les plus anciennes (X^{ème} siècle), est synonyme de science et de savoir. Plus tard, dans l'université du Moyen-Âge (vers la fin du XII^{ème} siècle), la musique faisait partie des « arts libéraux » avec l'arithmétique, l'astronomie et la géométrie.

Au XIII^{ème} siècle environ, nous trouvons une notion de l'art qui consiste en un « ensemble de connaissances et de règles d'action dans un domaine particulier ; les connaissances, par opposition à une science envisagée abstraitement » [Robert, 1996].

L'art étant l'une des activités les plus profondément enserrées dans la conscience sensible humaine ne tardera pas à devenir l'un de sujets longuement étudiés par les philosophes. C'est justement Hegel qui nous rappelle que « les beaux jours de l'art grec comme l'âge d'or de la fin du Moyen-Âge sont passés. La culture réflexive de notre époque nous contraint ... » [Hegel, 1976 : 23]. Hegel, propose tout autour de son œuvre immense, des pistes très éclairantes à propos de la question de l'art : « L'esprit absolument libre qui a repris en soi ses déterminations produit maintenant un autre monde ; un monde qui a la figure de soi-même, où son œuvre est achevée en soi et où l'esprit parvient à l'intuition de lui-même en tant que lui-même » [...] « Ainsi l'esprit est immédiatement l'art » [Hegel, 1982 : 109-110].

Hegel insiste à propos de la différence qui existe entre l'art et le besoin spéculatif de la science. « L'art n'a rien à voir avec ce besoin spéculatif, que la science travaille à satisfaire, ou

du moins pas sous cette forme scientifique, pas plus qu'il ne fait cause commune avec les impulsions du désir pratique » [Hegel, 1976 : 18]. Nous verrons plus tard, comment, pendant l'histoire de la musique et plus spécialement dans la deuxième moitié du XXème siècle, et dans quelles circonstances, la musique est considérée par les compositeurs parfois comme un art et parfois comme une science.

Or, l'étude de la question de l'art offert par Adorno est aussi d'une importance capitale. Il nous corrobore ce qui est un fait incontestable aujourd'hui, à savoir, que l'art a perdu son caractère de certitude : « Il est devenu évident que tout ce qui concerne l'art, tant en lui-même, que dans sa relation au tout, ne va plus de soi, pas même son droit à l'existence » [Adorno, 1982 : 9]. Pour Deleuze, « L'art n'est pas communicatif, l'art n'est pas réflexif, l'art n'est pas ni la science, ni la philosophie, il n'est ni contemplatif, ni réflexif, ni communicatif, il est créatif, c'est tout » [Deleuze, 1996 : lettre U].

Si bien que la musique en tant qu'art n'aurait pas échappé à toutes les contradictions qui se sont accentuées autour de la question de l'art du début du XXème siècle jusqu'aujourd'hui, elle témoigne d'une évolution vertigineuse surtout après la deuxième guerre mondiale, évolution appréciable dans les diverses formes d'orientation esthétiques où cet art s'est développé.

1.1.3. Le son, l'élément physique de la musique

En ce qui concerne la définition générale de la musique, nous sommes sans doute d'accord sur le fait que la musique est un art, c'est par rapport au son, dont une question se pose. Or, si la musique est l'art des sons, l'histoire de son évolution montre justement que c'est en relation au son où cet art aurait précisément opéré une synthèse hautement restrictive. Le point de départ de cette synthèse, nous pouvons la situer dans la Grèce antique.

C'est avec le principe de division harmonique d'une corde (le monocorde), principe que Pythagore aurait amené de l'Asie et de l'Égypte dont la musique occidentale trouve ses

fondements [Robertson & Stevens, 1972 : 154]. C'est à partir de ce que l'on appelle le tempérament Pythagoricien, dessiné à partir du principe de quintes juxtaposées, dont Boèce aurait « posé les bases peu près de toute la théorie de la musique au Moyen-Âge » [Lesche, 1979 : 46]. À ce moment-là, nous trouvons que l'art musical avait déjà opéré une synthèse importante en ce qui concerne son matériau sonore.

Il a été établi dès lors, la division bien connue aujourd'hui, entre les sons musicaux, et les sons non musicaux dont le bruit fait partie. Il est prudent de signaler ici qu'au fur et à mesure que la musique poursuit son évolution, elle s'éloigne en même temps des recherches menées par les scientifiques de l'époque sur la question du son. Justement, Joseph Sauveur, considéré comme le fondateur de l'acoustique musicale (1653-1716), affirmait que l'acoustique était une science supérieure à la musique dont son objet était le son, tandis que la musique s'occupait des « sons agréables à l'ouïe »⁴ : La définition de la musique de Rousseau (« Art de combiner les Sons d'une manière agréable à l'oreille » [Rousseau, 1995 : 915]), qui date de 1764, constate la véracité de l'affirmation de Sauveur.

En effet, il faudra attendre la deuxième moitié du XX^{ème} siècle, avec l'acoustique digitale, pour que la musique puisse récupérer le retard par rapport à la maîtrise du son dans tous ses aspects. Après l'établissement, à la fin du XVII^{ème} siècle, du tempérament égal, l'art musical occidental s'est érigée sa « palette sonore tempérée » à douze sons (musicaux) qui conforment la totalité chromatique avec laquelle s'édifierait presque toute la musique savante.⁵

⁴ Dans ce contexte, l'exception la plus éloquente à cette époque, nous la trouvons dans les travaux de Rameau où la musique est considérée comme un « ensemble de phénomènes vibratoires relevant de lois physiques objectives » et dont Rameau s'est servi précisément des théories de Sauveur. [Rameau, 1980 : 19].

⁵ La musique dodécaphonique et la musique sérielle intégrale, pour ne nommer que les deux principales formes de musique sur lesquelles se fondent la plupart des esthétiques musicales de ce siècle, témoignent, de ce que nous appellerions les dernières tentatives de la musique occidentale pour survivre à son propre anéantissement, à cause d'avoir été enfermée dans le système sonore tempéré. Quand Schönberg proclame « l'émancipation de la dissonance », en effet, ce qu'il annonce peut-être sans le savoir, n'était autre chose que l'aperture définitive dans la conscience musicale occidentale vers un univers sonore où se confondent définitivement les « bruits » et les sons.

Nous n'ignorons pas l'utilisation d'instruments à percussion qui se sont ajoutés progressivement à l'orchestre. Toutefois, parce que ces instruments ne produisent pas des sons tempérés, donc « musicaux » (excepté les timbales, le xylophone, etc.), ils sont assimilés normalement comme des instruments à sons dits « indéterminés ». Ces instruments à percussion étaient considérés jusqu'au début du XX^{ème} siècle presque comme des accessoires à effets sonores.⁶

Un autre élément qui s'ajoute à cette problématique vis-à-vis du son dans la musique, consiste en ce qu'à partir de l'invention de l'écriture musicale au X^{ème} siècle, la pratique musicale s'est accentué en faveur d'une sorte de « pensée en notes » (neumes, et plus tard, en notes) [Cogan, 1984 : 1], (cf. [Schaeffer, 1966 : 19, 164-165]).

En conséquence, cette « pensée en notes » aurait encore plus éloigné le compositeur d'un rapport fructueux avec le son proprement dit.⁷ Dans un tel contexte nous serions d'accord sur le fait qu'une modification de la définition générale de la musique se fait pertinente. Nous proposerions donc de modifier, provisoirement, la définition générale de la musique, comme étant « l'art des sons musicaux », ou bien encore, « l'art des notes musicales ». Provisoirement, étant donné qu'à partir de la deuxième moitié du XX^{ème} siècle, l'art musical aurait déclenché enfin – après de nombreuses tentatives qui remontent au début de ce siècle – un processus de reconquête du son, pas seulement en tant qu'élément fondamental de cet art, mais aussi, grâce à l'apport que la technologie peut offrir, le compositeur pourra enfin comprendre et manipuler le son à sa guise.

⁶ Hermann Scherchen aurait qualifié d'antimusicaux les instruments à percussion. [Stuckenschmidt, 1960 : 50].

⁷ « ... je le dis en tremblant, je crois bien que la musique a reposé jusqu'à aujourd'hui sur un principe faux. On cherche trop à *écrire*, on fait de la musique pour le papier alors qu'elle est faite pour les oreilles! On attache trop d'importance à l'écriture musicale, à la formule et au métier! [...] On combine, on construit, on imagine des thèmes qui veulent exprimer des idées [...] on fait de la métaphysique, mais on ne fait pas de la musique » [Debussy, 1987 : 296]. Cf. la note de bas de page numéro 9 (page 28).

1.1.4. Les sons non musicaux : les bruits

C'est à la fin du XIX^{ème} siècle où « ... les fondements de la musique tonale sont ébranlés ... » [Bosseur, 1993 : 10]. Comme une prémonition à la « véritable explosion de la tonalité » dont la musique aboutira au XX^{ème} siècle, [Bosseur, 1993 : 10], nous trouvons qu'en 1892, un piano accordé en quarts de tons, aurait été construit par Behrens-Senegalden [Stuckenschmidt, 1960 : 41].

D'autres compositeurs qui se sont intéressés en l'utilisation de systèmes autre que le tonal, le sériel etc. auraient effectivement ouvert la voie vers une prise de conscience de la problématique du son, au moins en ce qui concerne l'élargissement des systèmes musicaux basés sur les 12 notes tempérées. Parmi ses compositeurs, nous pouvons citer à Stein, Vyshnegradsky, Busoni, Haba et Carrillo [Stuckenschmidt, 1960 : 41 et sq.].⁸

Richard Stein considéré comme le précurseur du microtonalisme, publie en 1909 en schéma de son système de sons en quarts de ton. Ivan Vyshnegradsky concentrera son travail compositionnel sur le bitonalisme (microtonalité ou ultrachromatisme) dont il publiera en 1933 un livre sur l'harmonie des quarts de tons. Ferruccio Busoni, aurait par contre songé à une division du ton en trois parties, opération qui donnait une échelle en tiers de tons comportant dix-huit notes. De son côté, Alois Haba aurait utilisé une autre échelle comportant soixante-deux degrés [Stuckenschmidt, 1960 : 41 et sq.].

Il est important de rappeler, par rapport à la question de l'élargissement des systèmes musicaux basés sur les 12 notes tempérées, que, vers la fin du XIX^{ème} siècle, Alexander Ellis aurait envisagé l'utilisation d'une échelle qui divise l'octave en mille deux cents parties [Stuckenschmidt, 1960 : 47].

Si bien, les efforts qui ont lieu à cette époque pour élargir la palette sonore de la musique occidentale excluaient au moins de manière indirecte le bruit, il est vraisemblable

⁸ Nous avons déjà exprimé ce que nous pensons par rapport à la contribution de Schönberg et du sérialisme musical, (cf. la note de base de page 5, page 25).

sans doute, qu'au moment où apparaisse en 1913 le manifeste de Luigi Russolo intitulé précisément « L'art des bruits » que le bruit est incorporé de façon définitive dans l'histoire de la musique. Il est vrai que les œuvres écrites par Russolo et Pratella (parmi d'autres compositeurs) ne seraient pas de grande valeur artistique selon certaines opinions, néanmoins, elles auraient contribué de manière définitive à une ouverture dans la conscience musicale de l'époque vis-à-vis des sons non musicaux (bruits) au rang de sons à part entière.

À cette date importante (1913), s'ajoute celle de 1931, lorsque Edgard Varèse compose une œuvre entièrement pour instruments de percussion. Dans cette œuvre (*Ionisation*) nous apercevons de façon incontestable le fait que Varèse « souhaite composer au niveau physique du son » y compris les bruits [Bosseur, 1993 : 22]. Dans cette œuvre qui fera date, le compositeur arrive à incorporer précisément des sons « indéterminés » de la percussion, des sons dont la fréquence varie costamment (sirènes) et des instruments « à son fixe » (cloches, glockenspiel et piano).

Nous pensons que cette œuvre marque dans l'histoire de la musique l'un de plus importants points de départ par rapport à l'incorporation définitive du son dans son aspect le plus large, au même temps, qu'elle s'avère l'anticipatrice d'une authentique revalorisation du son, celui-ci devenu le centre véritable des recherches musicales à partir de 1948.⁹

À ce stade, nous avons vu que, par rapport au sens de sa définition générale, la musique aurait oscillé pendant son évolution entre « l'art des notes » et « l'art des sons ». Si bien, malgré l'utilisation presque généralisée d'une forme de « pensée en notes » prévalue encore aujourd'hui dans certains secteurs musicaux, nous pouvons affirmer avec raison que la définition générale de la musique est valable.

⁹ Nous voudrions mentionner ce que Debussy pense à propos de cette problématique de sons et bruits, témoignage qui date de 1911. Si bien, l'univers sonore de Debussy ne se fonde pas sur une prise de conscience directe sur ce que nous venons d'aborder à propos du bruit, son affirmation nous paraît très pertinente pour être évoquée ici. « Wagner se prononce pour la loi de l'harmonie ; je suis pour la liberté. La liberté par nature est libre. Tous les bruits qui se font entendre autour de vous peuvent être rendus. On peut représenter musicalement tout ce que l'oreille fine perçoit dans le rythme du monde environnant » [Debussy, 1987 : 308]. Cf. la note de bas de page numéro 7 (page 26).

1.1.5. L'art (de combiner) des sons

Nous avons dit que la deuxième définition de la musique (la définition générale) est plus assujettissante que la première (*Vide supra* (1.1.1. : 22-23)). Cette deuxième définition apparaît comme une modification de la définition générale, avec les mots (de combiner) insérés au milieu. De cette façon, l'acception est focalisée dans le verbe qui représente l'action de combiner, verbe qui renvoie à quelque chose de très concret : Combiner est à l'évidence en rapport avec l'homme (le compositeur, le musicien), tandis que, dans la définition générale, le rapport avec l'homme est sous-entendu, mais non direct.

Nous avons donc signalé que l'acte de combiner annonce déjà une signification à la définition de la musique étant liée de manière très directe à l'action musicale ; c'est-à-dire au temps, domaine dans lequel la composition et l'exécution musicale se développent. Il est vrai que l'action de combiner se situe plus proche, sinon presque exclusivement, du côté de la composition musicale. Cependant, dans l'exécution musicale, du fait que les sons se combinent entre eux dans le temps, grâce à l'action des gestes musicaux de l'interprète (ou dans l'occurrence, d'une machine, d'un ordinateur, etc.), il est donc plausible que l'interprétation musicale soit concernée aussi dans cette définition.

Or, le temps employé par l'interprète est un temps « réel », tandis que celui impliqué dans l'acte de composer est « différé » par rapport au processus effectif musical. En revanche si nous prenons en considération l'improvisation musicale étant elle-même une forme supposée de composition, alors, l'improvisation agit dans la même dynamique temporelle que l'interprétation tout en sachant qu'elle participe aussi de la composition musicale en temps réel.

C'est précisément le sens contenu dans la deuxième définition de la musique (l'art de combiner des sons), que nous appellerons dès maintenant la **définition active**, qui joue un rôle capital autour duquel la musique s'est développée à travers l'histoire [Boulez, 1985 : 20].
L'acte créatif est lié de façon directe à l'action de combiner.

Nous avons évoqué dans l'introduction de cette thèse que le principe combinatoire en musique peut être résumé en quatre types, à savoir : La « combinatoire prédéterministe », assujettie aux lois modales, contrapuntiques, harmoniques, selon les différentes étapes de l'histoire de la musique (tonale). La « combinatoire déterministe », dont le principe combinatoire musical trouve son sommet dans le sérialisme inauguré par la méthode de composition dite « dodécaphonique » de Schönberg. La « combinatoire stochastique » de la musique de Xenakis, qui fait appel à la théorie et le calcul de probabilités. La « combinatoire ondulatoire », inspirée du principe ondulatoire des ondes sonores (cf. 1.2.4. : 14).

Si nous situons les deux définitions que nous venons d'étudier dans un contexte dynamique musical, nous constaterons qu'elles se complètent : La définition générale, tout en étant une acception globalisante de la musique, est passive par rapport à la deuxième, l'active où le principe d'action musical est inclus.

1.2. Différents types de définitions de la musique¹⁰

Les définitions de la musique parviennent de contextes parfois très opposés : musical, scientifique, philosophique, social, politique, etc. Nous établirons quatre catégories principales à partir d'un critère d'appartenance par rapport aux disciplines que chaque définition suggère.

1.2.1. Catégorie « neutre »

La catégorie neutre, est la base sur laquelle les autres catégories se déduisent. Dans cette catégorie nous situerons une seule définition de la musique, la définition générale que nous

¹⁰ Dans l'étude de formes de définitions de la musique qui va suivre, nous allons faire une prospection non exhaustive. Par ce fait, nous nous limiterons à fournir un panorama suffisamment ample et compréhensible des principales acceptions de la musique, comme une préparation qui nous permettra de situer dans un contexte évolutif approprié la définition de la musique qui fonde le système musical ondulatoire.

avons étudiée tout à l'heure. Justement, par son contenu évident et extensif, cette définition s'avère la plus idoine pour conformer la base de la structure sur laquelle toutes les définitions de la musique peuvent s'édifier. Nous rappelons que cette acception contient deux arguments qui délimitent la notion de la musique de manière efficace : Nous avons donc d'abord, que **la musique est un art**, et ensuite, **que son moyen est le son**.

1.2.2. Catégorie « dynamique »

Cette catégorie est en relation avec la combinatoire en musique. Dans la composition musicale, l'habileté combinatoire se situe comme le principe de base selon lequel tout l'art musical se serait érigé. Dans le long processus évolutif de la musique, les diverses acceptions de la musique qui nous parviennent des compositeurs nous permettent de constater que leur variété est proportionnelle à tant de styles ou points de vue esthétiques différents.

Dans cette catégorie, la définition « active » de la musique (l'art de combiner des sons) se place comme l'axe parmi lequel aboutiront un nombre considérable d'acceptions.

La catégorie « dynamique » se divise en trois sous-catégories. Les deux premières sous-catégories concernent des définitions de la musique qui sont formulées à partir d'une réflexion plus au moins exhaustive du concept de musique.

Nous avons donc d'abord une sous-catégorie (*art*) où la musique est considérée comme un art, enfin, la deuxième, (*science*) où la musique est envisagée comme une science.

Une troisième sous-catégorie concerne des définitions qui ne sont pas formulées à partir d'une réflexion directe sur le concept de musique. Les acceptions de la musique qui se sont développées environ à partir du début du XX^{ème} siècle, témoignent justement des points de vues très diversifiées des compositeurs face aux nouvelles techniques de composition [Bosseur, 1992 : 7-8]. Ces nouvelles techniques de composition se sont transformées peu à peu en « formes de musique » avec leurs respectives définitions. Nous nommerons cette troisième sous-catégorie, « formes de musique ».

1.2.2.1. Sous-catégorie « art »

Dans la sous-catégorie « art », nous pouvons citer, parmi un nombre considérable d'acceptions, celles de :

Jean-Jacques Rousseau :

« Art de combiner les Sons d'une manière agréable à l'oreille » [Rousseau, 1995 : 915].

Lutowslaski :

« ... la musique est un art « multisignifiant ». Au moment même où l'on peut croire qu'elle signifie quelque chose, elle signifie toujours autre chose en même temps, et même des choses contradictoires » [Couchoud, 1981 : 143].

Schenker :

« La musique est toujours un art – dans ses compositions, dans ses exécutions, même dans son histoire. Elle n'est, en aucun cas, une science » [Schenker, 1979a : xxiii].

Berio :

« ... la musique est l'art des sons, mais je risquerais que l'on me demande ce qu'est l'art, et ce serait bien pire alors » [Berio, 1983 : 17].

Boulez :

À propos de la musique de Webern, « ... la musique n'est point seulement "l'art des sons", mais qu'elle se définit bien plutôt en un contrepoint du son et du silence » [Der Weid, 1992 : 42].

« La musique est une science autant qu'un art » [Boulez, 1987 : 167].

« La musique est un art non signifiant » [Boulez; 1985 : 18].

« Qu'est-ce donc que la musique ? A la fois un art, une science, et un artisanat » [Boulez; 1985 : 19].

Xenakis :

« La musique est l'art qui avant tous les arts fait un compromis majeur entre le cerveau abstrait et sa matérialisation sensible, c'est-à-dire restreinte par les limites humaines » [Xenakis; 1976 : 16].

1.2.2.2. Sous-catégorie « science »

Pour la sous-catégorie « science », parmi un nombre considérable d'acceptions, nous pouvons citer :

Jean-Philippe Rameau :

« La musique est une science qui doit avoir des règles certaines ; ces règles doivent être tirées d'un principe évident, et ce principe ne peut guère nous être connu sans le recours des mathématiques » [Rameau, 1980 : 51].

Jean-Jacques Rousseau :

« Cet Art devient une science et même très-profonde (sic), quand on veut trouver les principes de ces combinaisons et les raisons des affections qu'elles nous causent » [Rousseau, 1995 : 915].

Varèse :

« La musique est une art-science » [Der Weid, 1992 : 71].

Boulez :

« La musique est une science autant qu'un art » [Boulez, 1987 : 167].

« Qu'est-ce donc que la musique ? A la fois un art, une science, et un artisanat » [Boulez; 1985 : 19].

Stockhausen :

« La technique au service de la musique et les automates électroniques ... La musique va de pair avec la science » [Cadieu, 1992 : 21].

1.2.2.3. Sous-catégorie « formes de musique »

Il nous a semblé opportun, avant d'énoncer quelques-unes des plus pertinentes des définitions qui conforment cette sous-catégorie « formes de musiques », de citer les notions de musique « théorique ou spéculative et pratique », apparues dans le dictionnaire de la musique de Jean-Jacques Rousseau datant de 1764.

Musique spéculative : « La Musique spéculative est, si l'on peut parler ainsi, la connoissance (sic) de la matière musicale ; c'est-à-dire, des différens (sic) rapports du grave à l'aigu, du vîte (sic) au lent, de l'aigre au doux, du fort au foible (sic), dont les Sons sont susceptibles ; rapports qui, comprenant toutes les combinaisons possibles de la Musique et des Sons, semblent comprendre aussi toutes les causes des impressions que peut faire leur succession sur l'oreille et sur l'âme ».

Musique pratique : « La Musique pratique est l'Art d'appliquer et mettre en usage les principes de la spéculative ; c'est-à-dire, de conduire et disposer les Sons (sic) par rapport à la consonnance (sic), à la durée, à la succession, de telle sorte que le tout produise sur l'oreille l'effet qu'on s'est proposé : c'est cet Art qu'on appelle *Composition* » [Rousseau, 1995 : 916].

Musique Aléatoire : « Une expression appropriée pour désigner les musiques « aléatoires » (aujourd'hui passés de mode) aurait été : musiques à improvisation orientée. » [Bousseur, 1992 : 15].

Aléatoire « contrôlé » (musique) : C'est une musique qui consiste en « relâcher les liens temporels entre les sons » (Lutoslawski) [Couchoud, 1981 : 97]. Bref, c'est un « procédé d'écriture » qui « ouvre un champ immense des possibilités d'organisation du temps musical ».

Par cela, l'idée de pulsation rythmique et de pulsation métrique commune pour tous les exécutants n'existe pas. (Lutowski) [Couchoud, 1981 : 98-99].

Musique Algorithmique : « Il s'agit d'une forme de composition musicale fondée sur un appareil mathématique complexe dont les calculs, à la base de l'œuvre, nécessitent le recours à des machines comme l'ordinateur » [Bousseur, 1992 : 15].

Musique atonale : Le terme d'atonal été utilisé pour désigner la musique de « l'École de Vienne ». Ce terme, négligé par Schönberg, apparaît comme l'objectivation de la transition entre une musique qui n'obéisse pas aux lois de la tonalité et la musique dodécaphonique inventée par Schönberg en 1923, (cf. [Bosseur, 1992 : 20 et sq.]).

Musique Métatonale (Métatonalité) : C'est en 1956 que Claude Ballif explique « l'esprit de la Métatonalité » comme une technique intermédiaire entre la musique tonale et l'atonale. Il propose comme instrument adéquat à cette technique « la gamme métatonale de onze sons » [Ballif, 1961 : 103]. « La musique de toutes les époques est un jeu incessant entre tonalité et atonalité, entre une exigence fondamentale d'ordre et une exigence, non moins fondamentale, de liberté. C'est en ce sens que nous disons qu'elle est métatonale » [Ballif, 1956 : 105], cf. [Bosseur, 1992 : 84-85].

Musique concrète : « La notion de « musique concrète » implique au départ prises de son et manipulation d'éléments préexistants, empruntés à un matériau sonore quel qu'il soit » [Bosseur, 1992 : 33], (cf. [Bosseur, 1992 : 33-36]).

« La musique concrète prétendait composer des œuvres avec des sons de toutes provenances – notamment ceux qu'on appelle bruits – judicieusement choisis, et assemblés ensuite grâce aux techniques électro-acoustiques du montage et du mélange des enregistrements » [Schaeffer, 1966 : 17].

Musique dodécaphonique : Musique construite à partir de la méthode de composition « dodécaphonique » inventée par Schönberg en 1923. « Après nombre de tentatives infructueuses pendant environ douze ans, je pus établir les fondations d'un nouveau mode de construction musicale qui me parut apte à remplacer les différenciations structurales découlant auparavant de l'harmonie tonale. J'ai nommé cette méthode : *Méthode de composition avec douze sons qui n'ont d'autres parentés que celles de chaque son avec chaque autre* » [Schönberg, 1977 : 166].

Musique électroacoustique : « Musique pour bande magnétique réalisée en studio, sur des magnétophones, à partir de sons d'origine acoustiques (captés par micro) où électronique, qui sont manipulés, ou non, et combinés, montés, superposés, etc., de façon à aboutir à des *œuvres* fixées sur le support de la bande magnétique comme le film sur la pellicule, qui restent cependant susceptibles d'être interprétées en concert dans une certaine mesure, par l'emploi d'orchestres de haut-parleurs » [Chion, 1982 : 9-10].

Musique électronique : « La « musique électronique » a tout d'abord été considérée comme un moyen de produire une gamme très étendue de sons qui n'imitaient ni les sons de la nature ni ceux des instruments traditionnels » [Bosseur, 1992 : 45].

« Rarement, dans l'histoire de la musique, on aura assisté à une évolution plus radicale, si l'on veut bien considérer que le musicien se trouve placé devant une situation inusitée : la création du son lui-même ... » [Boulez, 1966 : 206].

Musique expérimentale : « La musique expérimentale, en revanche, ne cherche en rien à élucider le phénomène psycho-acoustique, et en particulier ne s'intéresse pas aux stimuli élémentaires. Elle part du fait expérimental de l'existence de la musique comme type de communication pratiquée universellement, dont nous sommes obligés d'accepter les structures et les objets propres tels qu'ils sont effectivement mis en œuvre » [...] « Il semble donc possible d'établir des relations expérimentales entre le signal physique (le son, qualifié de paramètres acoustiques) et l'objet musical (perçu dans une intention d'écoute musicale) : tel est le propos spécifique d'une expérimentation musicale » [Schaeffer, 1966 : 168-169].

Musique improvisée : L'improvisation est un terme qui s'applique tant au domaine de l'interprétation comme à la composition de musical. « Les plus grands compositeurs (pour ne citer que Bach, Mozart et Beethoven) ont été des remarquables improvisateurs » (Nguyen-Tien Dao), [Bosseur, 1992 : 67-68]. L'improvisation musicale est une forme de production (composition) dont le processus créatif et le résultat sonore sont immédiats. « ... l'improvisation agit dans la même dynamique temporelle que l'interprétation tout en sachant qu'elle participe aussi de la composition musicale en temps réel » cf. *supra*, (1.1.1. : 29)).

« L'improvisateur joue ce qu'il est et ce qu'il pense » [...] « Elle devient un moyen de psychanalyse car cette musique a ses racines dans l'inconscient » [Globokar; 1975 : 90].

Musique Lettriste : « Le lettrisme a été imaginé par Isidore Isou. Les premières manifestations publiques ont lieu à Paris en 1946. Le mouvement qui se développe contient de vigoureuses prises de position critiques vis-à-vis de l'évolution du langage musical, le lettrisme se plaçant dès l'origine à l'intersection de la poésie et de la musique » [Bosseur, 1992 : 77], (cf. [Bosseur, 1992 : 77-80]).

Musique par ordinateur : La musique par ordinateur utilise les apports des technologies actuelles dont l'ordinateur se situe comme le paradigme par excellence. Les premières expériences menées entre musique et ordinateur remontent à l'année 1956 aux États-Unis. À cette époque, l'ordinateur fournit pour la première fois dans l'histoire, une pièce de musique conçue automatiquement comme résultat d'un programme informatique exécuté par la machine. Les résultats des calculs de la machine ont été transformés postérieurement en données musicales dans une pièce pour quatuor à cordes (*Suite Illiac*) (cf. Pierce, 1985 : 5).

Actuellement l'ordinateur est un outil dont son utilisation et performances est très variée. Il peut être utilisé soit comme un outil pour la création de sons de synthèse, soit pour assister le compositeur dans le processus créatif proprement dit (CAO : Composition Assisté par Ordinateur), ou comme instrument de musique à part entière, (cf. l'œuvre *Repons* de Pierre Boulez [Boulez, 1981]).

Musique répétitive : « Ce qui caractérise la « musique répétitive » est, d'une part, la limitation de l'univers sonore à une extrême économie des moyens exploités et, d'autre part, la soumission du matériau, presque essentiellement tonal ou modal, à des procédés de variation aussi finement gradués que possible » [Bosseur, 1992 : 143], (cf. [Bosseur, 1992 : 143-145]).

Musique sérielle : La musique sérielle est le résultat de l'évolution de la musique dodécaphonique créée par Schönberg, dont le principe sériel s'appliquait seulement aux sons (notes) vers une généralisation (sérielisme intégral) de ce principe sériel aux quatre paramètres du son (hauteur, durée, timbre et intensités). (cf. [Bosseur, 1992 : 148-155]).

Musique spectrale : « La musique spectrale se fonde sur une théorie des champs fonctionnels et sur une esthétique de formes instables. Elle marque sur la voie tracée par le sérialisme, un progrès vers l'immanence et vers la transparence » [Dufourt, 1985 : 115].

Selon Grisey, la musique spectrale est « Differentielle, parce qu'elle tente d'intégrer toutes les catégories du sonore en révélant leurs qualités individuelles mais en évitant à la fois la hiérarchisation et le nivellement. La différence acceptée, comme fondement, nous permet d'organiser des tensions. La musique est alors le devenir des sons » [Grisey, 1992 : 312].

Musique stochastique : « La musique stochastique se veut assez générale pour englober toutes les possibilités enrichissantes qu'offre la base commune à toutes ces diverses disciplines, c'est-à-dire la théorie et le calcul des probabilités dont le terme stochastique est une abréviation » [Xenakis, 1976 : 16].

1.2.3. Catégorie « mixte »

Cette deuxième catégorie, rassemble des définitions dont leurs contenus font référence à une grande variété de domaines. Nous trouverons des acceptions qui établissent une approche plus au moins engagée entre la musique et des questions sociales, politiques, moraux, philosophiques, métaphysiques, etc. Donc, des définitions « variées ».

Nous repérerons aussi de définitions « latérales » qui sont formulées à partir d'un point de vue de la mission de la musique, de son objet, de sa puissance, de son utilité, etc.

1.2.3.1. Sous-catégorie « variées » (définitions variées)

• *La philosophie :*

Hegel :

« ... la musique est l'expression, le mouvement et l'activité intérieure de l'âme »

[Hegel, 1976 : 113].

« La musique doit exprimer l'intériorité comme telle » [Hegel, 1976 : 109].

« ... la musique est l'expression, le mouvement et l'activité de l'âme » [Hegel, 1976 : 113].

« La musique, c'est l'esprit, l'âme qui chante immédiatement pour son propre compte qui, se sent satisfaite dans le vif sentiment qu'elle se donne d'elle-même » [Hegel, 1976 : 115].

Deleuze :

La musique est un système immobile au même titre que la philosophie [Deleuze, 1996 : lettre T].

Schönberg :

« La musique a le devoir non pas d'orner mais d'être vrai », et « l'art ne dérive pas de « pouvoir » mais de la « contrainte » [Adorno, 1962 : 52].

« La musique n'est pas un quelconque divertissement, mais bien la façon dont s'exprime un poète qui s'exprime en musique, dont pense un penseur qui pense en musique. Les idées musicales doivent se plier aux règles de la logique humaine ; elles font partie de ce qu'un homme peut percevoir, discuter, exprimer ». [Schönberg, 1977 : 167].

Boucourechliev :

« La musique serait donc un système de différences qui structure le temps sous la catégorie du temps » [Boucourechliev, 1993 : 21].

Berio :

« Il n'y a pas des territoires à délimiter, et l'idée de musique n'existe pas non plus » [Berio, 1983 : 22].

• *Le langage* :

De Schloezer :

« La musique est un langage qui n'exprime que lui-même » [Der Weid, 1992 : 60].

Stravinsky :

« Je considère la musique, par son essence, impuissante à exprimer quoi que ce soit : un sentiment, une attitude, un état psychologique, un phénomène de la nature, etc. L'expression n'a jamais été la propriété immanente de la musique » [Der Weid, 1992 : 60].

Boulez :

La musique est « un moyen d'expression » [Boulez, 1985 : 19], (cf. [Boulez, 1989 : 427, 440]).

• *La métaphysique* :

Schaeffer :

« La musique est une montagne dans laquelle chacun perce son tunnel, et les galeries s'entrecroisent sans se rencontrer » [Schaeffer, 1966 : 29].

Berio :

« Peut-être la musique est-elle proprement ceci : la recherche d'une frontière perpétuellement reculée » [Berio, 1983 : 21].

« La musique est tout ce que l'on écoute avec l'intention d'écouter de la musique » [Berio, 1983 : 21].

• *La psychologie*

Boèce (480-524) :

« Ils existent quatre disciplines mathématiques dans lesquelles la musique fait partie ; les autres trois concernent particulièrement la recherche des vérités rationnelles, mais la musique ne concerne pas uniquement la spéculation, mais aussi le comportement humain » [Boèce, 1972 : 35]. C'est nous qui traduisons.

Lerdhal & Jackendoff :

« La musique est un produit de l'activité humaine » [Lerdhal & Jackendoff, 1983 : 2].¹¹

Ansermet :

« ... la musique est sentiment ... » [Ansermet, 1989 : 144].

1.2.3.2. Sous-catégorie « latérales » (définitions latérales)

Hegel :

« ... la musique a pour but essentiel d'exprimer l'intériorité subjective ... » [Hegel, 1976 : 113].

« La musique doit exprimer l'intériorité comme telle » [Hegel, 1976 : 100].

« La musique doit exprimer les sentiments par des sons mesurés et cadencés, enlever ainsi à l'expression naturelle sa violence, l'adoucir et la tempérer » [Hegel, 1976 : 102].

« La puissance propre de la musique est une puissance *élémentaire* ; nous voulons dire qu'elle réside dans l'élément même du son dans lequel se meut cet art » [Hegel, 1976 : 106].

Schönberg :

« La musique a le devoir non pas d'orner mais d'être vrai », et « l'art de dérive pas de « pouvoir » mais de la « contrainte » [Adorno, 1962 : 52].

Berio :

« La musique doit pouvoir apprendre aux hommes à découvrir et à créer des relations entre des dimensions, des caractères ou des éléments éloignés entre eux (la musique, disait Dante, « est toute relative »), et ce faisant elle parle de l'histoire de l'homme et de son appareil musical, avec ses aspects acoustiques, sociaux, intellectuels, expressifs » [Berio, 1983 : 27].

¹¹ C'est nous qui traduisons.

1.2.4. Catégorie phénoménologique¹²

Nous entendons ici par *phénoménologie* la description de la chose « musique » c'est-à-dire, son aspect le plus essentiel et objectif : **sa vérité acoustique**. Dans cette catégorie, nous nous placerons du côté de « l'objet », c'est-à-dire de l'œuvre musicale comme chose objective et réelle qui a une double existence, d'abord, une *existence virtuelle* : la partition (où l'équivalent), et ensuite une *existence réelle* : son exécution. Il s'agit d'une description de la musique qui se situe par rapport à la chose et non pas par rapport à l'idée. Nous nous référerons donc à une mise en évidence dépourvue de toute connotation philosophique, artistique, esthétique, métaphysique, ou autre.

Il est essentiel de signaler ici que le fait de considérer la musique non pas comme un art, une science ou un langage, mais comme étant un phénomène sonore avant tout, implique qu'une évolution sans précédent dans la pensée musicale s'est produite. Nous rappelons la prise de position du compositeur Gerard Grisey : « Nous sommes des musiciens et notre modèle, c'est le son, non la littérature, le son, non les mathématiques, le son, non le théâtre, les arts plastiques, la théorie des quanta, la géologie, l'astrologie ou l'acupuncture » [Grisey, 1984].

Nous pensons que les définitions de la musique qui émergent vis-à-vis de cette vérité acoustique, se situent justement au but d'un long processus historique qui centralise enfin de façon définitive l'art musical avec son élément essentiel, le son. La catégorie phénoménologique dépasse donc toute conception abstraite de la notion de musique que nous avons élucidée auparavant dans les deux catégories (dynamique et mixte).

Or, la définition de la musique formulée à partir de son aspect phénoménologique implique une prise de conscience de sa réalité physique avant tout.

Il s'agit donc d'une description physique et objective de la chose musicale :

L'œuvre (musicale) comme processus sonore.

¹² Nous donnerons au terme de **phénoménologie** un sens ample, ni doctrinal ni technique. Nous ne nous réclamerons pas des thèses officielles du mouvement **phénoménologique historique**.

À partir du moment où la musique est envisagée comme un processus, nous pouvons apprécier que déjà un *approchement significatif* vers l'œuvre musicale s'opère.

C'est ainsi que Berio s'éclaire lui-même par rapport à la recherche de cette problématique entre l'idée et la chose dont nous avons parlé précédemment. Berio nous confirme après un travail remarquable dont il essaye de définir la musique sous plusieurs angles, que de toute façon « ... la musique n'est pas un objet mais un processus ... » [Berio, 1983 : 21], (cf. [Berio, 1983 : 17 et sq.]).

C'est donc à partir de cette prise de conscience dans laquelle la musique est enfin reconnue avant tout comme un processus sonore, que sa définition s'engage sur un plan dynamique réel.

Nous allons à continuation citer quelques acceptions de la musique, représentatives de cette catégorie phénoménologique. Il faut préciser que ses acceptions se situent dans un demi-chemin d'une véritable description objective de la musique en tant que processus sonore.

Rousseau :

« ... la musique n'est qu'un enchaînement de sons qui se font entendre, ou tous ensemble, ou successivement ... » [Rousseau, 1995 : 175].

Berio :

« ... la musique n'est pas un objet mais un processus ... » [Berio, 1983 : 21].

Lachenmann :

« Composer ne signifie pas " réfléchir sur les moyens ", mais sur le son et le temps, sur le son dans le temps et le temps dans le son ... » [Der weid, 1992 : 242]. Cette citation se réfère à la composition, elle n'est pas une définition de la musique. Nonobstant, nous l'avons choisie car il y a un certain degré de proximité à la notion de processus dans son contenu.

Grisey :

« La musique est alors le devenir des sons » [Grisey; 1984].

1.2.4.1. Le son, paradigme pour l'établissement d'une nouvelle définition de la musique

Nous développerons notre définition de la musique à partir de la notion de son. Le son, pris d'abord, en tant qu'élément fondamental de la musique, et ensuite, en tant que réalité acoustique et phénoménologique (Cf. 0.1. : 2 et sq.).

Les sons, produits par des objets vibrants dans le monde physique, sont de l'énergie acoustique sous forme d'ondes qui provoquent la compression et décompression des molécules de l'air.¹³ Nous entendons par son, de façon stricte, « ... ce que nous apercevons lorsqu'une onde sonore transmise dans l'air arrive à l'ouïe. » [Pierce, 1985 : 202].¹⁴ Bien que le son soit considéré comme une onde [Matras, 1987 : 7], il faut rappeler que c'est l'action vibratoire d'un corps sonore quelconque qui est la source du son.

Dans notre conception du son, nous nous limiterons donc, au phénomène vibratoire prenant forme dans le temps, c'est-à-dire à l'onde qui annonce le son, (la perturbation) et sa représentation en forme de courbes, donc à l'ondulation.

Par réalité acoustique (*cf. supra*), nous entendons que le son est quelque chose de démontrable scientifiquement, et, par réalité phénoménologique (*cf. supra*), nous entendons que le son est un phénomène que nous pouvons décrire à partir de notre perception (auditive).

1.2.4.2. Le son comme processus ondulatoire

Dans un contexte relatif aux ondes sonores, un processus ondulatoire peut être défini comme la conséquence d'un phénomène vibratoire. C'est-à-dire que la vibration d'un corps sonore est la source du son. L'onde, donc le processus ondulatoire (la perturbation du milieu), est le phénomène vibratoire qui prend forme dans le temps. (Cf. [Matras, 1985 : 7 et sq.], [Pierce, 1985 : 20 et sq.].

¹³ Cf. [Lee, 1988 : 12]

¹⁴ C'est nous qui traduisons.

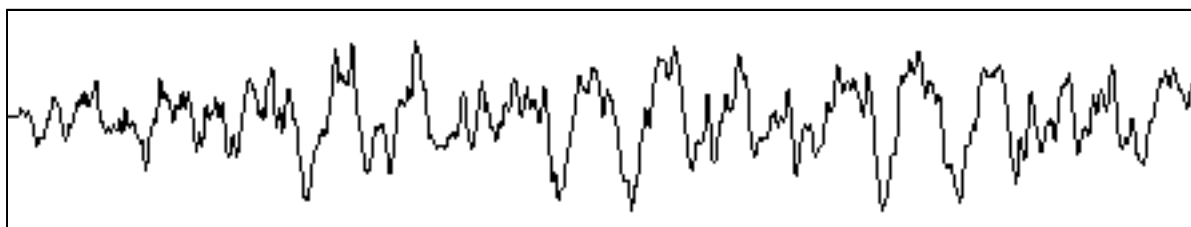


Figure 1

L'onde produite par le sons *sol-si* du début de la deuxième de *Six petites pièces pour piano* de Schönberg¹⁵

La figure 1 (ci-dessus), montre la représentation graphique en quelques millisecondes (37 millisecondes) de l'onde produite par les sons *sol-si* (sol4 et si4) du début de cette pièce pour piano de Schönberg. Nous pouvons apercevoir de façon nette la description graphique du processus ondulatoire inhérent à ces deux notes (jouées sur un piano électronique-midi).

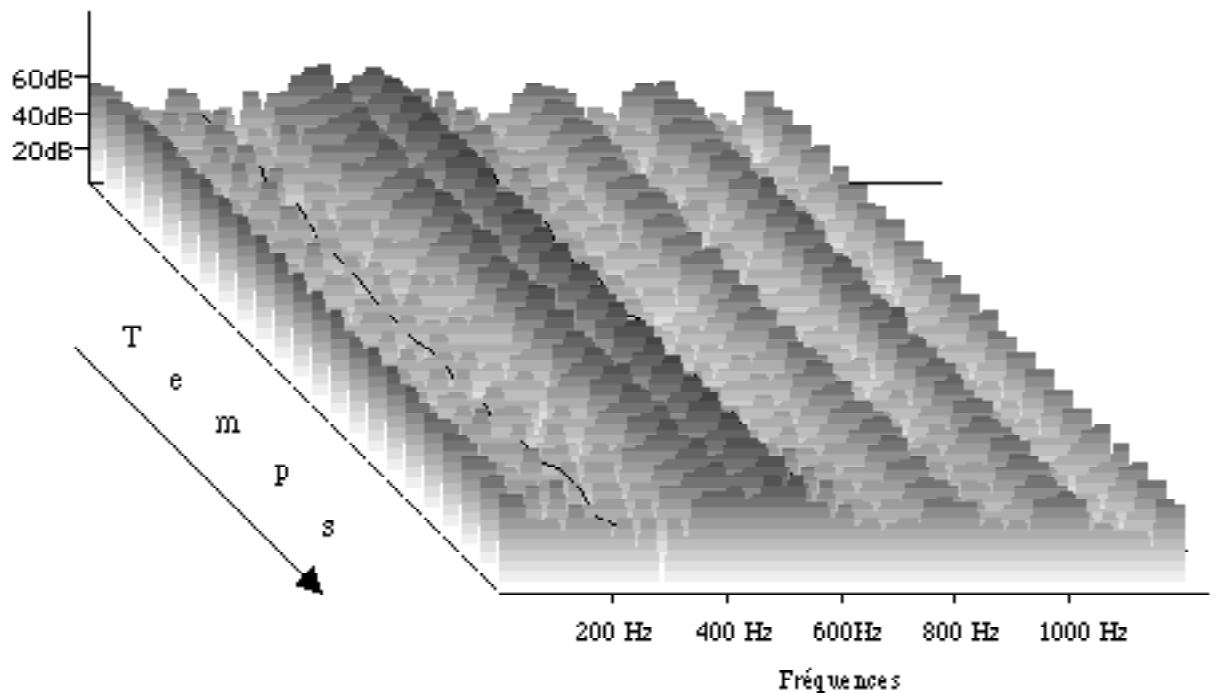
L'onde produite par le corps sonore en état de vibration, devient ce que la psychologie dénomine : un stimulus. « Notre réponse au stimulus est le son que nous écoutons » [Pierce, 1985 : 202]. Il est évident que l'onde de pression produite par n'importe quel corps sonore en état de vibration, ne peut pas être saisie en tant que telle par l'être humain.

C'est grâce aux outils acoustiques spécifiques, surtout avec les outils numériques, que nous pouvons nous rendre compte du phénomène sonore de façon précise.

La figure 2 (page suivante) nous rappelle que les sons consistent en réalité en une sorte de « paquet » ou groupement sonore conformé par la somme de différentes fréquences. Les sons sont conformés par un nombre presque infini de fréquences en fonction de la richesse harmonique de l'instrument qui produit le son. Dans le spectrogramme des notes sol4 et si4,

¹⁵ Cf. [Schönberg, 1940 : 4].

(montrés dans de la figure 1 précédente), nous pouvons apprécier – à part les fréquences propres des sons sol et si, (fréquences 392 et 494 respectivement) – les autres fréquences (partiels) qui conforment cet événement sonore (figure 2, ci-dessous).

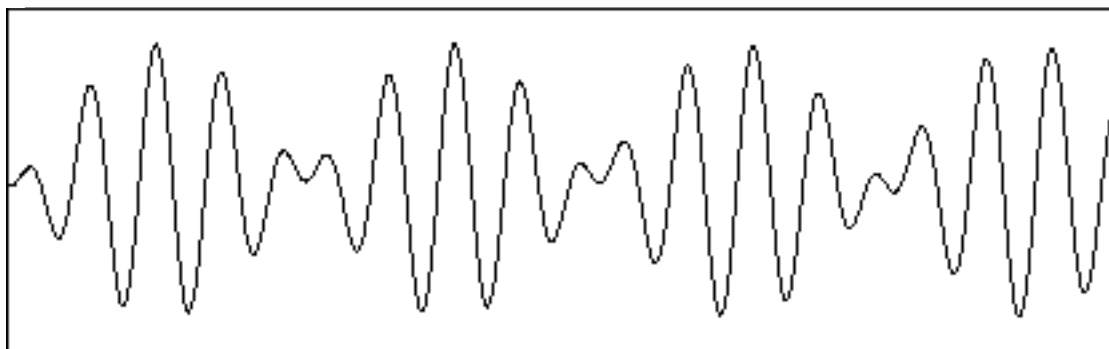


Analyse spectrale des notes sol4-si4 de la figure 1 (*supra*)

Figure 2

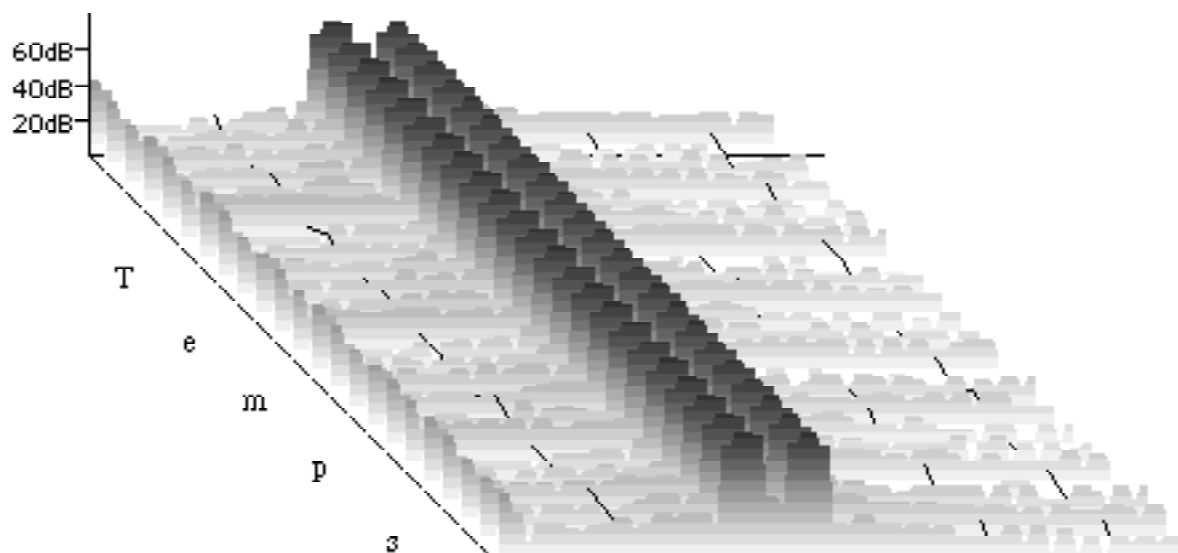
Dans la figure 2 (ci-dessus) l'ombrage compris (peu près) entre les fréquences de 300 et 600 Hz, indiquent les fréquences des notes *sol si* (392 et 494 Hz). Nous pouvons apprécier également, dans les régions de 200 Hz, 800 à 1000 Hz, des partiels présents dans cet échantillon. Les mêmes deux sons (sol, si), produits cette fois par deux générateurs d'ondes sinusoïdales donneront comme résultat un type d'onde moins complexe avec une conformation harmonique moins dense.

Les figures 3a et 3b, ci-dessous, montrent la somme de ces deux ondes sinusoïdales. Si nous comparons l'onde produite par le son de la figure 3a avec celui de la figure 1 (page 45, *supra*), nous apprécierons des différences notables en ce qui concerne, d'abord, le type d'onde et ensuite, la conformation spectrale de chaque échantillon.



Les sons sol4 et si4 produits par deux générateurs d'ondes sinusoïdales

Figure 3a



Spectrogramme des sons sol4 si4 de la figure 3a

Figure 3b

Les figures 3 a, b, montrent l'onde produite par deux sons (sol4 et si4) produits avec deux générateurs d'ondes sinusoïdales et leur respectif spectrogramme (figure 3b).

Après avoir élucidé (de façon très restreinte) la notion de processus ondulatoire inhérente au son, nous allons montrer dans la figure 4 ci-dessous la pièce qui correspond à

l'exemple que nous avons montré précédemment dans la figure 1 (pag. 45), cette fois-ci dans son intégralité, avec la description du processus sonore que la pièce dégage, et parallèlement, dans sa notation musicale.

The image displays two musical excerpts from the second piece of Opus 19 by Arnold Schoenberg, each with a corresponding waveform above it. The top excerpt is in common time (C) and begins with the tempo marking 'Langsam' (slow) and a half note symbol. The piano part starts with the instruction 'äußerst kurz' (extremely short) and a dynamic marking of 'pp' (pianissimo). The right hand part begins with a dynamic marking of 'mf' (mezzo-forte) and includes the instruction 'espress.' (espressivo). The waveform above shows a series of sharp, vertical pulses, indicating a staccato or percussive texture. The bottom excerpt continues the piece, featuring the instruction 'etwas gedehnt' (slightly stretched) and a dynamic marking of 'pp'. The right hand part includes the instruction 'poco rit.' (slightly ritardando). The waveform above shows a more sustained and complex sound structure with multiple overlapping pulses. The caption below the image reads: 'Figure 4 : Le processus sonore que produit la deuxième pièce de l'opus 19 de Schönberg'.

Figure 4 : Le processus sonore que produit la deuxième pièce de l'opus 19 de Schönberg

1.2.4.3. L'œuvre musicale comme processus ondulatoire

Nous avons démontré dans (1.2.4.1. : 44), que le son est un processus ondulatoire étant la conséquence de l'action vibratoire produite par un corps sonore quelconque.

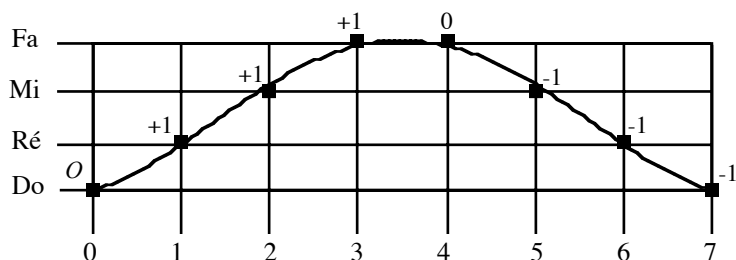
D'un autre côté, l'œuvre musicale décrit aussi un autre processus que nous avons appelé aussi, ondulatoire (Cf. (0.1. : 2)).

Nous identifierons donc, deux types différents de processus ondulatoires.

Le premier, que nous avons étudié précédemment, est en relation directe aux sons produits par les corps sonores. Nous appellerons ce premier type, **processus ondulatoire acoustique**.

Le deuxième type de processus, étant en relation avec **l'œuvre musicale**, nous le dénommerons, **processus ondulatoire musical**.

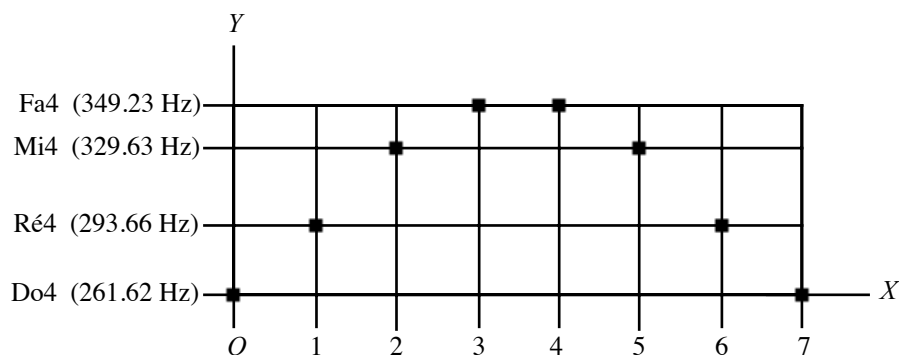
Le processus ondulatoire musical consiste fondamentalement en l'engendrement de mouvements ascendants, descendants ou horizontaux décrits par la succession des sons dans une œuvre donnée. C'est-à-dire que, dans l'œuvre musicale, la concaténation des sons représente le déploiement temporel de la propriété hauteur, ayant comme champ de valeurs une tessiture de fréquences donnée propre à chaque œuvre.



Représentation graphique du déploiement temporel d'une suite de notes

Figure 5

Nous rappelons que les chiffres (+1, -1, et 0) représentent les mouvements ascendants, descendants et horizontaux respectivement.



Représentation en coordonnées cartésiennes du déploiement temporel d'une suite de notes

Figure 6

La figure 6, montre que l'on peut représenter un processus ondulatoire musical sous la forme graphique d'une fonction. Dans ce cas-là, les données pour l'axe y seront les notes (les fréquences), et pour l'axe x, le temps (tel qu'utilisé couramment).

Structures

I a Pierre Boulez

La première pièce de *Structures* pour piano de Boulez (mesures 1-7)

Figure 7

La figure 7, page précédente, montre la partition de la première pièce de Structures de Boulez. Nous avons placé près des notes les chiffres qui correspondent aux valeurs des mouvements ondulatoires ascendants, descendantes et horizontales (+1, -1, 0) respectivement.

(a)

Instru- ments	Données ondulatoires (a)																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Piano I	mib7		ré3			la4		lab1				sol2	fa#5	mi6		do#5	do2	sib-1		fa3	si2
	O		-1			+1		-1				+1	+1	+1		-1	-1	-1		+1	-1
Piano II	mib7	mi2		la4	sib-1	si2	do6		ré4	fa3	fa#5		lab1		do#5					sol7	
	O	-1		+1	-1	+1	+1		-1	-1	+1		-1		+1					+1	

(b)

Trajectoire ondulatoire (b)																				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
(O	-1	+1	+1	-1	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	0	-1	-1	+1	-1	-1)

a) Distribution de notes de la première page de *Structures* pour piano de Pierre Boulez (mesures 1-7)

b) Trajectoire ondulatoire résultante

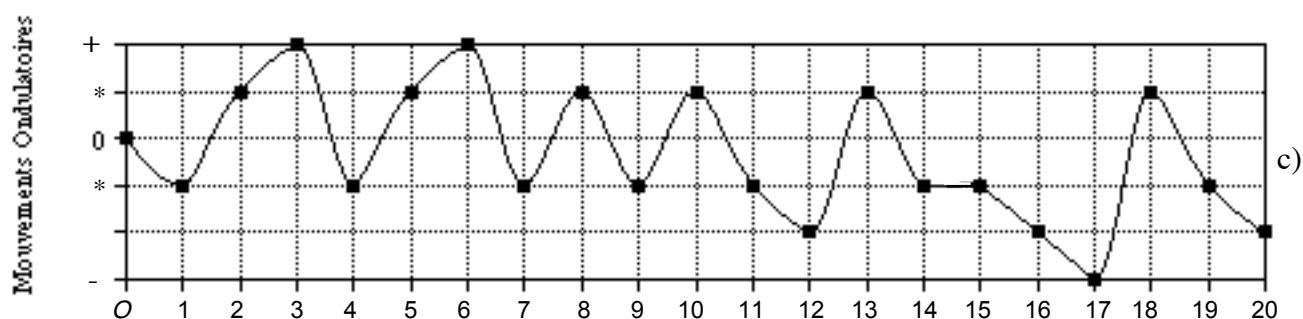
Figure 8

Dans la figure 8a, ci-dessous, nous pouvons apprécier les données ondulatoires (+1 -1 0) relatives aux notes jouées par les deux pianos. La figure 8b montre la trajectoire résultante de la superposition des deux sous-trajectoires.

Nous rappelons que, dans une trajectoire ondulatoire, les données sont obtenues en prenant la fréquence la plus basse de l'ensemble des sons (ou notes) de chaque événement sonore (cf. page 18). C'est-à-dire que, **l'ensemble d'événements sonores étant situé dans un moment précis de l'espace temporel d'une pièce de musique donnée, est conçu comme un son complexe dont la fréquence la plus basse est prise comme la « fondamentale » des fréquences contenues dans l'ensemble**, nous développerons cela dans le deuxième chapitre.

Voici la courbe de la trajectoire ondulatoire de la première pièce de *Structures* de Boulez (mesures 1-7).

Instru- ments	Trajectoire ondulatoire																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Piano I	mib7		ré3			la4		lab1			sol2	fa#5	mi6		do#5	do2	sib-1		fa3	si2	
Piano II	mib7	mi2		la4	sib-1	si1	do6		ré4	fa3	fa#5		lab1		do#5				sol7		
	(O	-1	+1	+1	-1	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	0	-1	-1	+1	-1	-1)



Trajectoire ondulatoire de la première pièce de *Structures* de Boulez (mesures 1-7)

Figure 9

La Figure 9, montre la succession des notes de chaque piano (a). La trajectoire ondulatoire en chiffres (b) et la courbe résultante (c) de la première pièce de *Structures* de Pierre Boulez. Il faut noter que, pour des soucis de clarté dans la représentation des points de la courbe, à chaque changement de direction des données positives ou négatives, le point en question sera placé dans la position (-1 ou +1) (*) plus proche du point zéro de l'axe des ordonnées (cf. figure 9 ci-dessus).

Nous rappelons aussi que le type de courbe représenté dans la figure 9, est de type global. Dans une courbe de type locale, les écarts entre les différentes fréquences dans le plan seront respectés. En conséquence, les chiffres (+1 -1 0) seraient remplacés par des chiffres correspondants aux fréquences en c.p.s.

Dans l'exemple sonore (Exemple-23), nous pouvons écouter la première pièce (Ia) de *Structures* de Pierre Boulez en suivant sa trajectoire ondulatoire (figure 9 ci-dessus).

1.2.4.4. La définition de : musique ondulatoire

Après avoir examiné les deux types de processus ondulatoires, l'acoustique et le musical, nous sommes maintenant, en condition d'introduire la définition de la musique fondatrice du système musical ondulatoire.

Nous définirons donc la musique comme :

Un processus ondulatoire produit et perçu dans le temps.

Il est évident que cette définition de la musique concerne les deux notions de processus ondulatoires que nous avons étudiées précédemment. Il nous faut donc établir de façon inéquivoque que, **dans le cadre de la théorie musical ondulatoire et de la méthode d'analyse, nous nous référerons exclusivement au processus ondulatoire musical** et non pas au processus ondulatoire acoustique.

Dans notre définition de la musique, nous avons volontairement employé les mots de « **produit et perçu dans le temps** », de façon à insister sur le fait que le **processus ondulatoire musical** est un phénomène dynamique qui se développe dans un espace temporel donné tout en étant percevable en tant que tel.

Nous avons précisé auparavant (cf. (1.2.4.5 : 45)) que le processus ondulatoire acoustique n'est pas percevable : Nous ne percevons pas, en tant que telle, l'onde annonciatrice d'un son. [Casati & Dokic, 1994 : 52]. Cependant, le processus ondulatoire musical s'avère un phénomène entièrement descriptible et percevable de façon objective. C'est-à-dire que la trajectoire ondulatoire d'une pièce de musique est autant descriptible que percevable de façon presque identique (cf. figure 9, page précédente).

C'est justement là que la musique ondulatoire propose non seulement une nouvelle définition de la musique *inspirée* de la réalité physique du phénomène sonore, mais en même temps, l'approchement que nous avons fait à partir de la notion d'ondulation en acoustique nous a révélé que **toute donnée musicale s'avère être un mécanisme dynamico-ondulatoire qui ressemble théoriquement à celui du son.**

C'est dans ce contexte qui émerge le postulat intrinsèque de la théorie musicale ondulatoire qui consiste donc en ce que **la musique, c'est-à-dire, le processus ondulatoire musical** (cf. (1.2.4.3. : 49)), **est considéré ondulatoire comme le son.**

1.2.4.5. L'œuvre musicale : une métaphore du son

Une fois assimilé le rapprochement que nous avons fait entre la musique et le son, il nous faut considérer quelles sont les implications de notre démarche. **Or, si la musique est ondulatoire comme le son** (cf. *supra*), **alors, nous considérerons l'œuvre musicale dans sa globalité physico-acoustique comme un son unique** (cf. *infra*, le concept d'*Œuvre musicale*, (2.2. : 103)). C'est en partant de cette hypothèse, c'est-à-dire que *l'œuvre musicale est un son unique*, que le système musical ondulatoire établit l'une des plus importantes de ses fondations. Nous expliquerons dans le chapitre suivant, comment chaque point ou moment de la trajectoire ondulatoire d'une pièce de musique représenterait les changements et les articulations de la structure morphologique et spectrale de ce son complexe et unique qui est l'œuvre musicale.

Ainsi, l'œuvre musicale étant sans doute la « chose » musicale par excellence (cf. le paragraphe (1.2.4. : 42)), (représentée virtuellement dans la partition et objectivement dans son exécution (déclanchement du processus sonore)), attachée désormais au concept d'ondulation, nous permettra de nous situer dans une perspective certainement objective et novatrice par rapport à l'analyse musicale. **L'enjeu musical devenu ondulatoire, dorénavant inséparable de l'élément essentiel de la musique, le son.**

1.2.4.6. Diagramme (non exhaustif) des différents types de définitions de la musique

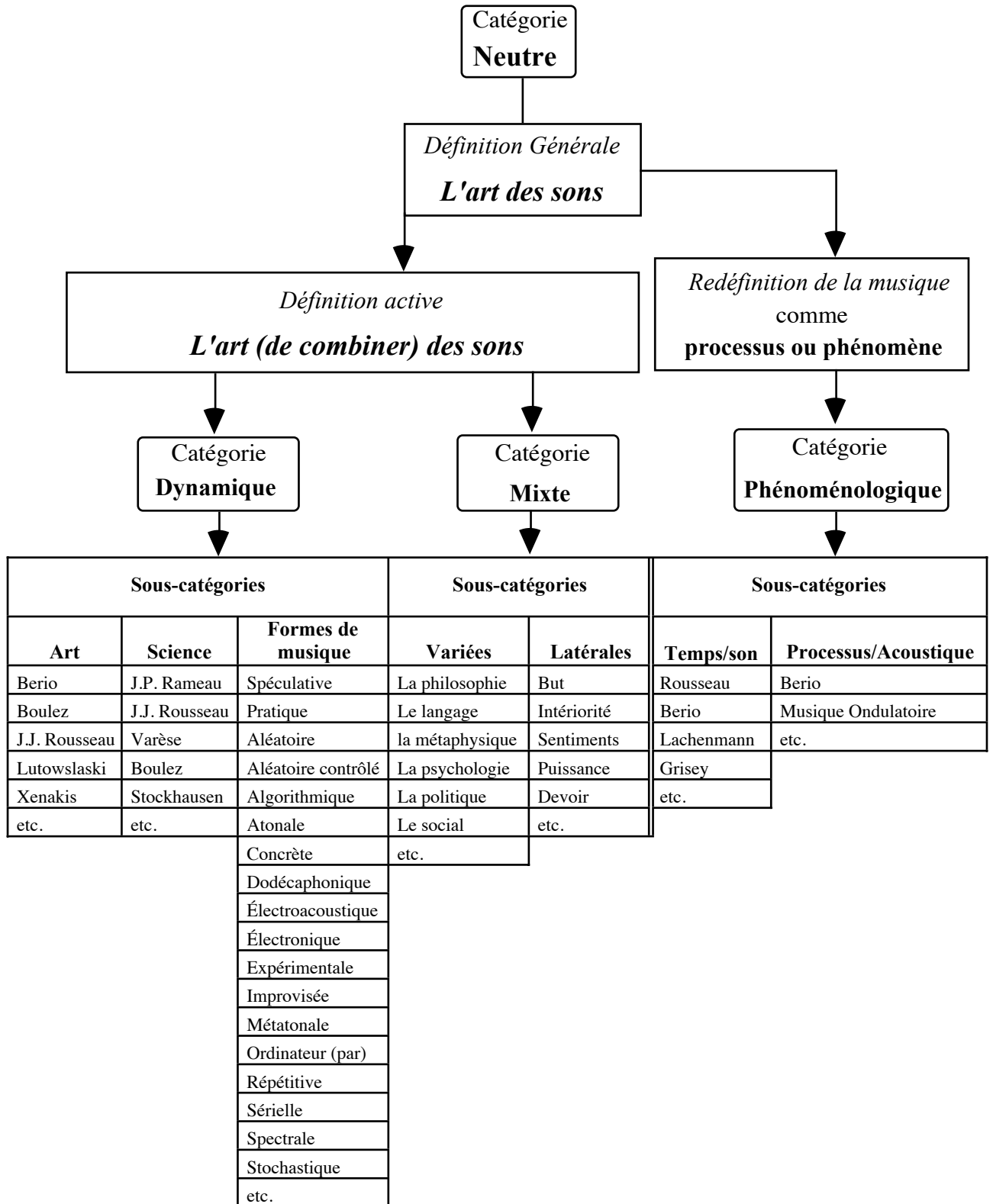


Diagramme (non exhaustif) des différents types de définitions de la musique

Figure 10

La figure 10 de la page précédente, montre sous forme graphique (diagramme), la *définition générale de la musique* et ses diverses acceptions liées aux différentes catégories. En premier lieu, nous pouvons apprécier la définition générale de la musique associée à la catégorie neutre.

Cette définition générale de la musique, *l'art des sons*, va, à son tour, générer les deux catégories que nous avons évoquées plus haut dans la thèse. À savoir, la catégorie dynamique et la mixte.

Tout en continuant la lecture du graphique de la page précédente, nous avons que la catégorie dynamique abrite la définition *active* de la musique. Cette catégorie comporte aussi trois subdivisions, à savoir, art, science et formes de musique. La sous-catégorie art, par exemple, nous indique qu'il y a des définitions de la musique de Berio et de Boulez, parmi d'autres. Dans la catégorie science, nous avons énoncé des définitions de Rameau, Rousseau, Varèse etc.

Dans la sous-catégorie formes de musique, est mis en évidence un nombre considérable de définitions, définitions en étroite relation avec la production compositionnelle elle-même.

En ce qui concerne la catégorie mixte, dans la sous-catégorie « variées », nous trouvons des définitions de la musique en relation avec la philosophie, le langage, la politique etc. De la même façon, dans la sous-catégorie « latérales », nous trouvons des définitions de la musique, liées aux notions de la musique liées aux notions de but, d'intériorité, de puissance etc.

Enfin, dans la catégorie phénoménologique, la définition de la musique est renouvelée. Les notions de processus et de phénomène sont à la base de cette nouvelle définition. Nous avons placé deux sous-catégories, à savoir, les premières liées aux notions de temps et de son : les définitions de Rousseau, de Berio, de Grisey, entre autres. *Une deuxième sous-catégorie où la définition est établie à partir de la notion de processus ou bien en relation (directe et factuelle) avec l'acoustique.* Dans cette sous-catégorie nous trouvons, par exemple, la notion de la musique de Berio « ... la musique n'est pas un objet mais un processus ... » et notre définition : « La musique est un processus ondulatoire produit et perçu dans le temps ».

II. Théorie Musicale Ondulatoire

« ... Je ne révolutionne rien ; je ne démolis rien. Je vais tranquillement mon chemin, sans faire la moindre propagande pour mes idées, ce qui est le propre du révolutionnaire ».

Claude Debussy¹

« ... il faut fonder des systèmes musicaux sur des critères exclusivement musicaux et non passer, par exemple, de symboles numériques, graphiques ou psycho-physiologiques, à une codification musicale, sans qu'il y ait de l'une aux autres la moindre notion comune ».

Pierre Boulez²

Les quatre concepts principaux

2.1. Le Son Fondamental³

Le son fondamental (SF) est un son complexe, conformé par tous les sons utilisés dans une œuvre donnée. Il est aussi l'élément générateur, le fondement sonore d'une œuvre donnée. Il constitue également une forme de portrait sonore global de l'œuvre.⁴

2.1.1. Structure d'un son fondamental

La structure d'un son fondamental quelconque, est conformé par un nombre spécifique des partiels, les partiels, étant les sons utilisés dans une œuvre donnée. Il faut préciser que,

¹ [Debussy, 1987 : 308]

² [Cadieu, 1992 : 57]

³ Nous rappelons que nous nous référerons à la notion de son fondamental propre du système musical ondulatoire. Dans le cas où nous nous référerons au concept courant (en acoustique) de son fondamental, dans ce cas-là, nous le dénommerons **son fondamental naturel**.

⁴ En acoustique, un *son fondamental naturel* se compose d'un nombre théoriquement infini des partiels harmoniques, ses partiels étant les multiples entiers de la fréquence fondamentale. Cependant, dans la théorie musicale ondulatoire, le *son fondamental* d'une œuvre donnée serait conformé par un nombre fini de composants généralement inharmoniques plus qu'harmoniques. En conséquence, la structure spectrale d'un son fondamental serait constituée par des fréquences qui ne sont pas des multiples entiers de la fréquence la plus basse (fondamentale), ce qui produirait un son de type inharmonique (cf. *infra*).

pour établir la structure d'un son fondamental d'une œuvre, seule la fréquence fondamentale de chaque son (ou note) est prise en compte. Par exemple, dans un son (sol3) joué par une clarinette, seule la fréquence (196.00 Hz), la fréquence fondamentale de ce son complexe (sol3), sera prise. Les autres composants spectraux ne seront pas pris en compte.⁵

• **Explication** : Supposons une œuvre dans laquelle sont utilisés quatre sons : do4, ré4, mi4 et fa4. Chaque son étant utilisé 30 fois. Le son fondamental de cette pièce sera conformé par 25 % de do4, de ré4, de mi4, et de fa4 respectivement.

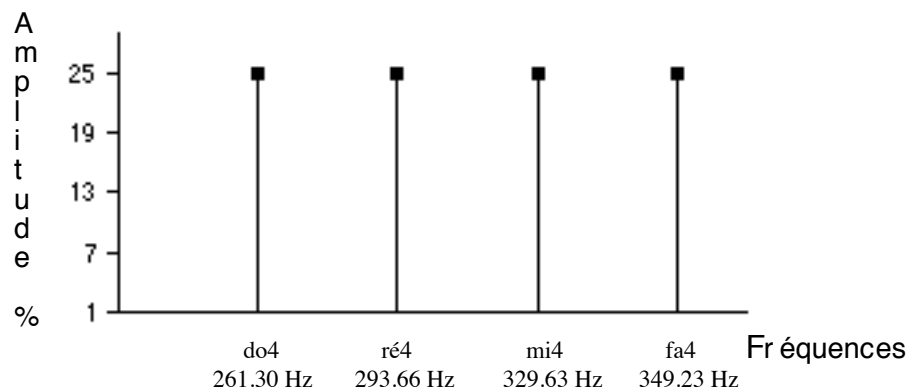


Figure 1 : Un son fondamental constitué de 4 sons (do4, ré4, mi4, fa4)

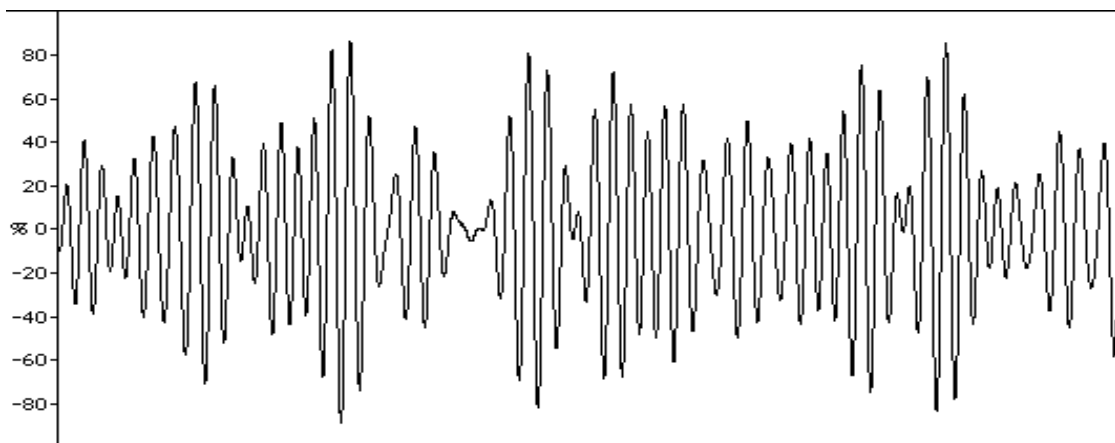


Figure 2 : L'onde du son fondamental de la figure 1 (182.9 millisecondes)

⁵ Cependant, nous développerons dans la **version informatique** de la méthode d'analyse musical ondulatoire le moyen de créer des Sons Fondamentaux où la structure timbrique des sons de différents instruments sera prise en compte également. Cette version informatique ne sera pas proposée dans le cadre de cette thèse.

to thomas willis

erdenklavier

pastorale
(1969)

luciano berio
(1925)

♩ = 50

ff pp f pp ff ff pp (*segue*)

ped.

♩ = 50 ca

- 1) Le note vanno tenute fino alla successiva, uguale nota.
- 2) Salvo indicazione contraria (alla fine), le note grandi () vanno suonate *ff*. le note piccole () *pp*
- 3) Il movimento del pedale deve essere regolare e costante. Una esatta coordinazione ritmica con la tastiera non è richiesta.

Copyright 1971 by Universal Edition (London) Ltd., London

Universal Edition No 15113 Mi

Luciano Berio „Erdenklavier“ from „6 Encores pour piano“
© Copyright 1971 by Universal Edition (London) Ltd., London/UE 33013

The first system of musical notation consists of two staves. The upper staff is in treble clef and contains a melodic line with eighth and sixteenth notes, some beamed together. The lower staff is in bass clef and contains a bass line with quarter and eighth notes, often moving in parallel motion with the upper staff.

The second system of musical notation consists of two staves. The upper staff continues the melodic line with various rhythmic patterns, including some triplets. The lower staff continues the bass line with similar rhythmic patterns.

The third system of musical notation consists of two staves. The upper staff features dynamic markings: *pp*, *mf*, *pp*, and *mf*. The lower staff features dynamic markings: *pp* and *pp*. Below the lower staff, the instruction *una corda* is written with a dashed line extending to the right.

La figure 1, page 58, montre le son fondamental d'une œuvre hypothétique dans laquelle sont utilisés 4 sons. Nous pouvons observer que, dans la structure de ce son fondamental, l'amplitude de chaque son (ou partiel) est de 25 %, car chaque son est utilisé le même nombre de fois (30 fois) dans la pièce. Dans la figure 2 ci-dessus, nous pouvons observer le processus ondulatoire acoustique du son fondamental de la figure 1 produite par 4 oscillateurs d'ondes sinusoïdales (synthèse additive) (cf. Exemple-2).

La figure 3c ci-dessous montre le spectre de fréquences du son fondamental de *Erdenklavier* pour piano solo du compositeur Luciano Berio⁶ (cf. Exemple-3).

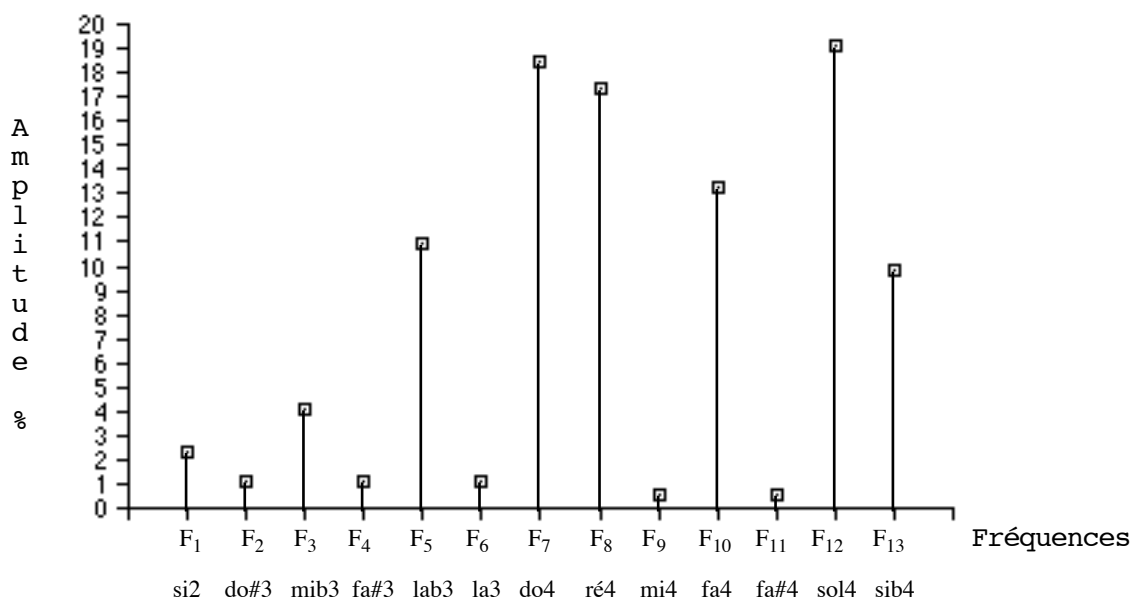
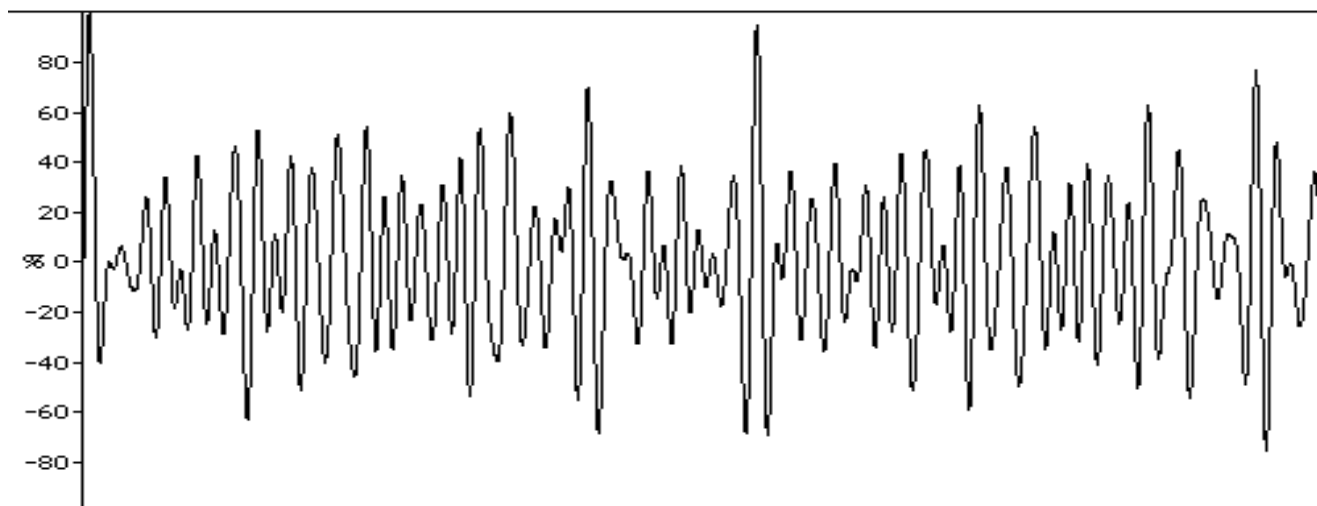


Figure 3c : le spectre de fréquences du son fondamental de *Erdenklavier* pour piano solo de Berio

Le son fondamental de *Erdenklavier* est conformé par 13 fréquences différentes (cf. figure 3 ci-dessus), à savoir : si₂ (F₁), do#₃ (F₂), mib₃ (F₃), fa#₃ (F₄), lab₃ (F₅), la₃ (F₆), do₄ (F₇), ré₄ (F₈), mi₄ (F₉), fa₄ (F₁₀), fa#₄ (F₁₁), sol₄ (F₁₂), sib₄ (F₁₃). Dans ce son fondamental, nous pouvons constater que c'est le son sol₄ (F₁₂) le plus utilisé. La plus basse fréquence F₁ (si₂), c'est-à-dire la fréquence fondamentale de ce son fondamental, n'est pas la fréquence la plus dominante, car le son si₂ n'est utilisé que 4 fois dans l'œuvre.

⁶ Cf. [Berio, 1971a). Nous suggérons d'écouter : Exemple-24, et de regarder la partition de l'œuvre, pages 59 et 60. Dans la deuxième partie de l'exemple sonore nous pouvons écouter l'œuvre avec son son fondamental de façon superposée.



L'onde du son fondamental de *Erdenklavier* (170.9 millisecondes)

Figure 4

Partiel	Nom	Fréquences	Utilisation (nombre de fois)	Amplitude
13	sib4	466.16 Hz	17	9.82 %
12	sol4	392.00 Hz	33	19.07 %
11	fa#4	369.99 Hz	1	0.57 %
10	fa4	349.23 Hz	23	13.29 %
9	mi4	329.63 Hz	1	0.57 %
8	ré4	293.66 Hz	30	17.34 %
7	do4	261.63 Hz	32	18.49 %
6	la3	220.00 Hz	2	1.15 %
5	lab3	207.65 Hz	19	10.98 %
4	fa#3	185.00 Hz	2	1.15 %
3	mib3	155.56 Hz	7	4.04 %
2	do#3	138.59 Hz	2	1.15 %
1	si2	123.47 Hz	4	2.31 %

Composition du Son Fondamental de *Erdenklavier*

Figure 5

Le tableau ci-dessus (figure 5) montre la distribution exacte des fréquences (ou partiels) qui conforment le son fondamental de *Erdenklavier*. La colonne **Partiel** indique le chiffre qui correspond à l'ordre qu'occupe chaque partiel dans la structure du son fondamental. Ainsi le

son « 1 » correspond au premier partiel, c'est-à-dire à la fréquence fondamentale du son fondamental. Le partiel « 13 » correspond donc à la dernière fréquence de ce son fondamental. La colonne **Nom** indique le nom de la note qui correspond à chaque fréquence. La colonne **Fréquences** indique la fréquence en cycles par second de chaque son. La colonne **Utilisation** indique le nombre de fois que chaque son (ou note) est utilisé dans *Erdenklavier*. La colonne **Amplitude** indique le pourcentage d'amplitude correspondant à chaque partiel du son fondamental. Ainsi, par exemple, dans le cas du son (sol4) étant utilisé 33 fois dans la pièce aura une amplitude de 19.07 %.

2.1.2. Comment construire un son fondamental

Nous allons prendre l'exemple de *Erdenklavier* de Berio (cf. *supra*) pour expliquer comment obtenir le son fondamental d'une pièce de musique.

- Le premier pas consiste à déterminer le total des sons employés dans l'œuvre y compris les sons répétés.

Erdenklavier est construite à partir d'une série de 13 sons : Si2, do#3, mib3, fa#3, lab3, la3, do4, ré4, mi4, fa4, fa#4, sol4, sib4. Ces sons sont combinés entre eux 173 fois, selon une stratégie compositionnelle sérielle très spécifique.⁷ Nous avons donc déjà le chiffre 173 qui totalise le nombre exact d'utilisations des sons. Nous appellerons ce chiffre (qui totalise le nombre exact d'utilisations des sons dans une œuvre donnée), *Chiffre Totalisateur*.

- Une fois que l'on connaît le **Chiffre Totalisateur** (CT) des notes employées, le pas suivant consiste à déterminer le nombre d'apparitions de chaque son (ou note) dans l'œuvre.

⁷ [Stoianova, 1985 : 437], [Gonzalez-Lizausaba, 1997 : 20 et sq.].

Partiel	Nom	Utilisation (nombre de fois)	Multiplié par 100	Divisé par 173 (CT)	Amplitude
13	sib4	17	$17 * 100=1700$	$1700 \div 173= 9.82$	9.82 %
12	sol4	33	$12 * 100=1200$	$1200 \div 173= 19.07$	19.07 %
11	fa#4	1	$1 * 100= 100$	$100 \div 173= 0.57$	0.57 %
10	fa4	23	$23 * 100=2300$	$2300 \div 173= 13.29$	13.29 %
9	mi4	1	$1 * 100= 100$	$100 \div 173= 0.57$	0.57 %
8	ré4	30	$30 * 100=3000$	$3000 \div 173= 17.34$	17.34 %
7	do4	32	$32 * 100=3200$	$3200 \div 173= 18.49$	18.49 %
6	la3	2	$2 * 100= 200$	$200 \div 173= 1.15$	1.15 %
5	lab3	19	$19 * 100=1900$	$1900 \div 173= 10.98$	10.98 %
4	fa#3	2	$2 * 100= 200$	$200 \div 173= 1.15$	1.15 %
3	mib3	7	$7 * 100= 700$	$700 \div 173= 4.04$	4.04 %
2	do#3	2	$2 * 100= 200$	$200 \div 173= 1.15$	1.15 %
1	si2	4	$4 * 100= 400$	$400 \div 173= 2.31$	2.31 %

Pourcentages des partiels d'un son fondamental

Figure 6

La figure 6 ci-dessus, montre en forme de tableau la procédure à faire pour obtenir le pourcentage d'amplitude de chaque partiel du son fondamental de *Erdenklavier*. Nous pouvons prendre par exemple le partiel 13 (sib4) qui est donc utilisé 17 fois dans la pièce. D'abord, il faut multiplier 17 par 100 (pour obtenir des valeurs en pourcentages de 100). Le résultat de la multiplication (1700) sera donc divisé par le chiffre totalisateur (CT), dans le cas de *Erdenklavier*, le CT est égal à 173. Nous avons donc le chiffre 1700 divisé par 173 (CT), ce qui donne un pourcentage de 9.82 % pour l'amplitude de ce partiel. Nous avons décidé d'explicitier cette procédure d'obtention des *pourcentages d'amplitude des partiels* d'un son fondamental, même si cela ne reflète aucune difficulté de compréhension en soi.

2.1.3. Le son fondamental, comme élément générateur et fondement sonore d'une œuvre donnée

Tel que nous l'avons constaté précédemment, le son fondamental d'une œuvre quelconque n'existe pas a priori, il n'existe que de façon théorique, il faut le créer, l'extraire

de l'œuvre elle-même, il faut donc le synthétiser en utilisant par exemple, la méthode de synthèse additive de Fourier.⁸

La construction d'un son fondamental consisterait en quelque sorte, en la mise en évidence inverse et schématique du processus dynamico-sonore d'une œuvre musicale.

Par mise en évidence inverse, nous entendons que, si bien le processus compositionnel consiste globalement en la mise en place d'événements sonores dans le temps – mis en place matérialisée par l'écriture musicale sur papier ou sauvegardée sur un support magnétique ou autre –, le processus d'élaboration d'un son fondamental s'avère être le processus inverse, c'est-à-dire **la restitution dans un seul élément sonore, le son fondamental, des sons qui constituent l'œuvre musicale.**

Ainsi, le son fondamental se situe comme le paradigme sonore par excellence de l'œuvre musicale, comme son élément primitif ou générateur, comme une sorte d'empreinte sonore dans laquelle tous les sons de l'œuvre se retrouvent compactés comme dans un noyau contenant toute l'information sonore de l'œuvre. En conséquence le processus compositionnel, c'est-à-dire la mise en place d'événements sonores dans le temps (cf. *supra*) consiste également en **la projection structurée dans le temps des sons (les partiels) qui constituent le son fondamental de l'œuvre elle-même.**

Par mise en évidence schématique, nous entendons que le processus compositionnel, processus d'ailleurs très complexe, ne peut pas être réduit en une formule quelconque. Comme nous l'avons souligné auparavant, le son fondamental restitue dans un seul élément sonore, les sons qui constituent l'œuvre musicale, et non pas, le processus créatif propre du compositeur.

Dans le cadre du système musical ondulatoire, l'accomplissement d'une œuvre musicale consisterait en un double processus de type circulaire. Premièrement, en **la production réfléchie de l'œuvre en tant que processus sonore** : la mise en place d'événements sonores

⁸ Actuellement, ils existent dans le domaine de l'acoustique digitale, des nombreux programmes informatiques avec lesquels divers types de synthèse sonore sont proposés, par exemple, *OpenMusic*, *Modalys*, *AudioSculpt*, *SoundEdit* etc.

dans le temps. Deuxièmement, en **la production irréfléchie ou automatique des sons contenus dans son propre son fondamental dont l'œuvre elle-même est la projection.**

Le caractère globalisante qui se dégage du concept de son fondamental est l'un des points capitaux de la théorie musicale ondulatoire. Il s'agit en effet d'une notion hautement synthétisante dans laquelle l'œuvre musicale trouve ses fondements **sonores** au niveau le plus nucléaire qu'il soit. Le son fondamental pourrait être comparé, au sens biologique du terme, à une cellule : le plus petit possible élément sonore organisé d'une œuvre musicale, comme sa matière sonore au degré maximal de synthèse.

2.1.4. Le concept de son fondamental vis-à-vis de celui de série

L'on pourrait approcher l'aspect unificateur de la série à celui du concept de son fondamental. Mais ce rapprochement n'est pas possible car, premièrement, « La série fonctionne aussi à la manière d'un motif ... » [Schönberg, 1977 : 166], c'est-à-dire qu'elle s'inscrit dans l'acte même de composer. En revanche, *le son fondamental d'une œuvre ne peut pas être un motif. Il se situe avant où après que l'œuvre est achevée.*⁹

L'aspect globalisant du concept de série se réfère donc plutôt à l'acte créatif en soi : « La série est – de façon très générale – le germe d'une hiérarchisation fondée sur certaines propriétés psycho-physiologiques acoustiques, douée d'une plus au moins grande sélectivité, en vue d'organiser un ensemble *FINI* de possibilités créatrices ... » [Boulez, 1963 : 35-36].

La série annonce ou objective déjà l'action compositionnelle, elle est « ... la première pensée créatrice ... » [Schönberg, 1977 : 167]. La série participe donc à l'activité compositionnelle musicale proprement dite. D'un autre côté, l'aspect globalisant du concept de son fondamental ne concerne pas aucun type de hiérarchisation comme dans le cas de la série.

⁹ Dans le cas où serait envisagée la composition d'une œuvre en commençant par la construction de son propre son fondamental, nous pensons que, dans cette situation, le processus créatif du compositeur se situerait dans un étage purement pré-compositionnel, car à ce niveau-là, la composition musicale proprement dite, à savoir, l'organisation des structures sonores ne serait pas encore entreprise.

Cet aspect globalisant d'un son fondamental se situe à un autre niveau, avant toute possible hiérarchisation : « **Le son fondamental se situe comme le paradigme sonore par excellence de l'œuvre musicale, comme son élément primitif ou générateur, comme une sorte d'empreinte sonore dans laquelle tous les sons de l'œuvre se retrouvent compactés comme dans un noyau contenant toute l'information sonique de l'œuvre** » (cf. page 65).

« **La notion globalisante qui se dégage du concept de son fondamental est l'un des points capitaux de la théorie musicale ondulatoire.** Il s'agit en effet d'une notion hautement synthétisante dans laquelle l'œuvre musicale trouve ses fondements **sonores** au niveau le plus nucléaire qu'il soit. Le son fondamental pourrait être comparé, au sens biologique du terme, à une cellule : le plus petit possible élément sonore organisé d'une œuvre musicale, comme sa matière sonore au degré maximal de synthèse », cf. page 66.

Deuxièmement, la série s'inscrit dans un devenir temporel, c'est-à-dire qu'elle se déploie dans le temps en décrivant une suite de mouvements ascendants, descendants ou horizontaux sur un plan cartésien à deux dimensions.¹⁰ Nous rappelons que, par rapport à la musique ondulatoire, **une série est une trajectoire ondulatoire**, c'est-à-dire une suite de douze notes (le plus souvent) qui se déploie dans le temps au contraire du son fondamental qui ne peut pas décrire une trajectoire ondulatoire car un son fondamental, comme son nom l'indique, n'est qu'un seul événement sonore, un seul son, « un son complexe » (cf. (2.1. : 57)). Nous rappelons qu'il ne faut pas confondre la notion de processus ondulatoire acoustique tel que nous l'avons définie et la notion de trajectoire ondulatoire.

Troisièmement, l'on pourrait résumer la fonction essentielle de la série comme un « ... principe commun d'organisation des structures ... » [Boulez, 1963 : 37]. D'un autre côté, le son fondamental d'une pièce de musique quelconque n'intervient pas dans l'activité compositionnelle en tant que « ... principe commun d'organisation des structures ... » comme dans le cas de la série. Le son fondamental ne contient pas aucune forme de

¹⁰ Normalement, dans une série dodécaphonique, il n'y a pas de sons répétés (mouvements horizontaux). Par contre, dans des séries non dodécaphoniques, nous trouverons aussi des mouvements horizontaux.

« hiérarchisation » et il ne peut pas en conséquence fournir des éléments concrets pour « ... organiser un ensemble *FINI* de possibilités créatrices ... » [Boulez, 1963 : 35-36].

Or, le principe intrinsèque de la série est étroitement lié à la notion de permutation ou de combinatoire. C'est ainsi que la série est porteuse des attributs structuraux très significatifs que le son fondamental n'a pas parce qu'il ne se fonde pas sur les mêmes critères structuraux avec lesquels la série est construite. Par exemple, dans l'organisation d'une série, les intervalles dévient l'un des points structuraux les plus cruciaux. Si bien que le son fondamental contient tous les sons d'une œuvre – incluant les séries dodécaphoniques ou autres – les sons sont tous rassemblés dans un seul élément, un seul son.

C'est ainsi que tous les éléments à fort caractère structurel propres de la série se perdront à partir du moment où les séries et tous les autres sons feront partie d'un son fondamental.

S'il existe dans la théorie musicale ondulatoire un concept qui pourrait être rapproché à la notion de série, c'est bien celui de trajectoire ondulatoire. La trajectoire ondulatoire d'une série deviendrait une forme de structure sous-jacente (de la série). Cette structure sous-jacente (la structure ondulatoire) est conformée par la traduction en données numériques de la trajectoire décrite dans un plan cartésien à deux dimensions des mouvements ascendants, descendants et horizontaux de la suite des sons de la série.¹¹

La notion de trajectoire ondulatoire appliquée à la série devient en quelque sorte **une forme évoluée du mécanisme dynamique sériel**.¹² La trajectoire ondulatoire d'une série quelconque dévient une sorte de modèle ondulatoire qui décrit justement le comportement cinétique de la série de façon globale ou locale.¹³

¹¹ Normalement, dans une série dodécaphonique, il n'y a pas de sons répétés (mouvements horizontaux). Par contre, dans des séries non dodécaphoniques, nous trouverons aussi des mouvements horizontaux.

¹² Nous avons montré dans l'introduction de la thèse comment le principe dynamique de la série se traduit en une série des données de type ondulatoires (cf. (1.2.4. : 16)).

¹³ Nous développerons cela au chapitre dédié au concept de trajectoire ondulatoire (2.3. : 126).

2.1.5. Le son fondamental et l'analyse musicale ondulatoire

Par rapport à l'analyse (musicale) ondulatoire (AO), le son fondamental s'avère un outil qui peut accroître la compréhension au niveau sonore de l'œuvre analysée.

Comme nous l'avons indiqué précédemment, le son fondamental d'une œuvre représente une sorte de portrait sonore globale de l'œuvre. L'élaboration et ensuite l'écoute du son fondamental de l'œuvre à analyser constituent, entre autres, la première procédure à envisager dans l'entreprise analytique.

En ce qui concerne les différentes sections de l'œuvre, l'on pourrait établir pour chacune d'entre elles des sons fondamentaux propres à chaque section. **Les sons fondamentaux établis à partir des sections d'une œuvre seront entendus comme des sous-ensembles du son fondamental de l'œuvre analysée.** C'est-à-dire que le son fondamental de l'œuvre **est lui-même l'ensemble qui les contient** (les sons sous-fondamentaux). Nous appellerons donc les sons fondamentaux *des sections d'une œuvre*, des **sons sous-fondamentaux**.

2.1.6. Le son fondamental et la composition musicale ondulatoire

Nous avons affirmé auparavant que « le son fondamental d'une œuvre quelconque n'existe pas a priori, il n'existe que de façon théorique, il faut le créer, l'extraire de l'œuvre elle-même ». Cependant, l'on pourrait établir la création d'un son fondamental comme le point de départ pour la composition d'une œuvre, ou bien la réalisation des sons sous-fondamentaux pour chaque section de l'œuvre au fur et à mesure que l'on progresse dans le processus compositionnel. Dans ce cas-là, la structuration du matériau sonore ferait appel à un contrôle et à une stratégie compositionnelle différente à l'usuelle, quoique très diversifiée. La composition musicale ressemblerait peut-être à un travail de type « topologique » en ce qui concerne la structuration des sons dans l'espace sonore de l'œuvre. Cela dû au fait que l'on connaîtrait à l'avance le nombre précis des sons à utiliser et de leurs fréquences respectives.

L'on ne devrait pas interpréter le fait de connaître déjà à l'avance le nombre et les fréquences (ou hauteurs) des sons à utiliser, comme s'il s'agissait d'une forme exclusive ou tacite de composition automatique. Le fait d'envisager comme point de départ pour la composition d'une œuvre la création d'un son fondamental ou bien la réalisation des sons sous-fondamentaux pour chacune des sections de l'œuvre ouvrirait des perspectives intéressantes à la composition musicale. Le compositeur serait en condition de connaître et surtout de pouvoir écouter la sonorité globale de l'œuvre, ainsi que celle de chaque section. Le compositeur serait donc en situation de manipuler, de modifier etc. chaque son fondamental ou sous-fondamental à sa volonté.

2.1.7. Quelques exemples des sons fondamentaux et sous-fondamentaux

Nous allons maintenant proposer des exemples graphiques et sonores des sons fondamentaux et sous-fondamentaux de diverses pièces de musique.

2.1.7.1. Le son fondamental de la première pièce de *Structures Ia* pour piano de Pierre Boulez (mesures 1-31)¹⁴

Dans les exemples qui vont suivre nous allons prendre les mesures 1 jusqu'à la 31 de *Structures Ia* pour piano de Pierre Boulez. Nous diviserons ces 31 mesures en deux parties pour établir ainsi une pièce hypothétique à deux sections. La première section, nous l'établirons de la mesure 1 à la 7. La seconde section, de la mesure 8 à la 31.

Nous montrerons:

Premièrement, le son fondamental qui correspond aux mesures 1 jusqu'à la 31. Deuxièmement, le son sous-fondamental qui correspond à la première section (mesures 1 jusqu'à la 7) et troisièmement, le son sous-fondamental qui correspond à la seconde section (mesures 8 jusqu'à la 31).

¹⁴ [Boulez, 1955], cf. la page 50.

Le son fondamental de notre exemple (mesures 1 à la 31 de *Structures Ia* de Boulez) comporte 52 sons différents.

Partiel	Nom	Fréquences	Utilisation (nombre de fois)	Amplitude
52	si7	3955.10 Hz	1	0.87 %
51	la7	3520.00 Hz	1	0.87 %
50	sol7	3136.00 Hz	1	0.87 %
49	mib7	2489.00 Hz	2	1.75 %
48	reb7	2217.50 Hz	1	0.87 %
47	do7	2093.00 Hz	2	1.75 %
46	sib6	1975.50 Hz	2	1.75 %
45	sol#6	1661.20 Hz	2	1.75 %
44	fa#6	1480.00 Hz	2	1.75 %
43	fa6	1396.90 Hz	2	1.75 %
42	mi6	1318.50 Hz	2	1.75 %
41	ré6	1174.70 Hz	3	2.63 %
40	do#6	1108.70 Hz	1	0.87 %
39	do6	1046.50 Hz	2	1.75 %
38	la5	880.00 Hz	2	1.75 %
37	lab5	830.61 Hz	3	2.63 %
36	fa#5	739.99 Hz	2	1.75 %
35	fa5	698.46 Hz	1	0.87 %
34	mi5	659.26 Hz	2	1.75 %
33	mib5	622.25 Hz	3	2.63 %
32	do#5	554.37 Hz	2	1.75 %
31	si4	493.88 Hz	4	3.50 %
30	la4	440.00 Hz	2	1.75 %
29	sol#4	415.30 Hz	2	1.75 %
28	sol4	392.00 Hz	4	3.50 %
27	mib4	311.13 Hz	4	3.50 %
26	ré4	293.66 Hz	4	3.50 %
25	do4	261.63 Hz	2	1.75 %
24	si3	246.94 Hz	1	0.87 %
23	sib3	233.08 Hz	4	3.50 %
22	la3	220.00 Hz	2	1.75 %
21	fa#3	185.00 Hz	5	4.38 %
20	fa3	174.61 Hz	2	1.75 %
19	mi3	164.81 Hz	3	2.63 %
18	ré3	146.83 Hz	1	0.87 %
17	do#3	138.59 Hz	2	1.75 %
16	do3	130.81 Hz	3	2.63 %
15	si2	123.47 Hz	2	1.75 %
14	sib2	116.54 Hz	1	0.87 %
13	sol2	97.99 Hz	1	0.87 %
12	fa2	87.30 Hz	2	1.75 %
11	mi2	82.40 Hz	3	2.63 %
10	mib2	77.78 Hz	1	0.87 %
9	do#2	69.26 Hz	3	2.63 %
8	do2	65.40 Hz	1	0.87 %
7	la1	55.00 Hz	2	1.75 %
6	lab1	51.91 Hz	3	2.63 %
5	sol1	48.99 Hz	4	3.50 %
4	fa1	43.65 Hz	1	0.87 %
3	ré1	36.70 Hz	1	0.87 %
2	si-1	30.86 Hz	2	1.75 %
1	sib-1	29.13 Hz	3	2.63 %

Figure 7 : Structure du son fondamental de *Structures Ia* de Pierre Boulez (mesures 1-31)

La figure 7 (ci-dessus) montre la structure spectrale du son fondamental de *Structures Ia* de Boulez (mesures 1-31). Nous pouvons percevoir que plusieurs informations se dégagent du tableau. Premièrement, le son fondamental contient 52 sons (fréquences) différents. Le *chiffre totalisateur* du son fondamental est 114 (cf. (2.1.2. : 63)). Par rapport au registre du piano, ce son fondamental utilise presque tous ses registres. Le seul registre qui n'est pas utilisé est le huitième, c'est-à-dire, la note do8. Tous les autres registres sont utilisés, registres -1 jusqu'au 7. Deuxièmement, la fréquence la plus utilisée s'avère être le fa#3 (185.00 Hz), partiel numéro 21 de ce son fondamental. Ce partiel fa#3 qui forme la cinquième couche spectrale¹⁵ de ce son fondamental est utilisé 5 fois dans la pièce (mesures 1-31) avec une valeur de 4.38 % d'amplitude (cf. figure 8 (5) ci-dessous).

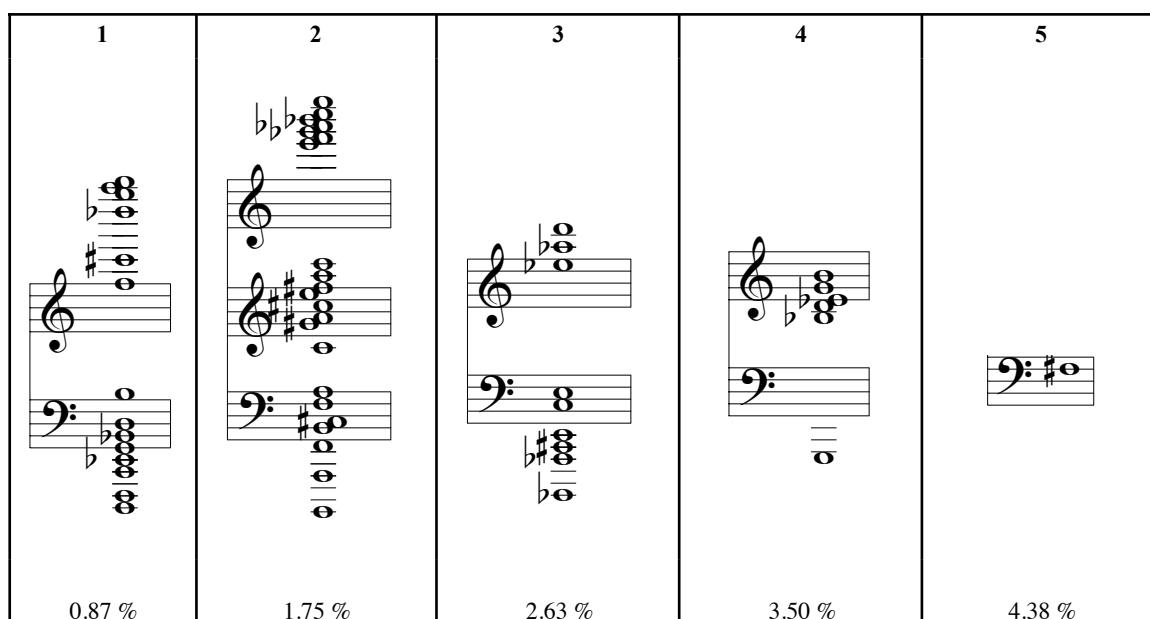
Troisièmement, nous pouvons percevoir que les sons sol1, sib3, ré4, mib4, sol4 et si4, forment une quatrième couche spectrale qui donne au son fondamental de cette pièce une caractéristique à peu près harmonique. Ces sons sont utilisés 4 fois dans la pièce, ce qui leur donne un pourcentage d'amplitude de 3.50 %. Nous avons ensuite une autre couche spectrale (la troisième) dans laquelle se trouvent les sons qui sont utilisés 3 fois avec comme pourcentage d'amplitude 2.63 %. Nous avons les sons sib-1, qui est la fréquence fondamentale du son fondamental de la pièce, ensuite les sons lab1, do#2, mi2, do3, mi3, mib5, lab5 et ré6.

Cette troisième couche spectrale donne au son fondamental une qualité timbrique plus inharmonique car les fréquences sont de plus en plus proches les unes des autres, ce qui provoque aussi un mélange spectral de plus en plus dense. Les deuxième et première couches spectrales se composent des sons avec un pourcentage d'amplitude plus au moins faible (1.75 % et 0.87 % respectivement). Nous avons les sons si-1, la1, fa2, si2, do#3, fa3, la3, do4, sol#4, la4, do#5, mi5, fa#5, la5, do6, mi6, fa6, fa#6, sol#6, sib6, do7 et mib7 qui forment la deuxième couche spectrale avec un pourcentage d'amplitude de 1.75 %. Il est important de faire noter que, dans cette couche spectrale, les fréquences sont organisées de façon plus au moins cyclique comme s'il s'agissait des accords. En lissant la suite de fréquences de cette

¹⁵ Nous entendrons par *couche spectrale*, la réunion de plusieurs partiels, à l'intérieur d'un son fondamental ou sous-fondamental, partiels affectés par le même pourcentage d'amplitude. Cf. (2.1.2. : 166) et (2.13. : 167).

couche spectrale par groupe de quatre notes en partant de la fréquence la plus basse, nous obtiendrions la suite : si-1, la1, fa2, si2, ensuite, do#3, fa3, la3, do4, après, sol#4, la4, do#5, mi5, suivi de fa#5, la5, do6, mi6, et enfin, fa6, fa#6, sol#6, sib6, do7 et mib7. Il est intéressant d'observer comment, au fur et à mesure que les fréquences de cette couche spectrale se structurent en partant de la région grave vers l'aigu, des groupes de sons vont se localiser dans chaque registre du piano de façon progressive. Nous avons donc un son pour le registre -1. Ensuite, un son dans le registre 1. Après, 2 sons dans le registre 2. Nous avons 3 sons pour le registre 3. Trois sons pour le registre 4. Ensuite, 4 sons dans le registre 5. Six sons dans le registre 6 et 2 sons pour le registre 7 du piano.

La première couche spectrale est constituée de fréquences avec un très faible pourcentage d'amplitude (0.87 %). Il est intéressant de constater que les fréquences qui conforment cette couche spectrale vont se déployer de façon prédominante sur les registres graves et aigus du piano. Nous pouvons noter que la région centrale du piano n'est pas utilisée. Nous avons donc deux sons pour le registre 1 (ré et fa), 4 sons pour le registre 2 (do, mib, sol, sib), ensuite, 2 sons pour le registre 3 (ré et si). Une seule note dans les registres 5 et 6 respectivement (fa5 et do#6), et enfin 4 sons pour le registre 7 du piano (réb, sol, la, si).



Les différentes couches spectrales (en notation musicale) du son fondamental de *Structures Ia* de Pierre Boulez

Figure 8

La figure 8, (ci-dessus, page précédente) montre les différentes couches spectrales qui conforment le son fondamental de *Structures* Ia (mesures 1-31). Au côté droit du tableau (chiffre 5) la seule fréquence qui contient la cinquième couche du son fondamental de *Structures* est représentée en notation musicale (fa#3) avec comme pourcentage d'amplitude 4.38 %. Cette fréquence fa#3 (185 Hz) est théoriquement celle qui doit prédominer le plus dans la sonorité de ce son fondamental en raison du fait qu'elle a le plus grand pourcentage d'amplitude. Mais, il ne faut pas négliger tous les autres composants spectraux de ce son fondamental car leur mélange produira sans doute un équilibre sonore qui dépend en grande partie de la complexité sonore qui se produira par ce mélange des différentes fréquences.

Le chiffre 4 en haut du tableau, montre les fréquences qui forment la quatrième couche spectrale du son fondamental, toujours en notation musicale. Cette quatrième couche forme un accord de sol majeur avec un mib et un si bécarré, ces deux sons fonctionnent comme des notes étrangères à cet accord de sol, ou bien comme un accord de mib majeur en première inversion (sol1) avec la septième majeure (ré4) et la quinte de l'accord augmenté (si4). Cette quatrième couche s'avère être la plus « tonale », si l'on peut dire, vis-à-vis du système tonal musical.

Les sons qui composent la troisième couche du son fondamental sont représentés dans le tableau, chiffre 3. Leur pourcentage d'amplitude est de 2.63 % car ces sons sont utilisés 3 fois chacun dans la pièce. Nous pouvons observer que le son le plus grave de cette couche est le deuxième son du piano (sib-1). Ce qui est important de souligner ici est le fait que ce son (sib-1) s'avère être la fréquence fondamentale du son fondamental de *Structures*, c'est-à-dire, la fréquence la plus basse de l'ensemble de fréquences. Ce son (sib-1) « s'accorde » parfaitement avec la quatrième couche que nous avons étudié auparavant, conformant ainsi un spectre de fréquences d'un caractère plus au moins harmonique.

Cependant ce caractère harmonique se dissipe pour donner la place à une conformation inharmonique complexe au son fondamental car les autres fréquences de cette couche spectrale (lab1, do#2, mi2, do3, mi3, mib5, lab5 et ré6) vont faire « éclater » l'harmonicité spectrale dont nous avons parlée précédemment pour la transformer plutôt en une inharmonicité spectrale.

Les sons contenus dans les deuxième et première couches qui restent vont ajouter encore plus de la complexité spectrale au son fondamental. Il suffit de regarder les notes qui représentent les fréquences des couches spectrales 2ème et 1ère pour imaginer le mélange sonore de type « clouster » de ce son fondamental.

L'exemple sonore de la bibliothèque sonore (Exemple-4) peut nous aider à nous faire une représentation plus précise de tout ce que nous avons dit auparavant à propos du son fondamental de *Structures* de Pierre Boulez (mesures 1-31).

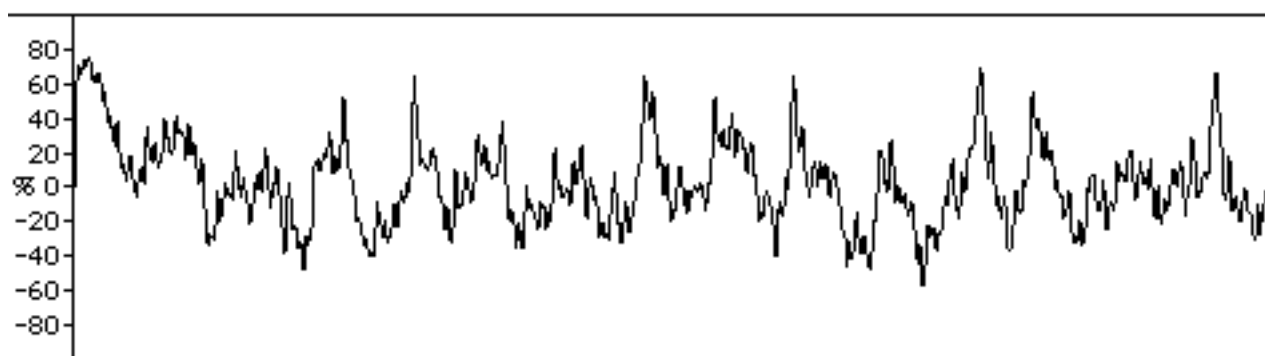


Figure 9 : L'onde du son fondamental (mesures 1-30) de *Structures* (80 millisecondes)

Le son fondamental de *Structures* est synthétisé en utilisant la méthode additive de Fourier (cf. figure 9). La fréquence qui correspond à chaque son du son fondamental (cf. figure 7) sera produite par un oscillateur d'onde sinusoïdale. En écoutant le son fondamental de *Structures*, nous apercevons sa complexité spectrale. Nous pouvons constater que sa sonorité est très proche d'un son de type cloche (cf. Exemple-4).

Nous allons à présent analyser le son sous-fondamental qui correspond à la première section de *Structures*. Cette section que nous avons établie précédemment se compose de sept mesures, de la mesure 1 jusqu'à la 7. Le son sous-fondamental de cette section comporte 15 sons différents. Il est intéressant de souligner que, dans cette première partie de *Structures*, le piano I ne joue que la série « fondamentale » dans sa forme originale, tandis que le piano II joue la série fondamentale dans sa première forme renversée (cf. [Boulez, 1985 : 137 et sq.]). La somme de sons joués par chaque partie de piano s'élève donc à 24. Ici, dans ce son sous-fondamental, tous les registres sont utilisés sauf le 8.

Le chiffre totalisateur de ce son sous-fondamental est 24. La fréquence la plus basse du spectre de fréquences de ce son sous-fondamental est le son sib-1. Ce son sib-1 est d'ailleurs la fréquence la plus basse que nous trouverons dans l'ensemble des mesures que nous avons choisi pour analyser (mesures 1-31 de *Structures*). Nous trouverons donc encore une fois, le son sib-1, comme étant la fréquence fondamentale cette fois-ci du son sous-fondamental de la première section de *Structures* (mesures 1-7).

Partiel	Nom	Fréquences	Utilisation (nombre de fois)	Amplitude
15	sol7	3136.10 Hz	1	4.16 %
14	mib7	2489.00 Hz	2	8.33 %
13	mi6	1318.50 Hz	1	4.16 %
12	do6	1046.50 Hz	1	4.16 %
11	fa#5	739.99 Hz	2	8.33 %
10	do#5	554.37 Hz	2	8.33 %
9	la4	440.00 Hz	2	8.33 %
8	ré4	293.66 Hz	2	8.33 %
7	fa3	174.61 Hz	2	8.33 %
6	si2	123.47 Hz	2	8.33 %
5	sol2	97.99 Hz	1	4.16 %
4	mi2	82.40 Hz	1	4.16 %
3	do2	65.40 Hz	1	4.16 %
2	lab1	51.91 Hz	2	8.33 %
1	sib-1	29.13 Hz	2	8.33 %

Figure 10 : Le son sous-fondamental de la première section de *Structures* (mesures 1-7)

La figure 10 (ci-dessus) montre en forme de tableau la composition du son sous-fondamental de la première partie de *Structures*. Nous pouvons observer que cette section – très courte – ne comporte que 24 sons. Les partiels de ce son sous-fondamental apparaissent dans cette section de l'œuvre soit une ou deux fois. Nous trouverons donc dans ce son sous-fondamental deux couches spectrales. La première avec des partiels avec un pourcentage d'amplitude de 4.16 % et la deuxième, avec un pourcentage de 8.33 % (cf. figure 10).

En observant la figure 10 ci-dessus, nous constatons que la structure spectrale de ce son sous-fondamental est dominée par un groupe de fréquences où leur pourcentage d'amplitude est de 8.33 %. Ce groupe de fréquences forme la deuxième couche spectrale de ce son sous-fondamental. Nous trouvons le son sib-1, étant la fréquence la plus basse, suivie par les sons lab1, si2, fa3, ré4, la4, do#5, fa#5 et mib7. Ici l'ordre des partiels est dominé par un intervalle de 7ème, (sib-1 lab1), suivi par un « accord » de neuvième inversée constituée de sons si2, fa2, ré4, la4, do#5, et à la fin de cette couche spectrale, nous retrouvons un autre intervalle de 7ème diminué (fa#5 et mib7) (cf. figure 11 (2), ci-dessous).

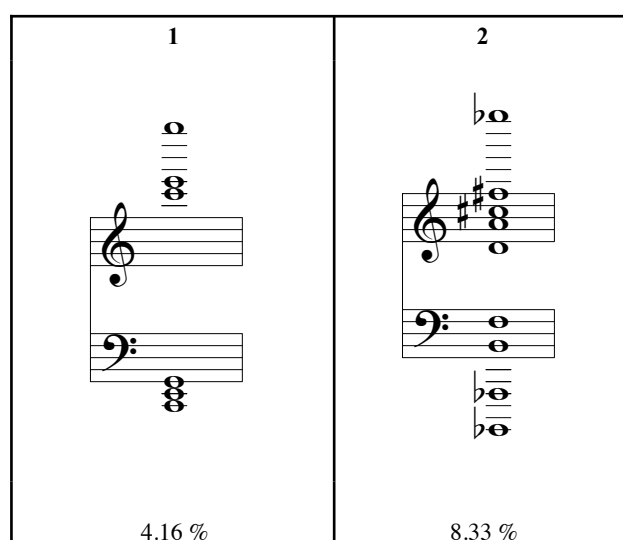
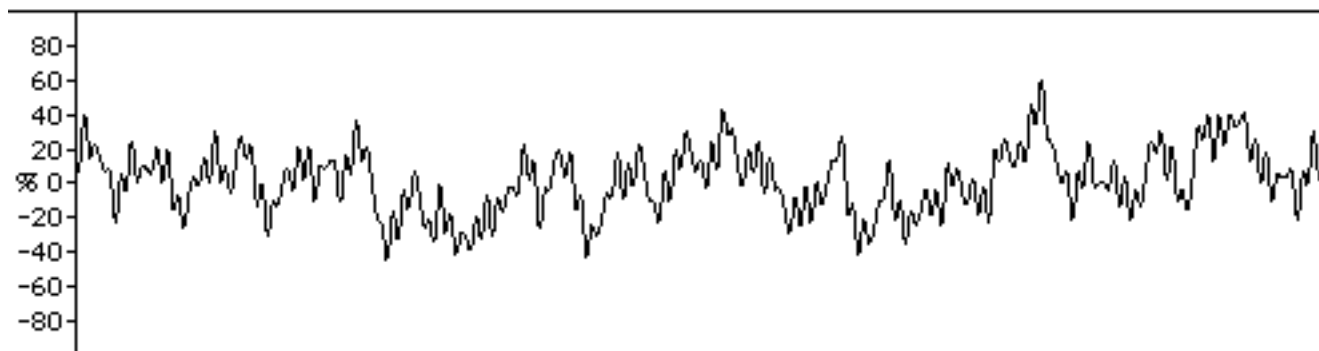


Figure 11

La première couche spectrale du son sous-fondamental de cette section de *Structures* est conformée par des partiels avec un pourcentage de 4.16 %. Il est important de constater que cette première couche est dominée par un « accord » de do majeur. Nous avons, en partant du grave à l'aigu, les sons do2, mi2, sol2, do6, mi6, sol7 (cf. figure 11 (1), ci-dessus). En analysant ce son sous-fondamental, nous apercevons que sa sonorité est pour ainsi dire polarisée entre une partie qui fonctionne comme un accord de dominante (deuxième couche spectrale). L'autre partie (première couche spectrale) fonctionnerait comme un accord de tonique sur lequel se résolve l'accord de « dominante » de la deuxième couche. Or, en l'écouter ce son sous-fondamental, nous constaterons que sa sonorité oscille en donnant l'impression d'un battement sonore, entre ces deux structures harmoniques, à savoir, le couple « d'accords » de dominante et tonique qui sonne au même temps.



L'onde (85 millisecondes) du son sous-fondamental de la première section de *Structures* de Boulez (mesures 1-7)

Figure 12

La figure 12 ci-dessus montre l'onde du son sous-fondamental de la première section de *Structures* (mesures 1-7), onde obtenue en utilisant la méthode de synthèse additive (cf. Exemple-5).

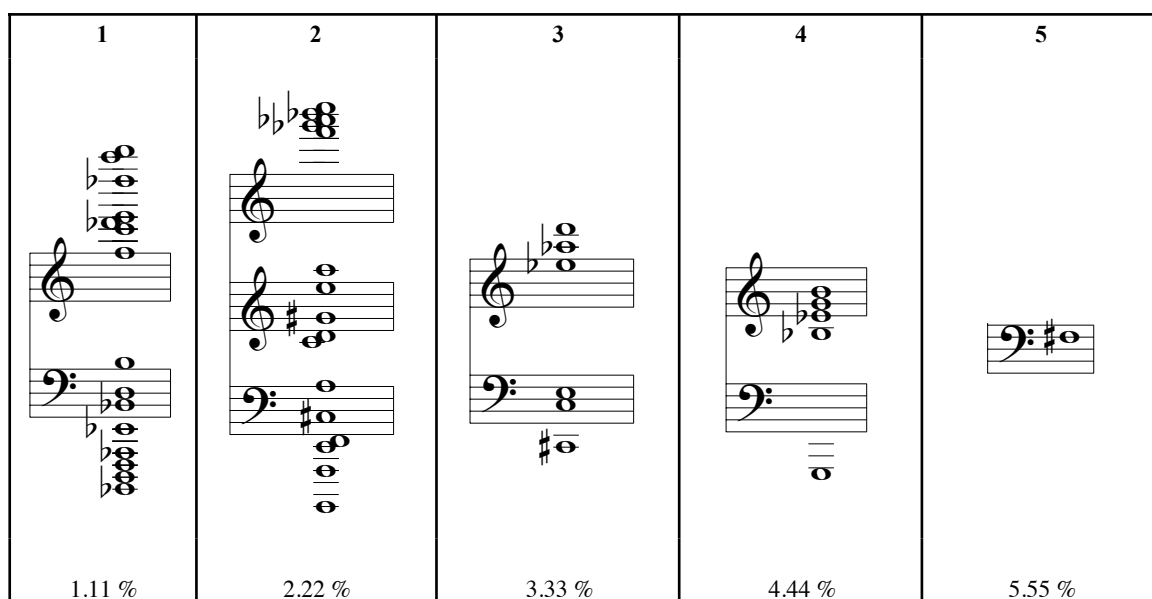
Le son sous-fondamental qui correspond à la seconde section de *Structures* Ia (mesures 8-31) est composé de 43 sons différents. Le chiffre totalisateur de ce son sous-fondamental est 90. Ce son sous-fondamental contient presque les mêmes sons qui se trouvent dans le son fondamental (mesures 1-31) sauf les sons do₂, sol₂, si₂, fa₃, la₄, do_{#5}, fa_{#5}, sol₇ et mib₇. Nous observerons dans ce son sous-fondamental cinq couches spectrales tout comme dans le son fondamental des mesures 1-31. La cinquième couche comporte un seul son fa_{#3} (185.00 Hz) avec un pourcentage d'amplitude de 5.55 %. Théoriquement, ce son (fa_{#3}) s'avère être le plus prédominant à cause d'avoir le pourcentage le plus élevé de la structure spectrale de ce son sous-fondamental (cf. figure 13 (5) ci-dessous).

La quatrième couche spectrale comporte 5 sons, tous avec un pourcentage d'amplitude de 4.44 % que voici : sol₁, sib₃, mib₄, sol₄ et si₄ (bécarré). L'on pourrait établir, en lissant ces sons en partant de la région grave vers l'aiguë, un accord de mib majeur en première inversion avec à la fin la quinte de l'accord doublé et augmenté (cf. figure 13 (4) ci-dessous).

Nous abordons à présent la troisième couche spectrale qui est conformée par six sons qui présentent un pourcentage d'amplitude de 3.33 %. Nous avons donc les sons do_{#2}, do₃,

mi3, mib5, lab5 et ré6. L'ordre des sons, en partant de la région grave vers l'aiguë, présente une disposition en « accord » plus dissonant si l'on la compare avec « l'accord » de la quatrième couche spectrale (cf. figure 13 (3) ci-dessous).

La deuxième couche spectrale composée de 16 sons est celle qui contient le plus grand nombre de sons. Son pourcentage d'amplitude s'élève à 2.22 %. Ici l'ordre des partiels est très mélangé. Tous les sons de la gamme chromatique sont présents à l'exception de sons mib et sol. Nous trouvons donc, en partant de la région grave à l'aiguë, les sons si-1, la1, mi2, fa2, do#3, la3, do4, ré4, sol#4, mi5, la5, fa6, fa#6, sol#6, sib6 et do7 (cf. figure 13 (2) ci-dessous). Cette couche s'avère être déjà très riche au niveau timbrique. Elle est d'une sonorité très complexe de type cloche dû à sa composition spectrale inharmonique. La première couche spectrale est composée de 15 sons avec comme pourcentage d'amplitude 1.11 %, l'amplitude la plus faible du son sous-fondamental de la deuxième section de *Structures Ia* (mesures 8-31). Nous trouverons dans cette couche, le partiel le plus bas (sib-1) de l'ensemble de sons de cette pièce. Dans cette couche spectrale, les partiels vont se déployer dans tous les registres du piano sauf le quatrième. Nous trouvons les sons sib-1, ré1, fa1, lab1, mib2, sib2, ré3, si3, fa5, do6, do#6, mi6, do#7, la7 et si7 (cf. figure 13 (1) ci-dessous).



Les différentes couches spectrales (en notation musicale) du son sous-fondamental de la deuxième section (mesures 8-31) de *Structures Ia* de Pierre Boulez

Figure 13

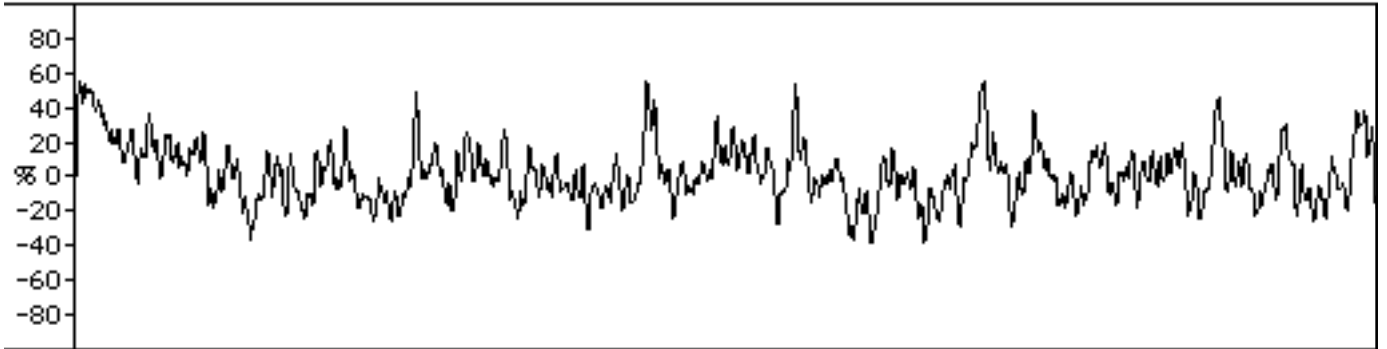
Partiel	Nom	Fréquences	Utilisation (nombre de fois)	Amplitude
43	si7	3955.10 Hz	1	1.11 %
42	la7	3520.00 Hz	1	1.11 %
41	reb7	2217.50 Hz	1	1.11 %
40	do7	2093.00 Hz	2	2.22 %
39	sib6	1975.50 Hz	2	2.22 %
38	sol#6	1661.20 Hz	2	2.22 %
37	fa#6	1480.00 Hz	2	2.22 %
36	fa6	1396.90 Hz	2	2.22 %
35	mi6	1318.50 Hz	1	1.11 %
34	rê6	1174.70 Hz	3	3.33 %
33	do#6	1108.70 Hz	1	1.11 %
32	do6	1046.50 Hz	1	1.11 %
31	la5	880.00 Hz	2	2.22 %
30	lab5	830.61 Hz	3	3.33 %
29	fa5	698.46 Hz	1	1.11 %
28	mi5	659.26 Hz	2	2.22 %
27	mib5	622.25 Hz	3	3.33 %
26	si4	493.88 Hz	4	4.44 %
25	sol#4	415.30 Hz	2	2.22 %
24	sol4	392.00 Hz	4	4.44 %
23	mib4	311.13 Hz	4	4.44 %
22	rê4	293.66 Hz	2	2.22 %
21	do4	261.63 Hz	2	2.22 %
20	si3	246.94 Hz	1	1.11 %
19	sib3	233.08 Hz	4	4.44 %
18	la3	220.00 Hz	2	2.22 %
17	fa#3	185.00 Hz	5	5.55 %
16	mi3	164.81 Hz	3	3.33 %
15	rê3	146.83 Hz	1	1.11 %
14	do#3	138.59 Hz	2	2.22 %
13	do3	130.81 Hz	3	3.33 %
12	sib2	116.54 Hz	1	1.11 %
11	fa2	87.30 Hz	2	2.22 %
10	mi2	82.40 Hz	2	2.22 %
9	mib2	77.78 Hz	1	1.11 %
8	do#2	69.26 Hz	3	3.33 %
7	la1	55.00 Hz	2	2.22 %
6	lab1	51.91 Hz	1	1.11 %
5	sol1	48.99 Hz	4	4.44 %
4	fa1	43.65 Hz	1	1.11 %
3	rê1	36.70 Hz	1	1.11 %
2	si-1	30.86 Hz	2	2.22 %
1	sib-1	29.13 Hz	1	1.11 %

Structure du son sous-fondamental de la deuxième section de *Structures* Ia de Pierre Boulez (mesures 8-31)

Figure 14

La figure 14 ci-dessus montre sous forme de tableau le son sous-fondamental de la deuxième section de *Structures*. Nous pouvons apprécier, tout comme dans le son fondamental de cette pièce (cf. figure 7), que le son le plus prédominant, par rapport à l'amplitude, est le fa#3 (partiel numéro 17 de la figure 14 et le partiel 21 de la figure 7).

Nous pouvons aussi remarquer que dû à l'ordre « inharmonique » des partiels par rapport à la fréquence fondamentale (sib-1) de ce son sous-fondamental, sa sonorité sera proche d'un son très complexe de type « cloche ».



L'onde (85 milliseconds) du son sous-fondamental de la première section de *Structures* de Boulez (mesures 8-31)

Figure 15

La figure 15 (ci-dessus) nous révèle l'onde produite par le son sous-fondamental de la deuxième section de *Structures* Ia (mesures 8-31) de Boulez. En écoutant l'exemple sonore du son sous-fondamental de cette deuxième section (cf. Exemple-6), nous pouvons constater que le son fa#3 malgré son pourcentage d'amplitude étant le plus élevé (5.55 %), va se trouver mélangé avec les autres composants spectraux. Sa présence sonore ne sera donc pas en relief par rapport aux autres fréquences.

Nous écouterons plutôt en « relief » les sons sol4 et si4, pour la région centrale du spectre de fréquences. Pour le registre aigu, les sons la7 et si7 avec les fréquences qui conforment le registre 1 de ce son (sib-1, si-1, ré1, fa1, sol1, lab1, la1).

Pour se donner une idée plus précise des trois sons que nous avons synthétisés auparavant, nous recommandons de les écouter telle qu'ils se présentent dans la pièce, c'est-à-dire, le son sous-fondamental de la première section, suivi du son sous-fondamental de la deuxième section et enfin, le son fondamental de la pièce (mesures 1-31) (cf. Exemple-7).

2.1.7.2. Le son fondamental de la deuxième pièce (II) de *Six petites pièces pour piano op. 19* d'Arnold Schönberg¹⁶

Il est incontestable que, dans cette pièce de Schönberg, nous pouvons discerner, en regardant la partition, une sorte de polarisation « tonale » attribuable à l'utilisation très persistante des sons sol4 et si4, lesquels sont présents dans chaque mesure de la pièce. Nous allons donc extraire le son fondamental de cette petite pièce de Schönberg pour comprendre, entre autres, comment ces sons sol4 et si4 vont agir dans la sonorité du son fondamental. Nous verrons aussi de quelle façon les sonorités ou passages « dissonants » agiront, par rapport à cette tonique « virtuelle » (sol4 si4), dans la structure spectrale du son fondamental de cette pièce.

Partiel	Nom	Fréquences	Utilisation (nombre de fois)	Amplitude
27	mi6	1318.50 Hz	1	1.08 %
26	ré6	1174.70 Hz	2	2.17 %
25	si5	987.77 Hz	2	2.17 %
24	sib5	932.33 Hz	2	2.17 %
23	fa#5	739.99 Hz	2	2.17 %
22	mib5	622.25 Hz	2	2.17 %
21	ré5	587.33 Hz	2	2.17 %
20	do5	523.25 Hz	2	2.17 %
19	si4	493.88 Hz	26	28.26 %
18	sol4	392.00 Hz	26	28.26 %
17	fa#4	369.99 Hz	1	1.08 %
16	ré#4	311.13 Hz	2	2.17 %
15	ré4	293.66 Hz	1	1.08 %
14	do#4	277.18 Hz	1	1.08 %
13	do4	261.63 Hz	3	3.26 %
12	si3	246.94 Hz	1	1.08 %
11	sib3	233.08 Hz	1	1.08 %
10	la3	220.00 Hz	1	1.08 %
9	lab3	207.65 Hz	2	2.17 %
8	sol3	196.00 Hz	1	1.08 %
7	fa#3	185.00 Hz	1	1.08 %
6	fa3	174.61 Hz	3	3.26 %
5	mi3	164.81 Hz	1	1.08 %
4	ré#3	155.56 Hz	2	2.17 %
3	do#3	138.59 Hz	1	1.08 %
2	do3	130.81 Hz	2	2.17 %
1	fa#2	92.44 Hz	1	1.08 %

Structure du son fondamental de la deuxième pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

Figure 16

¹⁶ Cf. [Schönberg, 1940 : 4]. La partition de ce morceau se trouve dans la page 357 de la thèse.

Ce son fondamental est constitué de 27 fréquences différentes. Les couches spectrales du son fondamental vont se borner du fa#2 jusqu'au mi6. Le chiffre totalisateur de ce son fondamental est 92.¹⁷ Quatre couches spectrales vont structurer le son fondamental, tout d'abord, la quatrième (cf. figure 17 (4) ci-dessous), confirmée par les sons sol4 et si4 avec un pourcentage d'amplitude de 28.26 % (cf. figure 16 ci-dessus). Il est évident que, par rapport à l'harmonie, ces deux notes (sol4 et si4) vont donner beaucoup de poids à la sonorité du son fondamental. Il est intéressant de constater que ces deux sons se trouvent à une distance très proche de la région aiguë du spectre de fréquences du son fondamental.

La troisième couche spectrale (cf. figure 17 (3) ci-dessous) est formée par deux sons (fa3 et do4) avec comme pourcentage d'amplitude 3.26 %. Si nous confrontons ces deux sons fa3 et do4 avec la quatrième couche spectrale (sol4 et si4) nous obtiendrons un accord de sol majeur avec la septième de dominante, plus, la note do4 qui fonctionne comme note anticipatrice de la tonalité de do majeur. Nous avons donc déjà deux indices, représentés par ces deux couches spectrales, qui vont nous donner des pistes en ce qui concerne la sonorité du son fondamental.

En étudiant la deuxième couche spectrale (cf. figure 17 (2) ci-dessous), qui est formée par les sons do3, mib3, lab3, ré#4, do5, ré5, mib5, fa#5, sib5, si5 et ré6 avec une amplitude de 2.17 %, nous décèlerons que cette couche va contribuer à charger l'harmonicité – en la transformant en inharmonicité – que nous avons constatée auparavant dans les couches spectrales précédentes.

La première couche spectrale formée par les sons (fa#2, do#3, mi3, fa#3, sol3, lab3, la3, si3, do#4, ré4, fa#4, mi6) (cf. figure 17 (1) ci-dessous), contribuera aussi à façonner la sonorité de ce son fondamental en un son de type cloche, son fondamental qui restera « polarisé » par le pourcentage d'amplitude très élevé des sons sol4 et si4 de la quatrième couche spectrale.

¹⁷ Nous rappelons que le *chiffre totalisateur (CT)* est celui (un chiffre) qui totalise le nombre exact d'utilisations des sons dans une œuvre donnée.

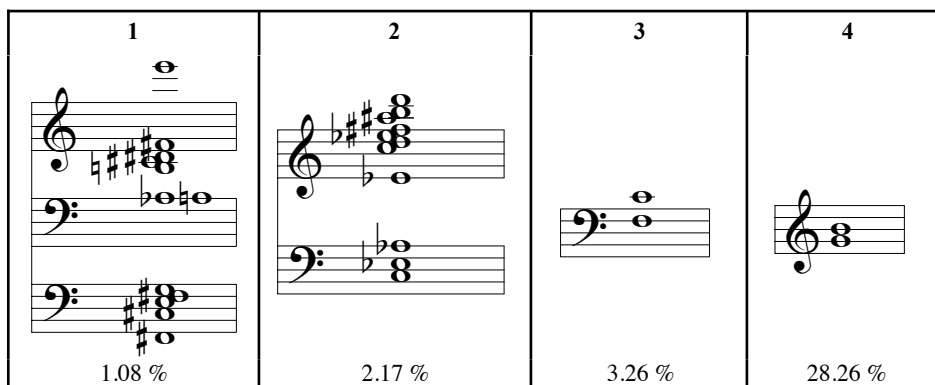
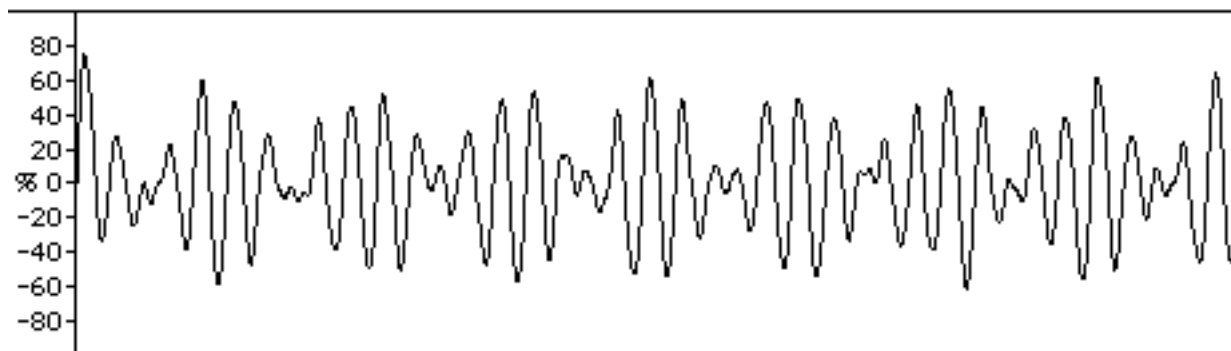


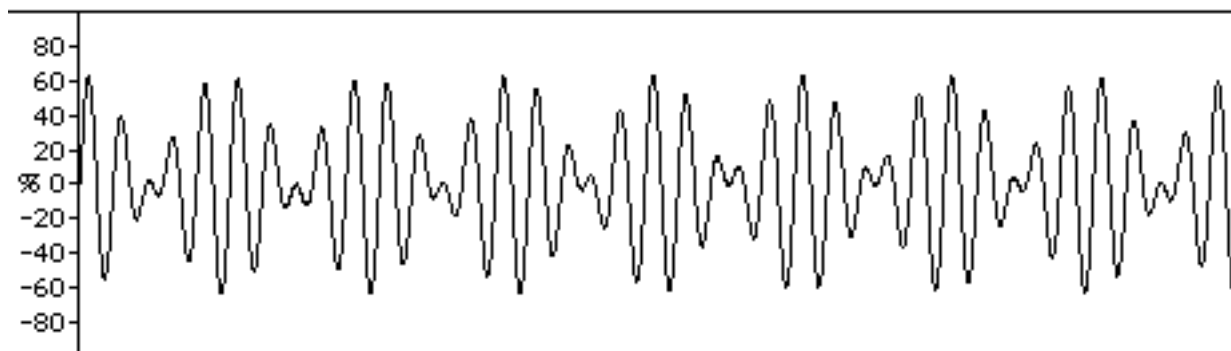
Figure 17 : Les différentes couches spectrales (en notation musicale) du son fondamental de la deuxième pièce pour piano (II) de l'opus 19 d'Arnold Schönberg



L'onde (79 millisecons) du son fondamental de la deuxième pièce pour piano (II) de l'opus 19 de Schönberg

Figure 18

Le son fondamental de la 2ème pièce de l'opus 19 de Schönberg s'est avéré être, comme nous l'avons supposé tout à l'heure et, après avoir été synthétisé, un son inharmonique dont la sonorité est enveloppée par les sons sol4 et si4 (cf. Exemple-8).



L'onde (79 millisecons) d'un son qui contient deux fréquences (sol4 et si4).

Figure 19

L'onde produite par le son fondamental de la deuxième pièce de l'opus 19 de Schönberg (figure 18 ci-dessus), montre justement une ressemblance très proche à celle d'un son conformé par deux fréquences (sol4 et si4) (cf. figure 19, ci-dessus). Ces deux ondes comparées visuellement se ressemblent, cependant, c'est à l'écoute que nous remarquerons la différence au niveau de la complexité spectrale de chaque son. L'exemple sonore que nous avons préparé à cet effet, va nous permettre de mieux comprendre ce dont nous venons de parler. Nous proposerons d'écouter d'abord le son fondamental de la deuxième pièce de l'opus 19 de Schönberg, suivi du son de la figure 18 qui contient les deux fréquences sol4 et si4 (cf. Exemple-9).

2.1.7.3. Le son fondamental du *Prelude* en do majeur de J.S. Bach¹⁸

Nous avons choisi ce prélude de Bach en raison de son aspect « tonal ». Cela nous permettra, après l'obtention et l'analyse du son fondamental, de vérifier comment la pertinence tonale de cette œuvre va se refléter dans le son fondamental. Une simple suivie de l'enchaînement des accords de ce prélude nous permettra d'établir son parcours harmonique. Ce parcours, nous pouvons le résumer de la manière suivante :

Mesures	Harmonie (accords)
1	Do majeur + septième (sib)
2	Fa majeur
3	Sol majeur (pédale (do)) + Septième (fa)
4	Do majeur
5	Ré majeur + septième (do)
6	Sol majeur, Mi mineur
7	La mineur, Do majeur
8	Ré majeur + septième (do)
9	Sol majeur + septième (fa#), Sol majeur + septième (fa bécarré) (pédale (sol))
10	Do majeur + seizième (fa#) (pédale (sol))
11	Ré majeur + septième (do) (pédale (sol))
12	Sol majeur + septième (fa)
13	Do majeur + septième (sib)
14	Fa majeur, Sol majeur + septième (fa)
15	Do majeur, Sol majeur
16	Do majeur

¹⁸ Cf. [Bach, 1897 : 37]. La partition du prélude se trouve dans la page suivante.

Prelude

Johann Sebastian Bach

Allegro non troppo. ($\text{♩} = 88$)

The image displays a musical score for a Prelude by Johann Sebastian Bach, consisting of four systems of piano notation. Each system includes a treble clef staff and a bass clef staff. The first system begins with a forte (*f*) dynamic and a tempo marking of "Allegro non troppo. ($\text{♩} = 88$)". The second system features a mezzo-forte (*mf*) dynamic. The third system includes a *cresc.* (crescendo) marking and a forte (*f*) dynamic. The fourth system concludes with a *rit.* (ritardando) marking and a final forte (*f*) dynamic. The score is annotated with numerous fingering numbers (1-5) and includes various musical symbols such as slurs, accents, and dynamic markings. The piece is in G major and 3/4 time.

Figure 20a

Après avoir élucidé la structure harmonique de ce prélude, nous pouvons imaginer que son son fondamental aurait une sonorité qui consisterait en une sorte de « cacophonie » car nous entendrions, chose à vérifier, tous ces accords ensemble.

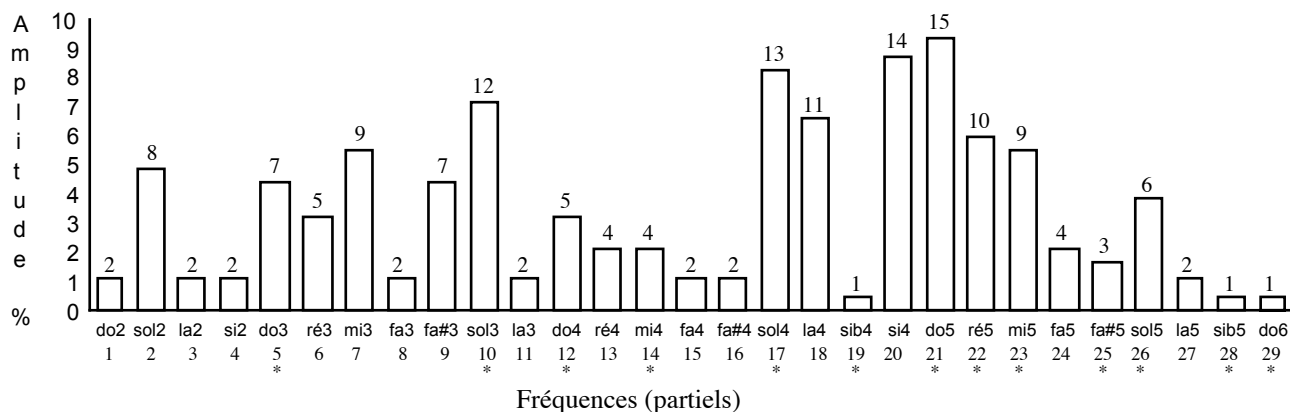
Partiel	Nom	Fréquences	Utilisation (nombre de fois)	Amplitude
29	do6	1046.50 Hz	1	0.54 %
28	sib5	932.33 Hz	1	0.54 %
27	la5	880.00 Hz	2	1.08 %
26	sol5	783.99 Hz	7	3.84 %
25	fa#5	739.99 Hz	3	1.64 %
24	fa5	698.46 Hz	4	2.19 %
23	mi5	659.26 Hz	10	5.49 %
22	ré5	587.33 Hz	11	6.04 %
21	do5	523.25 Hz	17	9.34 %
20	si4	493.88 Hz	16	8.79 %
19	sib4	466.16 Hz	1	0.54 %
18	la4	440.00 Hz	12	6.59 %
17	sol4	392.00 Hz	15	8.24 %
16	fa#4	369.99 Hz	2	1.08 %
15	fa4	349.23 Hz	2	1.08 %
14	mi4	329.63 Hz	4	2.19 %
13	ré4	293.66 Hz	4	2.19 %
12	do4	261.63 Hz	6	3.29 %
11	la3	220.00 Hz	2	1.08 %
10	sol3	196.00 Hz	13	7.14 %
9	fa#3	185.00 Hz	8	4.39 %
8	fa3	174.61 Hz	2	1.08 %
7	mi3	164.81 Hz	10	5.49 %
6	ré3	146.83 Hz	6	3.29 %
5	do3	130.81 Hz	8	4.39 %
4	si2	123.47 Hz	2	1.08 %
3	la2	110.00 Hz	2	1.08 %
2	sol2	97.99 Hz	9	4.94 %
1	do2	65.40 Hz	2	1.08 %

Structure du son fondamental du *Prélude* en do majeur de J.S.Bach

Figure 20b

La figure 20b, ci-dessus, montre la structure du son fondamental du Prélude de Bach. Le chiffre totalisateur de ce son fondamental est 182. Dans ce prélude, 29 sons différents sont utilisés. Nous pouvons apercevoir grâce au tableau que le son do5 est utilisé 17 fois dans ce prélude. Étant donné que ce son **do5** est le plus employé dans ce prélude, il se constitue théoriquement comme le plus prédominant par rapport au spectre de fréquences du son fondamental de cette pièce. Toutefois, nous constaterons en écoutant l'exemple sonore, (nous le proposerons plus bas) que ce son **do5** va se mêler avec les autres composants spectraux du

son fondamental. Ces autres composants sont presque tous des *partiels consonants*¹⁹ du son le plus bas (do2) du spectre de fréquences de ce son fondamental. Ces partiels étant : do2 (fondamental), (sol2, partiel consonant de sol3), do3, (mi3, partiel consonant de mi4), sol3, do4, (ré4, partiel consonant de ré5) mi4, (fa#4, partiel consonant de fa#5) sol4, sib4, **do5**, ré5, mi5, fa#5, sol5, sib5 et do6, (cf. figure 20, ci-dessous).



Spectre de fréquences du son fondamental du *Prélude* en do majeur de Bach

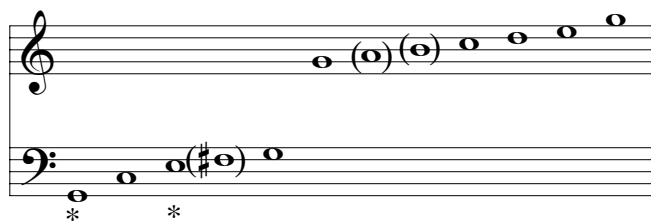
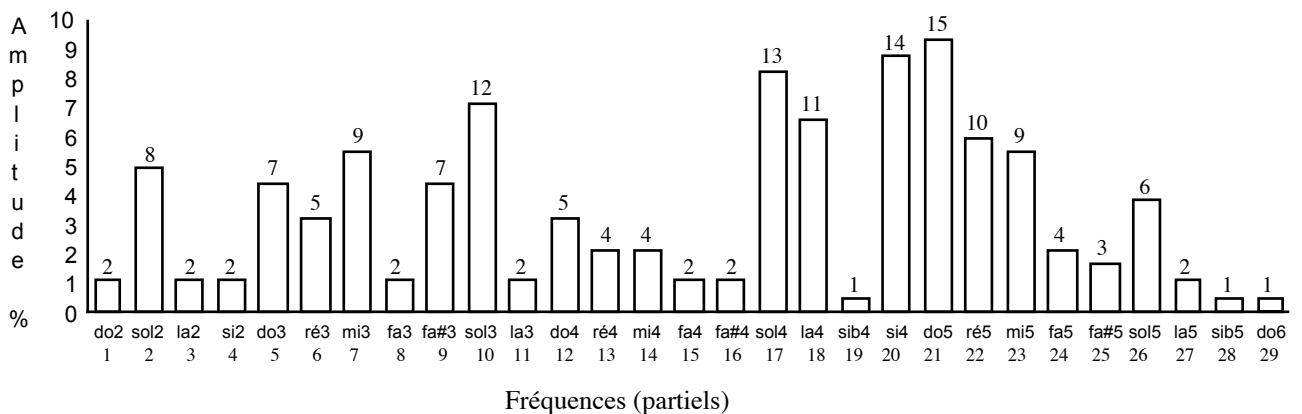
Figure 21

La figure 21 montre graphiquement le spectre de fréquences du son fondamental du Prélude en do majeur de Bach. Nous avons remplacé, par commodité, les fréquences par les noms de notes qui correspondent à chaque fréquence du spectre sonore. L'amplitude des sons est représentée en ordonnées. Nous pouvons vérifier, par exemple, que la première fréquence du son fondamental est do2 (65.40 Hz), le partiel numéro 1. Les numéros placés au-dessus de barres indiquent la couche spectrale à laquelle les fréquences appartiennent. Ainsi, dans le graphe, nous pouvons apercevoir que, par exemple, le partiel numéro 1 (do2) fait partie de la couche spectrale numéro 2 et ainsi de suite. Les astérisques au-dessous des chiffres des partiels indiquent les partiels harmoniques de la fréquence fondamentale (do2). Il est intéressant de constater que le numéro de couches spectrales du son fondamental de ce prélude est très élevé (15 couches) par rapport aux autres sons fondamentaux et sous-fondamentaux que nous avons analysés précédemment (de 2 à 5 couches).

¹⁹ À l'intérieur de la théorie musicale ondulatoire, un partiel inharmonique est entendu comme un **partiel consonant** quand il peut conformer un intervalle d'une ou plusieurs octaves ascendantes ou descendantes, par rapport à un autre partiel harmonique de la fréquence fondamentale d'un son fondamental ou sous-fondamental. Cf. 2. 25. : 181.

Ce qui est très significatif ici est le fait que la structuration des couches spectrales du spectre sonore de ce son fondamental obéit dans une certaine mesure à une « logique » harmonique, non pas dans le sens musical traditionnel de l'enchaînement des accords, mais plutôt dans un sens acoustique. Or, le mécanisme de répétitions des sons dans ce prélude de Bach s'inscrit dans une démarche compositionnelle de type tonale, c'est-à-dire que la répétition des sons obéit à une logique harmonico-tonale implicite. Logique musicale, nous le rappelons, qui est « modelé » par la liberté créatrice du compositeur.

Ce qui nous semble être quelque chose de très révélateur ici est le fait que la démarche tonale – au moins dans ce prélude de Bach – donne comme résultat, en ce qui concerne la structure du son fondamental, un son avec un spectre de fréquences qui est très proche d'un spectre harmonique. S'il est vrai que l'ordre des partiels dans le son fondamental du prélude est désordonné, par contre, les couches spectrales nous montrent qu'au niveau des amplitudes des partiels, une sorte d'équilibre harmonique (dans le sens acoustique du terme) est percevable. En prenant les partiels qui présentent un pourcentage d'amplitude au-dessus de 3 %, à savoir, les partiels qui conforment les couches spectrales 6 jusqu'au 15, nous obtenons une série de partiels presque harmonique du son do2 (cf. figure 22, ci-dessous), (cf. note de bas de page n° 22 *infra*, page 93).



Les notes entre parenthèses sont des partiels inharmoniques de do2

Les notes avec des astérisques sont des partiels consonants de do2

Les partiels qui conforment les couches spectrales 6 jusqu'au 15

Figure 22

Par contre, si nous « lisons » la série de partiels de ce son fondamental en partant de la région grave vers l'aiguë, alors nous aurions une série des partiels harmoniques presque complète, mais, avec d'autres partiels inharmoniques ou consonants, selon le cas, donc étrangers à l'ordre de partiels harmoniques (partiels multiples entiers de Do) (cf. figure 23 ci-dessous).

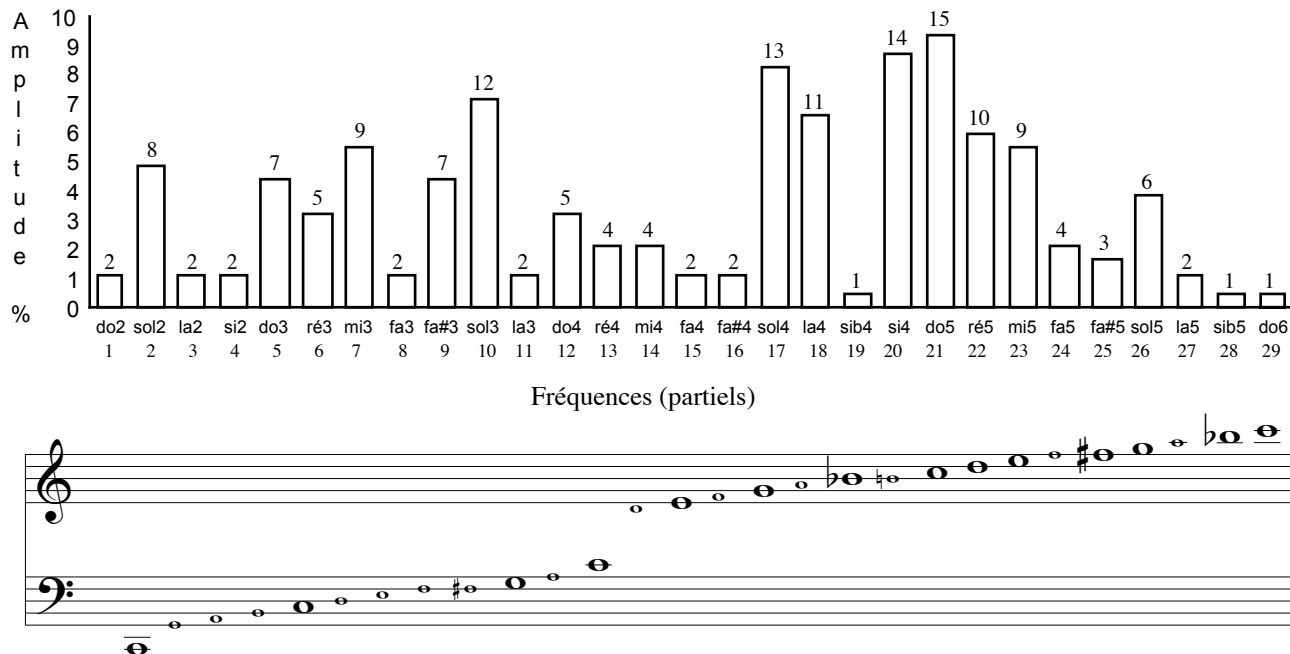


Figure 23

Dans la figure 23, ci-dessus, les grandes notes représentent les fréquences qui suivent l'ordre de partiels harmoniques de la fréquence fondamentale Do2. Les petites notes représentent des partiels inharmoniques (consonants ou non) de Do2 (cf. la note de bas de page numéro 19, page 88), mais ces fréquences ne respectent donc pas l'ordre des partiels multiples entiers de Do2. L'on peut aussi remarquer que les notes *Do* sont présentes dans tous les registres (do2, do3, do4, do5 et do6) (cf. figure 24, ci-dessous).

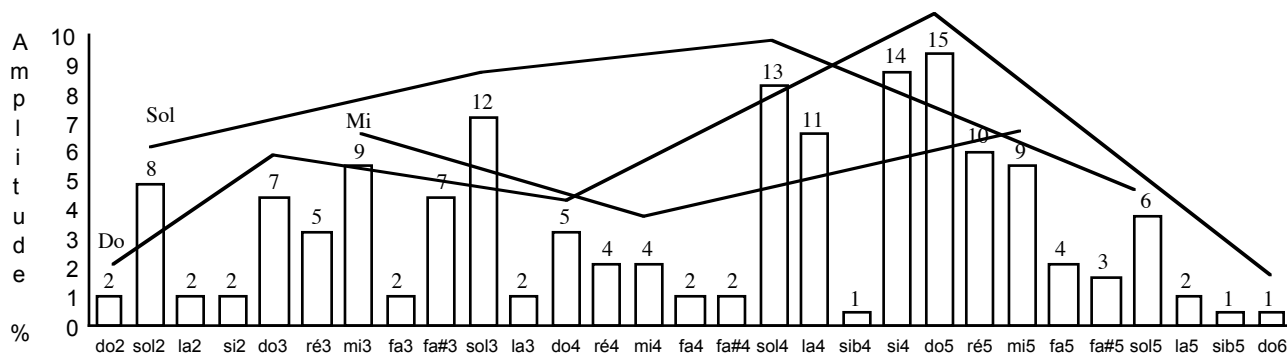


Figure 24

Nous pouvons constater que le son do2 étant la fréquence fondamentale n'est utilisé que deux fois dans la pièce. Le do3 est utilisé 8 fois. Le do4, 6 fois. Le do5, lui est utilisé 17 fois. Le do6 (dernière fréquence du spectre de fréquences du son fondamental) n'est utilisé qu'une seule fois.

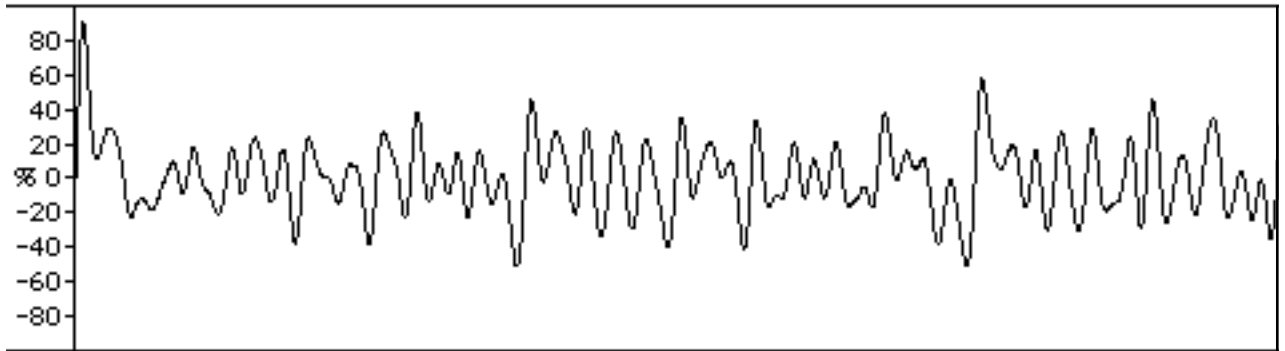
D'un autre côté, les sons Sol sont présents quatre fois dans le spectre de fréquences du son fondamental. Le premier Sol (sol2) étant le deuxième partiel du son fondamental a un pourcentage de fréquence très haut par rapport au do2, do2 qui est la fréquence fondamentale du son fondamental (cf. figure 24, ci-dessus). Nous avons le son sol3 avec un pourcentage d'amplitude de 7.14 %, c'est-à-dire qu'il est utilisé 13 fois dans la pièce, suivi du son sol4 qui est utilisé 15 fois dans le prélude. Enfin, le son sol5 qui lui a un pourcentage d'amplitude de 3.84 %.

La somme d'amplitudes de tous les sons *Do* donne 18.64 %. La somme d'amplitudes de tous les sons *Sol* donne 24.16 %. Cela veut dire que théoriquement les sons *Sol* vont être plus présents que les sons *Do* dans la sonorité du son fondamental. Mais il ne faut pas oublier qu'au niveau de la perception auditive, il est fort probable que l'ouïe écoutera aussi des *harmoniques subjectifs*, ce qui produirait dans certaines personnes une propension à écouter plus les sons *Do* que les sons *Sol*.²⁰

Nous pouvons constater aussi que d'autres partiels importants pour la configuration spectro-harmonique de ce son fondamental sont aussi présents. Ces partiels agissent, nous dirons, d'une manière presque logique, pour donner un équilibre harmonique tout à fait remarquable au son fondamental du prélude de Bach.

Par exemple, les sons *Mi* sont présents dans tout l'étendu des registres (de do2 à do6). Les sons mi3 et mi5 ont un pourcentage égal de 5.45 %, tandis que le son mi4 comporte un pourcentage d'amplitude de 2.19 % (cf. figure 24, ci-dessus). Le son Sib, étant un autre composant harmonique important, est présent, mais de manière très faible.

²⁰ (Cf. [Gribenski, 1994 : 63 et sq.]).



L'onde du son fondamental du prélude en Do majeur de Bach (cf. Exemple-10).

Figure 25

2.1.8. Conclusion

Notre démarche en ce qui concerne l'application du concept de son fondamental et sous-fondamental dans certaines œuvres musicales nous a permis :

Premièrement, de vérifier notre hypothèse selon laquelle « *Le son fondamental est un son complexe, conformé par tous les sons utilisés dans une œuvre donnée* » (cf. 2.1. : 57). Nous avons aussi pu constater en conséquence que le son fondamental « *... restitue dans un seul élément sonore, le son fondamental, les sons qui constituent l'œuvre musicale.* » (cf. 2.1.3. : 65). Il faut rappeler que nous avons entrepris notre démarche en nous **inspirant** du très célèbre théorème de Fourier dans lequel « *... toute onde périodique de fréquence N pouvait être décomposée en une somme infinie d'ondes sinusoïdales de fréquences respectives $N, 2N, 3N, 4N...$* » [Matras, 1987 : 25], [Pierce, 1985 : 42 et sq.].

Justement, en entendant l'œuvre musicale comme étant un son unique très complexe, nous avons pu imaginer que chaque son (fréquence) utilisé dans l'*œuvre musicale*²¹ devient

²¹ Nous rappelons que l'œuvre musicale est conçue, à l'intérieur du système musical ondulatoire, comme « *un son complexe qui se déploie dans le temps étant la projection des fréquences contenues dans un son fondamental déterminé* » (cf. 2. : 5).

l'un des composants – *les ondes sinusoïdales du théorème de Fourier* – de la totalité de fréquences qui conforment le son fondamental d'une œuvre musicale quelconque.

L'onde périodique du théorème de Fourier est représentée ici par **le son fondamental**, et **chaque son utilisé dans l'œuvre**, représente ici, **les ondes sinusoïdales** du théorème de Fourier.

Il est évident qu'il ne s'agit pas de construire des sons fondamentaux ou sous-fondamentaux harmoniques, c'est-à-dire suivant le théorème de Fourier, « des fréquences respectives N , $2 N$, $3 N$, $4 N...$ », car, il est évident qu'il serait très rare de trouver des œuvres musicales dans lesquelles tous les sons seraient des fréquences *multiples entières* d'une fréquence fondamentale.²²

En conséquence, les sons fondamentaux ou sous-fondamentaux d'une œuvre donnée seraient dans la plupart des cas, des sons complexes avec un spectre de fréquence de type inharmonique.

Il est très important de faire noter que chaque partiel contenu dans un son fondamental ou sous-fondamental donné devient, à partir du moment où il est affecté à un instrument donné, un *son fondamental naturel*, c'est-à-dire une fréquence fondamentale avec un spectre de fréquences propre à l'instrument auquel il est affecté dans la partition.

Prenons par exemple la note la_5 (440 Hz, ou 442 Hz). Cette fréquence est une onde sinusoïdale pendant qu'elle fait partie d'un son fondamental ou sous-fondamental. À partir de l'instant où le compositeur décide par exemple que ce son la_5 soit joué par une clarinette, alors ce son (l'onde sinusoïdale) devient en théorie un son complexe dans la partition, donc une fréquence fondamentale (440 Hz) avec un spectre de fréquences constitué des partiels impairs comme c'est le cas des sons que produit la clarinette (cf. [Tipler, 1977 : 623]).

En partant de ce constat, *nous pouvons énoncer un postulat capital* qui consiste en ce que **les fréquences (les partiels) contenues dans un son fondamental ou sous-fondamental**

²² Il faut rappeler que le tempérament musical (apparu en 1691) qui consiste en la division de la gamme chromatique en douze intervalles exactement égaux de valeur de $\sqrt[12]{2}$ n'est pas en exacte relation par rapport aux valeurs qui correspondent aux partiels entiers d'une fréquence fondamentale (cf. [Grijalbo, 1977: 5], [Risset, 1977 : 5 et sq.]). Cela veut dire que presque toute la musique basée sur la gamme tempérée est déjà plus proche de la notion d'inharmonicité que de celle d'harmonicité dont nous parlerons plus bas.

donné sont des composants sinusoïdaux d'un son fondamental ou sous-fondamental quelconque. Cependant, à partir du moment où ces partiels sont affectés à un instrument musical donné, c'est-à-dire une fois qu'ils font partie d'une partition ou du plan graphique d'une œuvre musicale donnée, ces partiels deviennent alors des sons complexes dans un point de vue théorique. De la même manière, lorsque l'œuvre est jouée ou reproduite par des haut-parleurs, à ce moment-là, chaque son attribué dans la partition à un instrument donné se transforme en un groupe d'ondes sinusoïdales. Ce groupe d'ondes sinusoïdales est en réalité un spectre de fréquences qui va se mélanger, à son tour, au processus ondulatoire acoustique (cf. (1.4.1. : 44) et (1.4.3. : 49) *supra*) donc, au son unique et très complexe qui est l'œuvre (cf. (2.2 : 103) et suivantes, *Infra*).

Deuxièmement, nous avons pu constater dans les exemples proposés que, selon les cas, chaque son fondamental ou sous-fondamental devient des véritables « *portraits sonores de l'œuvre* » (cf. 2.1.1. : 60) lesquels nous révèlent de manière suffisamment précise le degré de « tonal » ou de « non tonal (atonal) » de l'œuvre. Nous avons employé les notions de « tonale » et « d'atonale » attribuables à l'œuvre musicale, même si celles-ci peuvent s'avérer dépassées dans un certain sens, pour mieux expliciter la spécificité sonore de l'œuvre, spécificité tonale ou atonale que l'œuvre musicale va révéler une fois que d'abord nous ayons accompli la synthèse, l'analyse et ensuite, l'écoute du son fondamental.

Nous avons constaté, après avoir synthétisé le son fondamental d'une œuvre nettement sérielle telle que *Structures* Ia de Boulez (mesures 1 à 31), que, dans ce cas-là, le son fondamental s'était avéré être un son (inharmonique) que l'on peut qualifier de dissonant par rapport au système musical tonal.

Nous avons aperçu, dans le cas d'une œuvre telle que la deuxième pièce pour piano (*II*) de l'opus 19, de Schönberg – œuvre que nous pouvons situer en « demi-chemin » entre ce que l'on appelle l'aspect tonal et l'aspect atonal en musique – que le son fondamental de cette pièce est moins « dissonant » que celui de *Structures* de Boulez. Nous avons constaté que ce que l'on entend communément en musique par « polarisation sonore », s'avère être aussi

percevable dans le son fondamental d'une pièce où nous trouverions ce phénomène de polarisation sonore. Dans le cas de cette pièce de Schönberg, cette notion de polarisation se révèle sur une forme d'ostinato qui consiste en l'utilisation persistante des notes sol⁴ et si⁴.

Or, après avoir synthétisé et écouté le son fondamental de la deuxième pièce de l'opus 19 de Schönberg, nous avons remarqué que sa sonorité est aussi « polarisée » par ces deux notes sol⁴ et si⁴. Cependant, les notions de « tonal » ou « d'atonal » ne sont plus adéquates pour expliciter la particularité sonore globale d'une œuvre, *particularité rendue évidente grâce au son fondamental*. C'est ainsi que nous utiliserons dorénavant les concepts « d'harmonicité et d'inharmonicité » à la place de « tonal et atonale » respectivement. La notion d'harmonicité serait donc liée à la notion de son harmonique (partiels multiples entiers de la fréquence fondamentale), et celle d'inharmonicité serait liée à la notion de son inharmonique (partiels multiples non-entiers de la fréquence fondamentale).²³

Par rapport au concept de son fondamental, nous entendrons par **son fondamental harmonique**, un son fondamental dont la sonorité **s'approcherait** d'un son harmonique et, par **son fondamental inharmonique**, nous entendrons un son fondamental dont la sonorité **s'approcherait** d'un son inharmonique.

Nous utiliserons aussi le terme d'harmonicité ou d'inharmonicité pour désigner la spécificité sonore d'une œuvre. Nous pouvons donc déduire que :

- la section de *Structures* Ia de Boulez que nous avons analysée précédemment (mesures 1-31) exhibe une tendance très marquée vers l'inharmonicité sonore (son fondamental inharmonique). L'on peut donc dire aussi que c'est une pièce inharmonique.

- *Erdenklavier* pour piano solo de Berio présente, dans sa globalité, une propension sonore partagée entre l'harmonicité et l'inharmonicité. Cependant, cette œuvre est plus harmonique qu'inharmonique, car dans la structure de son son fondamental, les sons sol⁴ et si⁴ sont les plus prédominants. La somme de leurs pourcentages d'amplitude dépasse les 56 %. L'on peut donc dire que c'est une pièce harmonique.²⁴

²³ À propos de la tonalité et la dissonance, nous recommandons [Schönberg 1977 : 207-223].

²⁴ Nous expliciterons plus loin comment déduire de façon effective la pertinence harmonique ou inharmonique d'un son fondamental ou sous-fondamental.

Nous avons ensuite synthétisé le son fondamental d'une pièce nettement tonale, nous avons choisi le *Prélude* en Do majeur de Bach. Dans le son fondamental de ce prélude, nous avons constaté un très haut degré d'*harmonicité sonore*. C'est avec cette pièce de Bach que nous avons compris de façon encore plus précise que d'abord, le son fondamental ou sous-fondamental d'une œuvre donnée s'avère être un outil qui permet de renseigner de façon tangible le caractère « tonal (harmonique) » ou « atonal (inharmonique) » d'une œuvre.

En conséquence, nous pouvons postuler que, plus l'œuvre est tonale, plus son son fondamental sera harmonique. Plus l'œuvre est « atonale », plus son son fondamental sera inharmonique.²⁵

Subséquentement, le son fondamental d'une œuvre donnée nous renseigne aussi sur l'équilibre sonoro-structurel de l'œuvre. Par exemple, dans le prélude de Bach dont nous avons synthétisé le son fondamental, nous avons pu observer comment la répartition des sons du spectre de fréquences du son fondamental est tributaire de la logique formelle qui est donnée dans l'œuvre par le compositeur. Dans le cas du prélude de Bach, cette logique compositionnelle formelle est d'ordre tonal. C'est ainsi que nous trouverons dans la structure spectrale du son fondamental de ce prélude que *les partiels harmoniques de la fréquence fondamentale sont les plus répétés* (cf. figure 20b, *supra*).

Dans le cas d'une œuvre sérielle très stricte telle que *Structures* Ia de Boulez, nous avons observé que le son fondamental de cette œuvre est d'une complexité spectrale très prononcée. Le son fondamental de cette œuvre (mesures 1 à 31) est conformé par un grand nombre de partiels (52 au total). Ces partiels sont organisés en 5 couches spectrales où chacune d'entre elles – à l'exception de la cinquième qui ne contient qu'un seul partiel – comporte un grand nombre de partiels différents. Nous avons repéré que ces couches spectrales rassemblent un grand nombre de sons, à savoir, 14 pour la première couche, 22

²⁵ Il est intéressant de souligner que, dans certaines œuvres de musique post-sérielle, la stratégie compositionnelle sur le plan sonore est axée sur des formes de polarisation sur certains sons de façon à produire un équilibre harmonique – dans le sens acoustique du terme – aux œuvres. C'est le cas par exemple de la *Sequenza VII* de Berio pour hautbois solo (cf. [Berio, 1971b]). Dans cette œuvre, le compositeur a choisi qu'un son Si⁴ soit joué et entretenu par un instrument autre que le hautbois tout au long de l'œuvre. Ce même son si⁴ est aussi utilisé ou joué par le hautbois de façon très persistante au cours de l'œuvre (cf. [Stoianova, 1985 : 433 et sq.]). Dans ce type d'œuvres la répétition ou polarisation de certains sons produirait des sons fondamentaux ou sous-fondamentaux harmoniques (cf. page précédente).

pour la deuxième, 9 pour la troisième et 6 sons pour la quatrième couche spectrale.

Grâce à l'analyse de la structure de chaque couche spectrale du son fondamental de *Structures* Ia de Boulez nous avons constaté que la stratégie compositionnelle utilisée par Boulez dans la section de l'œuvre que nous avons analysée, se caractérise par un sens de la répétition que nous pouvons qualifier de sérielle. Ce qui se répète dans l'œuvre n'est pas un son, un partiel harmonique, mais plutôt des groupes des notes, une ou plusieurs séries. C'est ce procédé séquentiel d'agencement des sons – agencement dans le cas de *Structures* d'ordre strict – c'est-à-dire qui respecte l'ordre séquentiel des sons de chaque série,²⁶ qui donne comme résultat de grands groupes de sons différents qui sont répétés peu de fois (cf. *supra*, cf. figure 7, *supra*).

Cet ainsi que dans la première couche spectrale, 14 sons différents se répètent une fois. Dans la deuxième, 22 sons différents se répètent 2 fois. Dans la troisième couche, 9 sons différents se répètent 3 fois. Dans la quatrième couche spectrale, 6 sons différents se répètent 4 fois, et enfin, dans la cinquième couche spectrale de *Structures*, un seul son (fa#3) se répète 5 fois.

Nous avons choisi de pratiquer l'analyse additive de Fourier pour construire des sons fondamentaux ou sous-fondamentaux avec des ondes sinusoïdales car nous pensons que c'est la façon la plus neutre possible qui permet de mettre en évidence la caractéristique sonore d'une œuvre donnée. Or, la sonorité d'un son fondamental ou sous-fondamental d'une pièce pour piano par exemple (ou un autre instrument) qui serait obtenu à partir de la méthode de synthèse additive de Fourier, ne sonnera jamais comme la sonorité de l'instrument ou les instruments à partir desquels il est construit.

C'est justement pour cette raison que nous pourrions comparer des sons fondamentaux ou sous-fondamentaux de n'importe quel type de support acoustique. Mais une démarche qui permettrait de rendre compte, dans un son fondamental, du timbre des instruments par exemple d'une œuvre orchestrale est envisageable.

Or, la construction d'un son fondamental ou sous-fondamental qui inclurait des

²⁶ Cf. Analyse de *Structures* de Boulez par Ligeti, (Ligeti, 1960 : 36-62).

informations timbriques d'une œuvre donnée consisterait en l'exécution de deux processus, à savoir :

1) Le processus que nous avons démontré précédemment (synthèse additive)

2) Le comptage instrumental, qui consisterait à faire un relevé du nombre de fois d'apparition de chaque instrument. Ce serait en fait le même processus que nous appliquons aux sons, cette fois-ci, nous aurions des pourcentages qui correspondraient au nombre d'apparition de chaque instrument. De cette façon, nous aurions des sons fondamentaux ou sous-fondamentaux conformés par deux structures à savoir, la première avec les pourcentages d'amplitude des partiels, et la deuxième avec les pourcentages *d'amplitude instrumentale*. Nous espérons pouvoir développer ces types des sons à l'aide d'un programme informatique qui serait prévu à cet effet, dans un cadre autre que celui de cette thèse.

Cependant, dans certaines œuvres caractérisées par une complexité sonore accrue, dû aux sons complexes employés (surtout inharmoniques), il est impossible de détecter avec exactitude les hauteurs des sons, comme dans le cas de certains œuvres de musique électroacoustique, acousmatique etc., ou quand une partition de musique écrite est incapable de décerner les détails concernant la hauteur des sons, dans ces cas-là, il faudrait :

Premièrement, déterminer s'il existe une partition adéquate de l'œuvre en question. Dans le cas où la partition rendrait compte de façon acceptable du fonctionnement sonore de l'œuvre, c'est-à-dire que l'on pourrait avoir avec un certain degré d'exactitude le suivi des fréquences utilisées, nous serions en condition d'établir le son fondamental de l'œuvre. Or, il est évident que, dans ce type d'œuvres électroacoustiques, acousmatiques etc., il ne s'agit pas d'œuvres où la hauteur serait un trait prépondérant. En conséquence, les sons fondamentaux et sous-fondamentaux de ces œuvres doivent rendre compte du timbre aussi (cf. *supra*, à propos du comptage instrumental). Dans le cas d'œuvres électroacoustiques, acousmatiques etc., le comptage instrumental serait remplacé par un *comptage timbrique*, c'est-à-dire que chaque type de son ou objet sonore serait pris en considération. Ce serait aussi le cas pour des œuvres pour percussion solo comme par exemple *Ionisation* de Varèse. Dans ce type d'œuvres, il

faudrait choisir, selon les cas, s'il est question d'appliquer la technique de comptage des sons (notes) et/ou l'instrumentale.

Deuxièmement, s'il n'existe pas une partition de l'œuvre à laquelle nous voulons extraire le son fondamental ou sous-fondamental, Il faudrait d'abord, réaliser une partition de type graphique dans laquelle les événements sonores seraient représentés par une série des points, des lignes etc., dans un espace cartésien à deux dimensions. Pour ce type de représentation, nous nous baserons sur le concept de *donnée ondulatoire* que nous avons déjà introduit précédemment (cf. d : 18). Pour ce faire nous concevrons chaque instant sonore de l'œuvre en question, comme étant un ensemble d'événements sonores. Nous rappelons que « l'ensemble d'événements sonores étant situé dans un moment précis de l'espace temporel d'une pièce de musique donnée, est conçu comme un son complexe dont la fréquence la plus basse est prise comme la « fondamentale » des fréquences contenues dans l'ensemble » (cf. 1.2.4. : 18). Il faudrait donc établir le degré de périodicité relative à chaque donnée ondulatoire, c'est-à-dire, déterminer la périodicité entre chaque donnée. Ce degré de *périodicité ondulatoire* sera donné par l'œuvre elle-même, mais notre critère serait aussi important, pour choisir les moments significatifs d'un point de vue de la structure sonore de l'œuvre. Une fois que nous aurions établi la partition de l'œuvre en question, nous serions en condition d'extraire le son fondamental et les sons sous-fondamentaux. La prochaine étape consisterait en la réalisation du comptage timbrique que nous avons évoqué précédemment.

- Nous voudrions revenir à la question du tempérament musical vis-à-vis des partiels harmoniques et inharmoniques d'une fréquence fondamentale. Nous avons utilisé dans certains endroits de notre exposé la notation musicale pour représenter les partiels des sons fondamentaux et sous-fondamentaux. Mais les notes musicales ne suffisent pas pour représenter avec exactitude les valeurs correspondantes des certains partiels d'une fréquence fondamentale donnée. Nous avons utilisé les notes musicales pour des raisons pratiques, pour faciliter la compréhension du sujet traité.



Partiel	Nom	Fréquences (Tempérament)	Fréquences (Harmoniques multiples entiers)	Différence en Hz
25	sol#6	1661.20 Hz	1635.150 Hz	26.050 Hz
24	sol#6	1612.00 Hz	1569.744 Hz	42.256 Hz
23	sol6	1568.00 Hz	1504.338 Hz	63.662 Hz
22	solb6	1480.00 Hz	1438.932 Hz	41.068 Hz
21	fa6	1396.90 Hz	1373.526 Hz	23.374 Hz
20	mi6	1318.50 Hz	1308.120 Hz	10.380 Hz
19	mib6	1244.50 Hz	1242.714 Hz	1.786 Hz
18	ré6	1174.70 Hz	1177.308 Hz	2.608 Hz
17	do#6	1108.70 Hz	1111.902 Hz	3.202 Hz
16	do6	1046.50 Hz	1046.496 Hz	0.004 Hz
15	si5	987.77 Hz	981.090 Hz	6.680 Hz
14	sib5	932.33 Hz	915.684 Hz	16.646 Hz
13	lab5	830.61 Hz	850.278 Hz	19.668 Hz
12	sol5	783.99 Hz	784.872 Hz	0.882 Hz
11	fa#5	739.99 Hz	719.466 Hz	20.524 Hz
10	mi5	659.26 Hz	654.060 Hz	5.200 Hz
9	ré5	587.33 Hz	588.654 Hz	1.324 Hz
8	do5	523.25 Hz	523.248 Hz	0.002 Hz
7	sib4	466.16 Hz	457.842 Hz	8.318 Hz
6	sol4	392.00 Hz	392.436 Hz	0.436 Hz
5	mi4	329.63 Hz	327.030 Hz	2.600 Hz
4	do4	261.63 Hz	261.624 Hz	0.006 Hz
3	sol3	196.00 Hz	196.218 Hz	0.218 Hz
2	do3	130.812 Hz	130.812 Hz	0.000 Hz
1	do2	65.406 Hz	65.406 Hz	0.000 Hz

Figure 26 (a)

La figure 26 (a) montre les différences, très nettes, qui existent entre les valeurs réelles qui correspondent aux partiels d'une fréquence fondamentale (partiels harmoniques entiers) et ceux que l'on fait correspondre aux sons du système tempéré. La portée désignée avec la lettre A, montre en notation musicale ces différences avec des flèches ajoutées aux altérations des notes. La portée désignée avec la lettre B, montre la façon usuelle dans laquelle sont représentés les partiels en notation musicale. Si nous comparons les deux portées, nous constaterons qu'il faudrait ajouter aux notes des flèches, comme nous l'avons fait dans la portée A. Nous pouvons observer, en comparant les deux portées, que les valeurs des

fréquences des partiels ne correspondent pas à celles de la fréquence fondamentale (Do2) sauf celles des sons do3, do4, do5, et do6. Le tableau de la figure 26 (a) nous donne avec précision les valeurs de 25 premiers partiels du son Do2 (65.406 Hz), colonne *Fréquences (Harmoniques multiples entiers)*. La colonne *Fréquences (tempérament)* indique les valeurs de notes (fréquences) du système tempéré. La colonne *Différences en Hz* indique le rapport de différence qui existe entre les valeurs des partiels harmoniques réels et celles de notes musicales tempérées. Or, l'emploi de la notation de partiels d'un son fondamental avec des notes sur une portée, ou parfois simplement avec les noms de notes, s'avère être d'usage très courant en musique et même en acoustique musicale. Cependant le tempérament musical – nous le rappelons, qui consiste en la division de la gamme chromatique en douze intervalles exactement égaux de valeur de $12\sqrt[2]{2}$ – ne peut pas donner complètement l'exacte relation qui existe entre certains partiels harmoniques ou inharmoniques d'une fréquence fondamentale.²⁷ Dans notre exposé précédent, nous avons parlé de partiels harmoniques d'une fréquence fondamentale (surtout dans le *Prélude* de Bach) tout en sachant que les notes tempérées ne sont pas en correspondance exacte avec les véritables valeurs des parties harmoniques.

Ainsi, nous allons utiliser dorénavant le terme de **partiel anharmonique** au lieu de celui de partiel harmonique pour nommer les sons du système tempéré qui ne sont pas des véritables partiels harmoniques d'une fréquence fondamentale donnée. Nous entendrons donc par partiel *anharmonique* : un partiel d'une fréquence fondamentale donnée qui se trouve à une distance relativement proche d'un partiel harmonique réel de cette fréquence fondamentale. Par exemple, le son mi4, cinquième partiel (non réel) de la fréquence (fondamentale) 65.406 Hz (do2), est un partiel anharmonique de Do2, car le cinquième partiel harmonique de cette fréquence do2 (65.406 Hz) est 327.030 Hz et non 329.63 Hz du système tempéré. La figure 26 (b) (ci-dessous) montre les partiels (en notation musicale) de la fréquence (65.406 Hz) Do2. Dans la rangée (A) nous avons marqué avec un astérisque (au-dessous des notes) les partiels harmoniques de Do2 qui correspondent avec certaines notes du système tempéré. Dans la rangée (B) nous avons marqué, également avec des astérisques (au-dessous des notes), les notes du système tempéré qui ne correspondent pas aux valeurs

²⁷ Cf. [Cogan, 1984 : 438].

2.2. L'œuvre musicale (œuvre-son)

Une pièce de musique – qu'elle soit acoustique ou électroacoustique – est un son complexe qui se déploie dans le temps, étant la projection des fréquences contenues dans un son fondamental déterminé, et, par conséquent sa structure temporelle, d'amplitude, timbrique ou spectrale, change constamment par rapport au temps.

Nous allons étudier ce deuxième concept de base, le concept *d'œuvre musicale*, au sens large du terme, en trois étapes. Premièrement, nous allons expliquer comment l'œuvre musicale est « un son complexe qui se déploie dans le temps ». Deuxièmement, nous expliciterons comment cette *œuvre-son* est la projection des fréquences contenues dans un son fondamental donné. Troisièmement, nous éluciderons comment la structure temporelle, d'amplitude, timbrique ou spectrale de l'œuvre-son (œuvre musicale), change constamment par rapport au temps.

2.2.1. L'œuvre musicale, un son complexe qui se déploie dans le temps

Tout en sachant que généralement une pièce de musique est constituée de plusieurs sons se déployant dans le temps, la question qui émerge, sans doute est, comment alors, peut l'œuvre musicale être un son? Autrement dit, comment peut-on expliquer qu'*elle est un son* et non pas *plusieurs sons*? Pour démontrer cela, nous allons nous baser de l'évidence acoustique selon laquelle « Le son est une onde » [Matras, 1987 : 7].

C'est justement à partir de cette évidence, physique donc nettement objective, dont nous établirons notre définition propre d'œuvre musicale. Cette notion d'œuvre-son, nous ne l'assimilerons donc pas aux travaux réalisés en phénoménologie de la perception.³¹ *Notre notion d'œuvre musicale ou œuvre-son émerge donc d'un constat plutôt objectif (acoustique) que subjectif (psychologique ou phénoménologique de la perception).*

³¹ Nous rappelons l'existence des thèses totalement opposées à notre conception objective (acoustique) de la musique. Nous pouvons citer, entre autres, la position nettement phénoménologique (Husserl) de la musique qui soutient Pierre Schaeffer notamment dans son célèbre *Traité des Objets Musicaux* (cf. [Schaeffer, 1966 : 202, 203, 262, 263-272]) ; cf. aussi, *Les Fondements de la Musique dans la Conscience Humaine* [Ansermet, 1961 : 7-35].

Si « le son est une onde », alors une pièce de musique (ici nous faisons référence à son exécution) **qui est aussi une onde sonore complexe** (un processus ondulatoire acoustique, (cf. 1.4.5. : 54), **est alors et en conséquence un son.**

La figure 27 ci-dessous montre les trois premiers sons de *Intégrales* pour ensemble de vents et percussion du compositeur Edgard Varèse.³² Dans la partie supérieure du graphique, (A) nous pouvons apercevoir l'onde produite par la suite de ces trois sons (ré5, lab5 et sib5) joués par une clarinette en mib. La partie inférieure (B) montre le sonagramme correspondant à chaque son. Il faut rappeler que nous avons choisi d'appliquer une analyse très fine, en ce qui concerne la partie spectrale de cet exemple, de façon à concentrer l'attention visuelle sur les trois sons (ré5, lab5 et sib5) et non pas sur l'infinité des partiels que chaque son comporte. C'est pour cela que nous avons borné l'étendu du spectre de fréquences de cet exemple de 60 à 1100 Hz. Les lettres (a et b) en minuscules montrent dans le graphe la persistance des sons ré5 et lab5, persistance produite par la réverbération propre à l'enregistrement que nous avons choisi pour l'analyse.

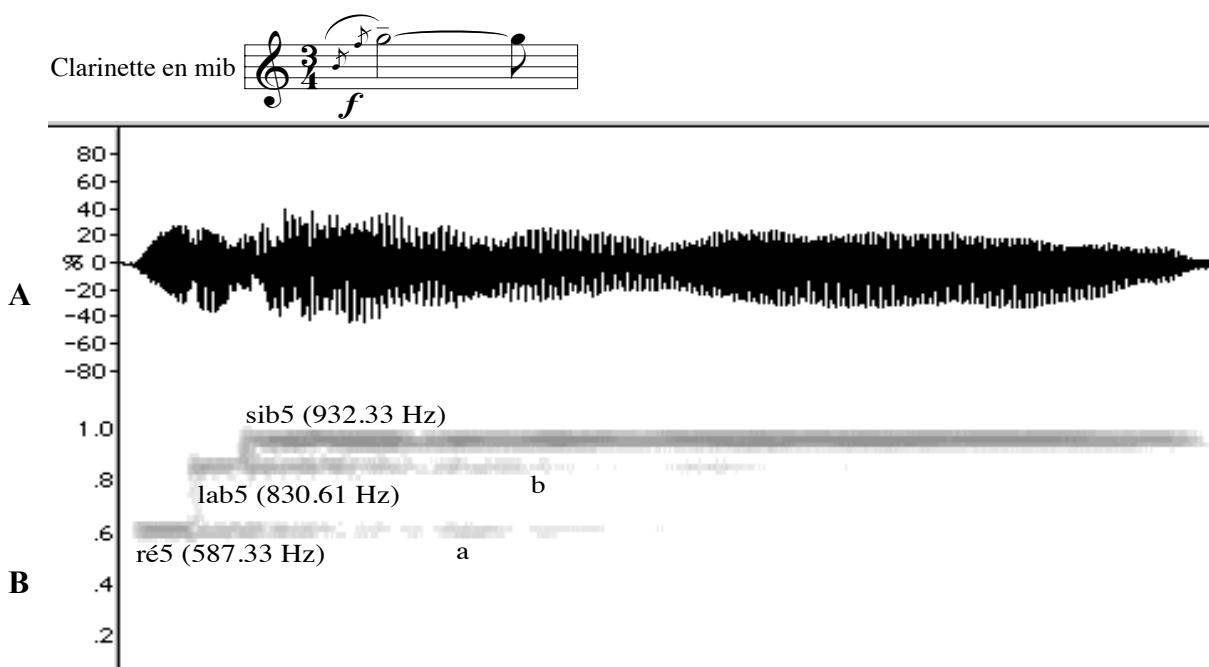


Figure 27

³² [Varèse, 1966].

La figure 28 (A) ci-dessous montre le début de l'émission du son ré5 (42.6 millisecondes) de *Intégrales* de Varèse (cf. exemple sonore : Exemple-11).

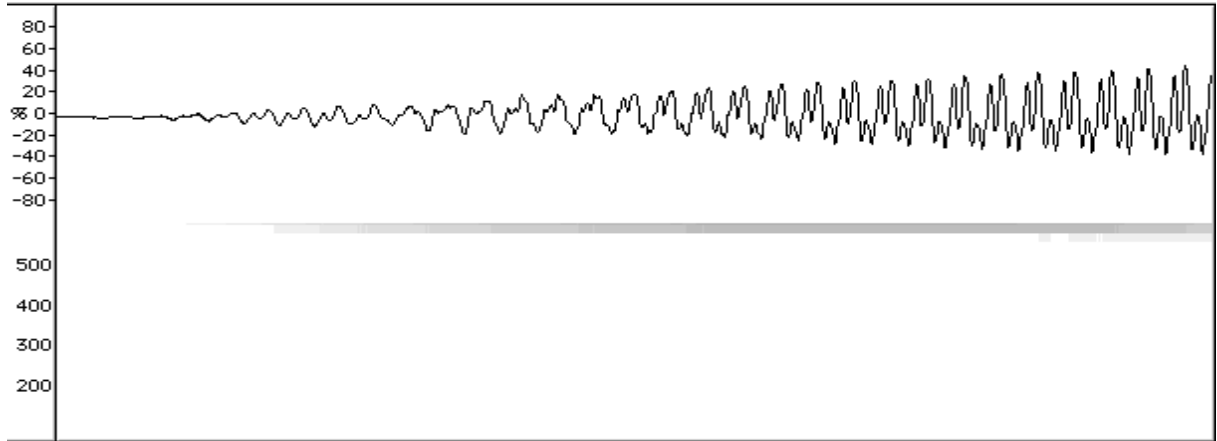


Figure 28 (A)

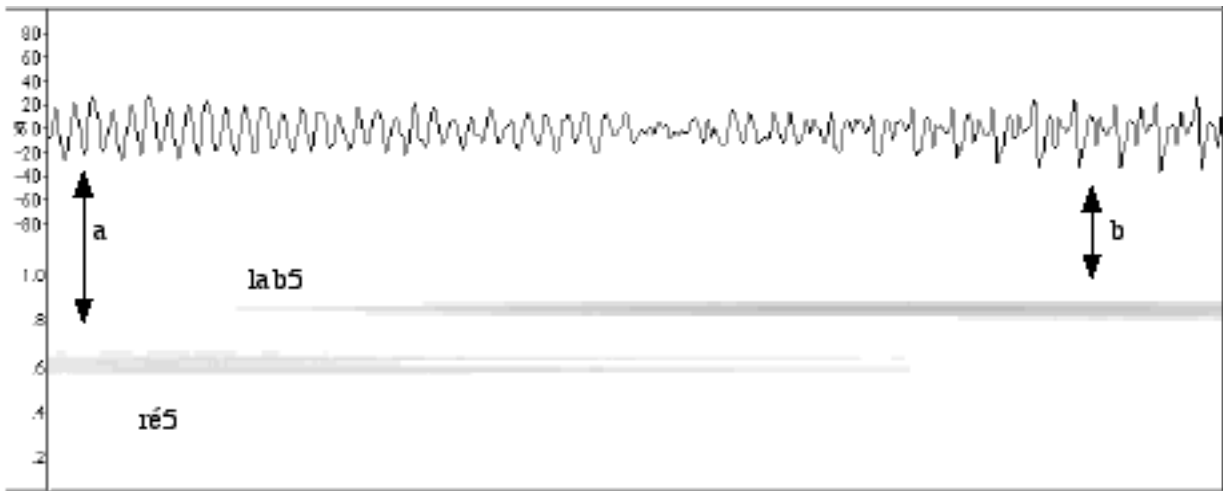


Figure 28 (B)

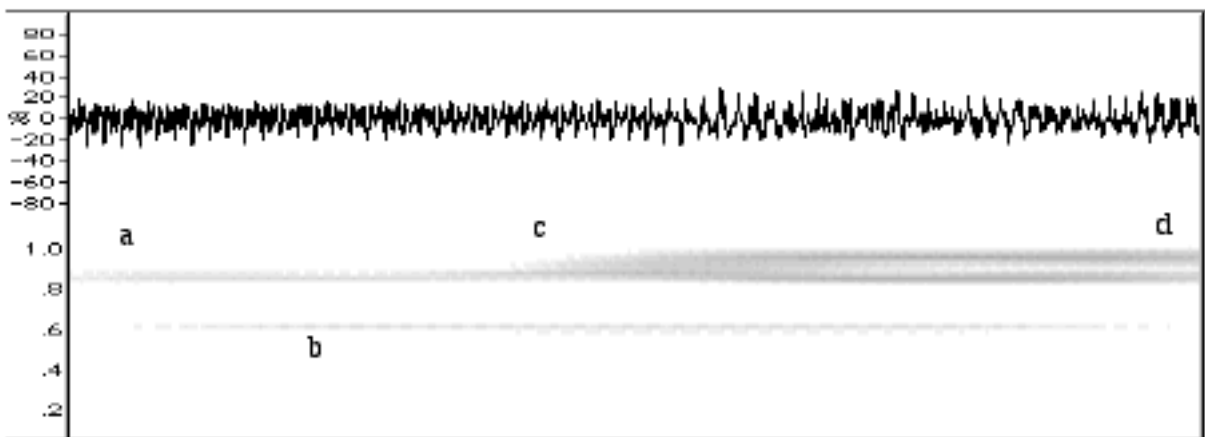


Figure 28 (C)

Dans la figure 28 (B) ci-dessus, le graphique montre le moment de transition entre le son ré5 et lab5. Il est intéressant d'observer que l'onde du passage analysé (a) va se transformer graduellement en une autre forme d'onde bien définie (b) qui correspond au son lab5 toujours joué par la clarinette en mib.

La figure 28 (C) ci-dessus (page précédente) montre le moment de transition entre les sons lab5 et sib5. La lettre (a) montre le sonagramme du son lab5. La lettre (b), représente le sonagramme du son ré5 qui persiste comme conséquence du phénomène de réverbération.

La région démarquée avec la lettre (c) permet de visualiser la transition entre le son lab5 au son sib5. Enfin, la lettre (d) montre dans le graphique le moment où le son sib5 s'établit de façon plus nette. Il est intéressant d'observer que les autres sons ré5 et lab5 sont encore présents dans le sonagramme dû à l'effet de réverbération utilisée dans l'enregistrement que nous avons choisi pour l'analyse.

L'exemple suivant (figure 29 ci-dessous) montre les mêmes trois sons (ré5, lab5 et sib5) utilisés dans les exemples précédents auxquels nous avons ajouté un son *fa#2* produit par un oscillateur d'ondes sinusoïdales. Nous apercevons d'abord l'onde produite par le son *fa#2* (a). Ensuite, nous apercevons toujours l'onde produite par le son *fa#2* dans laquelle s'ajoute le son *ré5* joué par la clarinette en mib (b). Tout de suite après, nous apercevons dans le graphique, la somme des sons *fa#2*, produite par le générateur sinusoïdal, et du son *lab5* joué, ce dernier, par la clarinette en mib (c). Ensuite, nous avons le même son *fa#2* du générateur sinusoïdal mélangé avec le son *sib5* de la clarinette (d). Dans la lettre (e) du graphique nous apercevons le moment où le son *lab5* s'éteint. Enfin, nous avons de nouveau le son *fa#2* du générateur sinusoïdal tout seul (f) qui finisse l'exemple sonore (cf. Exemple-12).

Dans cet exemple sonore nous constaterons nettement la façon dans laquelle **les ondes sonores** produites par des corps sonores (dans notre exemple, il s'agit d'une clarinette en mib enregistré et un générateur (oscillateur) d'ondes sinusoïdales) **se somment (synthèse) pour devenir une seule onde sonore c'est-à-dire un seul son complexe. Un seul son complexe avec un spectre de fréquences continu** (cf. [Matras, 1987 : 26-28]).

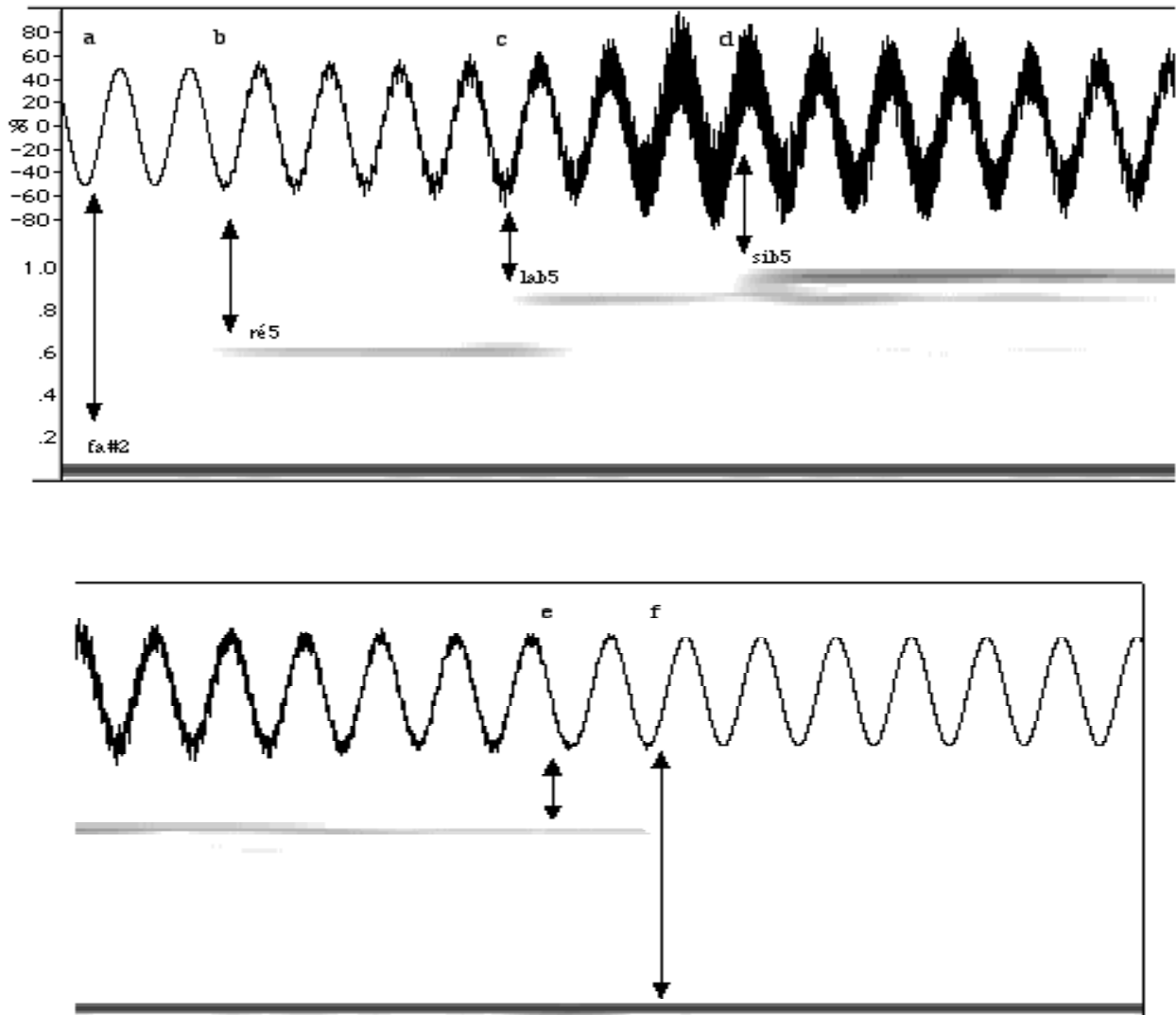


Figure 29

Les exemples précédents nous ont permis de vérifier premièrement un constat fondamental en acoustique qui consiste en ce que *le son est une onde (longitudinale) de pression* (cf. , [Gribenski, 1994 : 34], [Pierce, 1985 : 40], [Tipler, 1977 : 582]). Deuxièmement, le message ou signal sonore consiste généralement en une **somme** de différentes ondes de pression, chaque onde de pression étant le résultat de l'émission vibratoire de chaque instrument musical.³³

³³ « Les vibrations – produites par chaque instrument musical – donnent des variations de pression de part et d'autre d'une pression moyenne qui est la pression atmosphérique » [Gribenski, 1994 : 34].

Cela veut dire que la somme d'ondes de pression c'est-à-dire l'onde résultante émise dans un espace acoustique et temporel donnée, par exemple, une pièce de musique « ... est aussi une propagation d'énergie. » [Gribenski, 1994 : 34].

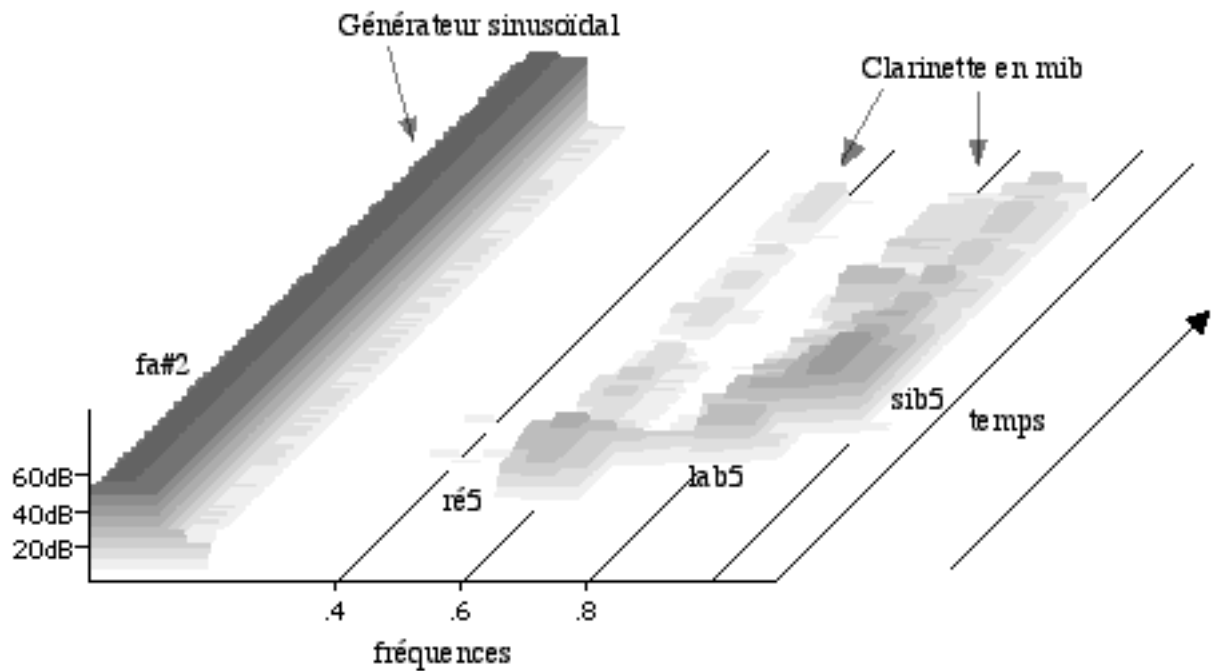


Figure 30

La figure 30 ci-dessus permet d'avoir un aperçu graphique différent du phénomène acoustique de l'exemple de la figure précédente. Nous pouvons observer grâce au spectre de fréquences représenté dans la figure 30 l'évolution de notre échantillon sonore par rapport au temps. Dans la partie gauche du graphe nous avons une partie foncée qui correspond à la fréquence 46.249 Hz (son fa#2) qui est produite par le générateur d'ondes sinusoïdales. La présence continue de ce son (fa#2) est donc percevable tout au long du graphe. Ensuite, nous avons d'autres parties sombres qui correspondent aux autres sons présents dans l'échantillon, sons ré5, la b5 et sib5 joués par la clarinette en mib.

Les figures 31 et 32 ci-dessous (page suivante) vont nous permettre d'observer l'onde résultante de la somme de différents sons avec laquelle débute la pièce *Intégrales* d'Edgard Varèse. Nous étudierons les mesures 4 et 5 du début de cette œuvre, nous le rappelons, pour ensemble de vents et percussion. Dans cet exemple nous observerons cette fois-ci, dans le cadre d'une pièce avec l'intervention de plusieurs instruments, la structure et l'évolution de l'onde sonore résultante de la somme des ondes produites par les différents instruments qui interviennent dans les deux mesures (4 et 5) du début d'*Intégrales* de Varèse.

The musical score for measures 4 and 5 of 'Intégrales' by Varèse is presented in a multi-staff format. The instruments and their parts are as follows:

- Petites Flûtes:** Two staves, both showing rests in measure 4 and a half note in measure 5 with a dynamic marking of *f*.
- Clarinette en mib:** Shows a melodic line starting in measure 4 with a dynamic of *f*, including a triplet of eighth notes. Measure 5 has a half note with a dynamic of *f*.
- Clarinette en sib:** Shows a rest in measure 4 and a half note in measure 5 with a dynamic of *f*.
- Trombone-Ténor:** Shows a rest in measure 4 and a half note in measure 5 with a dynamic of *sfz p* and the instruction 'avec sourdine'.
- Trombone-Basse:** Shows a rest in measure 4 and a half note in measure 5 with a dynamic of *sfz p* and the instruction 'avec sourdine'.
- Trombone-Contrebasse:** Shows a rest in measure 4 and a half note in measure 5 with a dynamic of *sfz p* and the instruction 'avec sourdine'.
- Gong:** Shows a series of rhythmic pulses in measure 4, followed by a half note in measure 5 with a dynamic of *mf* and the instruction 'L.V. morendo'.
- Tam-Tam:** Shows a series of rhythmic pulses in measure 4, followed by a half note in measure 5 with a dynamic of *mp* and the instruction 'L.V. morendo'.

Mesures 4 et 5 de *Intégrales* de Varèse

Figure 31

La figure 31 ci-dessus représente les mesures 4 et 5 de *Intégrales* d'Edgard Varèse. Nous allons analyser cette séquence sonore de façon à élucider le phénomène ondulatoire inhérent à ce fragment musical. Nous allons étudier comment les différentes ondes qui produiront chaque instrument vont agir en la *conformation de l'onde sonore résultante de ce mélange*. Dans la première mesure de la figure 31, nous pouvons observer que le son de la clarinette en mib va être mélangé progressivement aux spectres de fréquences du Tam-Tam et du Gong respectivement.

Dans la figure 32 ci-dessous (A), nous avons d'abord le son ré5 transposé (note si dans la partition). Nous pouvons percevoir que l'onde produite par la clarinette est très équilibrée, c'est-à-dire qu'elle ne change pas sa forme globale, figure 32 (A). Dans la figure 32 (B) le son émis par la clarinette change considérablement car il se mélange avec le Tam-Tam, mesure 1 de la partition (figure 31 ci-dessus). La lettre (C) de la figure 32 nous montre le moment où le

son ré5 de la clarinette en mib qui est mélangé déjà avec l'onde émise par le Tam-Tam s'assemble aussi avec l'onde produite par le Gong, cf. mesure 1 de la partition (figure 31 ci-dessus). Nous avons mis dans le graphe le moment où la sonorité du Tam-Tam et du Gong s'établit pleinement au même temps que celle de la clarinette en mib s'abaisse en peu. Nous pouvons ainsi observer à ce moment précisé dans la lettre (D) du graphe que l'onde sonore est conformée en grande partie par les fréquences contenues dans le spectre de fréquences graves du Tam-Tam et du Gong, ce qui donne dans le graphe un type d'onde « longue » déterminée par ces fréquences graves mais dans lequel l'on peut observer des petits mouvements qui modifient la forme quasi sinusoïdale de cette onde. Cette modification est la conséquence de la présence dans l'onde du spectre de fréquences aiguës du son (ré4) joué par la clarinette en mib (cf. figure 29 ci-dessus et son commentaire situé dans la page qui précède la figure 29).

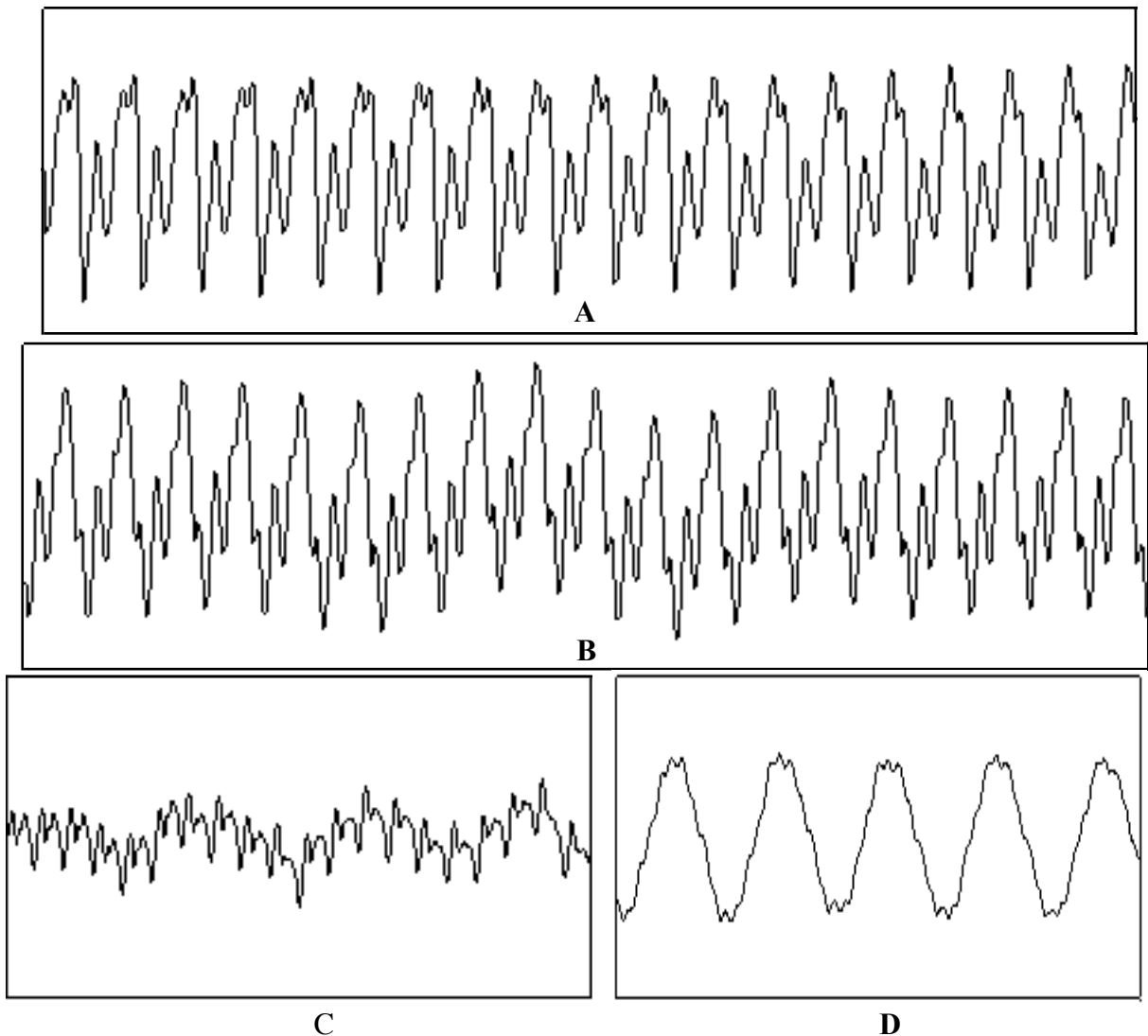


Figure 32

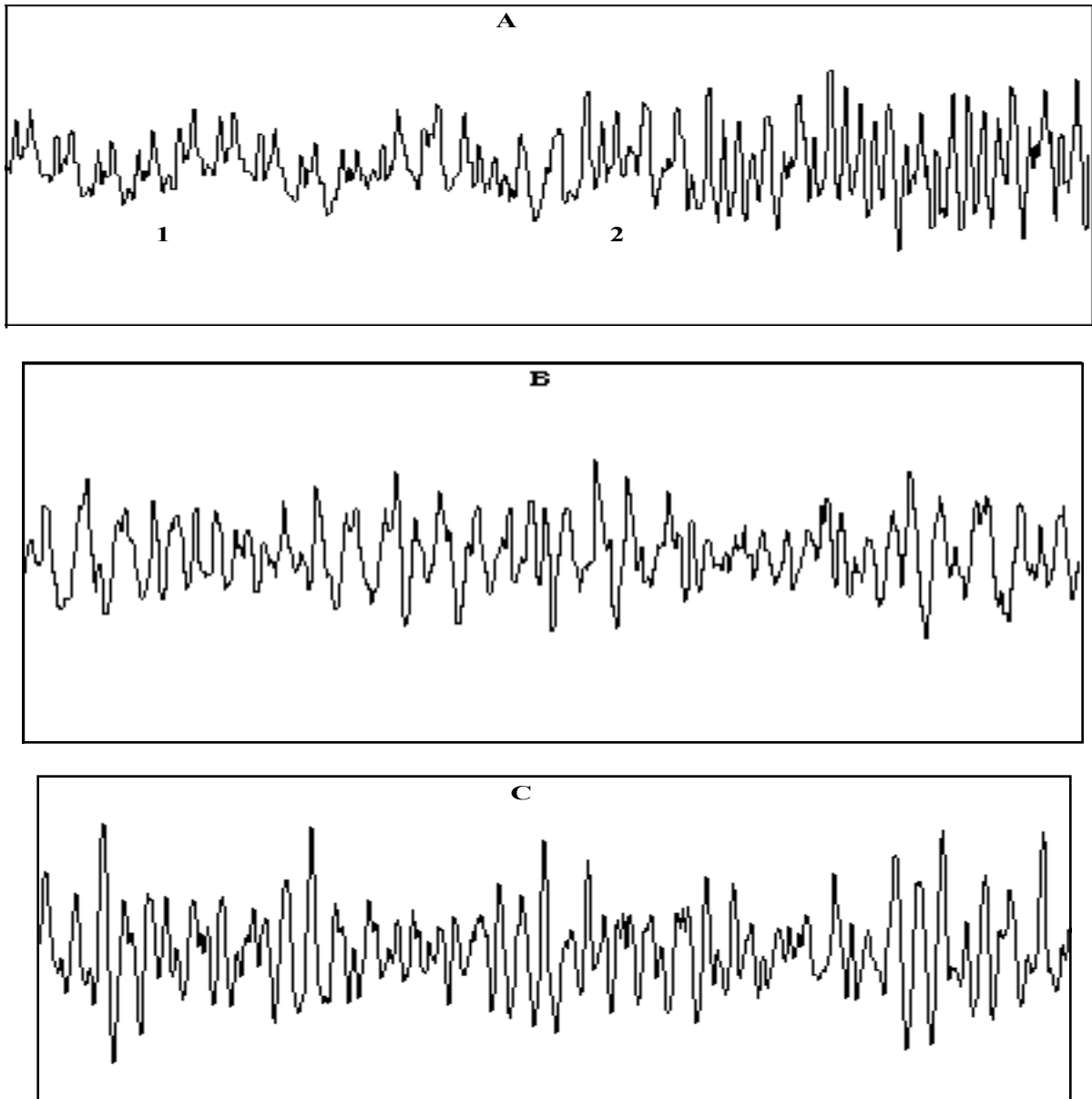


Figure 33

La figure 33 ci-dessus montre les différentes étapes de l'onde sonore produite par les instruments musicaux notés dans les mesures 4 et 5 de *Intégrales* de Varèse. La figure 33 (A) représente la période de transition de l'onde qui contient les sons du Tam-Tam, du Gong et le son ré₄ de la clarinette en mib (si₄ dans la partition) chiffre (1) du graphe, et le moment où la clarinette en sib et les deux petites flûtes jouent les notes mib₆ (fa₆ dans la partition), la₅ et si₆ – sons réels – respectivement (chiffre 2). À ce moment-là l'onde sonore contient toutes les vibrations produites par chacun de ces instruments à savoir : petites flûtes, clarinette en sib, clarinette en mib, Tam-Tam et Gong (cf. figure 31 *supra*). La figure 33 (B) montre

approximativement le moment où les sons des cuivres s'additionnent à l'onde sonore produite par les instruments que nous venons d'énumérer précédemment (cf. le troisième temps de la seconde mesure de la figure 31 *Supra*). Enfin, nous avons, dans la figure 33 (C) ci-dessus, la représentation graphique du moment où l'onde sonore de ce passage musical s'élève en amplitude en raison du crescendo joué par la clarinette en sib et par les cuivres (cf. la seconde mesure de la figure 31 *Supra*).

Nous recommandons d'écouter l'exemple sonore qui comporte l'exécution des cinq premières mesures de *Intégrales* de Varèse (cf. Exemple-13).

2.2.1.1. Conclusion

Les exemples que nous avons présentés précédemment nous ont permis de vérifier la véracité du contenu du deuxième concept de base de la théorie musicale ondulatoire. Ce concept, nous le rappelons, consiste en ce qu' « *une pièce de musique – qu'elle soit acoustique ou électroacoustique – est un son complexe ...* ». En d'autres termes, **l'œuvre musicale est un son et non pas plusieurs sons, puisque chaque son émit par les instruments musicaux, c'est-à-dire chaque perturbation ou fluctuation de la pression de l'air généré par les instruments musicaux où les haut-parleurs, dans le cas des musiques électroacoustiques ou autres, vont s'assembler une à une, en devenant ainsi des éléments spectraux de l'onde sonore unique résultante, c'est-à-dire l'œuvre musicale.**

Ainsi, l'onde sonore unique résultante de la somme de tous les sons (synthèse) est, en conséquence, un son (cf. [Pierce, 1985 : 40 et sq.]). Alors, à ce stade, dire que l'œuvre musicale est un son ou une onde sonore est dans un certain sens la même chose. Nous rappelons que l'onde sonore est celle qui annonce le son, en d'autres termes, il n'y a pas de son sans onde, sans oublier que chaque perturbation, chaque onde est produite à son tour par un ou plusieurs corps sonores ou bien par des haut-parleurs en vibration. C'est pour cela que, dans le cadre de la théorie musicale ondulatoire, nous avons choisi, pour définir l'œuvre musicale (*l'œuvre-son*), le mot de *son* au lieu de celui *d'onde sonore*.

2.2.2. L'œuvre-son, une projection des fréquences contenues dans un son fondamental donné

Nous avons étudié amplement dans (2.1 : 57) la notion de son fondamental et sa pertinence par rapport à l'œuvre musicale. Une fois démontrée qu'**une œuvre musicale est un son**, la question, concernant la façon dans laquelle l'œuvre-son implique dans son devenir (son exécution) la projection des fréquences contenues dans un son fondamental donné, se déduit de façon logique.

Or, l'œuvre-son est la réalisation, la mise en place dans le temps des structures sonores « le devenir des sons » (Grisey). Ces structures sonores, mises en œuvre à partir des sons (partiels) contenus dans le son fondamental de l'œuvre, vont être mises en « action » dans le temps grâce à l'acte créatif du compositeur. C'est ainsi que **le son qui est l'œuvre** (cf. (2.2 : 103) *supra*) prendra forme au fur et à mesure dans son devenir acoustico-temporel, tout en étant articulé par les fréquences (ou partiels) de son propre son fondamental. Alors, c'est à partir de la stratégie compositionnelle choisie par le compositeur qui affectera à chaque son – (fréquence ou partiel) provenant du son fondamental – un instrument musical donné donc un spectre de fréquences spécifique, une durée, son volume (dynamique), un type spécifique d'attaque, etc. (cf. Conclusion : 2.1.8. : 93).

Pour illustrer ce que nous venons d'énoncer nous allons prendre les cinq mesures du début de *Intégrales* de Varèse. Il faut rappeler que, dans l'exemple, qui va suivre, parce qu'il ne s'agit pas de l'œuvre dans sa totalité mais des cinq premières mesures, nous nous référons donc au son sous-fondamental de ces cinq premières mesures et non pas au son fondamental, c'est-à-dire, celui qui comporte tous les sons d'une œuvre (cf. (2.1.7. : 70) *supra*).

Dans le cas de ces cinq mesures de *Intégrales* de Varèse, le son sous-fondamental de cette partie de l'œuvre est constitué de 11 sons différents. Le chiffre totalisateur *CT* de ce son sous-fondamental est 20, c'est-à-dire – nous le rappelons – que ce chiffre 20 correspond au total de la somme de l'utilisation de chaque son dans cette section de l'œuvre.

Dans ces 5 mesures du début de *Intégrales*, tous les sons sont utilisés 1 fois sauf le sib5 qui est employé 8 fois et les sons ré5 et lab5 qui sont employés 2 fois respectivement.

L'ensemble des sons (partiels) contenus dans le son sous-fondamental des cinq premières mesures de *Intégrales* de Varèse comporte 11 sons différents au total (cf. figure 34 ci-dessous).

Partiel	Nom	Fréquences	Utilisation (nombre de fois)	Amplitude
11	si6	1975.50 Hz	1	5 %
10	mib6	1244.50 Hz	1	5 %
9	sib5	932.33 Hz	8	40 %
8	la5	880.00 Hz	1	5 %
7	lab5	830.61 Hz	2	10 %
6	ré5	587.33 Hz	2	10 %
5	do#4	277.18 Hz	1	5 %
4	mi3	164.81 Hz	1	5 %
3	do3	130.81 Hz	1	5 %
2	fa#3	92.49 Hz	1	5 %
1	sol1	48.99 Hz	1	5 %

Figure 34

Nous désignerons cet ensemble, dans un point de vue mathématique, avec les lettres et les chiffres *SSF(11)*, ce que se lit « **Son Sous-Fondamental** ». D'une part, cet ensemble contient les 11 fréquences ou partiels que contient ce son sous-fondamental de *Intégrales*. D'autre part, les fréquences sont représentées dans l'ensemble *SSF(11)* par le nom de notes relatives à chaque fréquence.³⁴

Ainsi l'ensemble *SSF(11)* est défini *en compréhension* par :

$$SSF(11) = \{ \text{sol1, do3, mi3, fa\#3, do\#4, ré5, lab5, la5, sib5, mib6, si6} \}$$

³⁴ Nous rappelons que le son du Gong est représenté dans le son sous-fondamental de la figure 34 par la fréquence fa#3, tandis que le son du Tam-Tam est représenté par la fréquence sol1. Nous avons choisi ces fréquences pour représenter ces sons de Gong et du Tam-Tam, après avoir écouté et analysé (à partir de l'enregistrement de l'œuvre) les sons de ces instruments. Ainsi les fréquences choisies (fa#3 pour le Gong et sol1 pour le Tam-Tam) représentent de façon approximative (d'après l'écoute et l'analyse) les fréquences fondamentales émises par chacun de ces instruments.

Nous pouvons noter que l'ensemble $SSF(11)$ défini *en compréhension* comporte la liste exacte des partiels qui conformant le son sous-fondamental, c'est-à-dire, 11 éléments.

L'ensemble SSF , ce que se lit « **Son Sous-Fondamental** » qui contient **tous les sons utilisés** dans ces cinq mesures est défini *en extension et par ordre d'occurrence* de la manière suivante :

$$SSF = \{(\text{sol}1)_1, (\text{do}3)_1, (\text{mi}3)_1, (\text{fa}\#3)_1, (\text{do}\#4)_1, (\text{ré}5)_1, (\text{ré}5)_2, (\text{lab}5)_1, (\text{lab}5)_2, (\text{la}5)_1, (\text{sib}5)_1, (\text{sib}5)_2, \dots, 8, (\text{mib}6)_1, (\text{si}6)_1\}^{35}$$

Nous pouvons noter que l'ensemble SSF défini *en extension* contient tous les sons *avec les répétitions de chaque son inclus*. Cette liste comporte donc 20 éléments.

Nous désignerons les ensembles qui contiennent les sons de chaque mesure avec la lettre M qui représente une mesure quelconque, et les chiffres 1, ..., n qui représentent le numéro qui correspond à chaque mesure.

Ainsi l'ensemble qui contient les sons de la première mesure $M1$ de *Intégrales* (cf. figure 35 ci-dessous) est défini par :

$$M1 = \{(\text{ré}5)_1, (\text{lab}5)_1, (\text{sib}5)_1, (\text{sib}5)_2\}$$

L'ensemble $M2$ (mesure 2 de *Intégrales*) est défini par :

$$M2 = \{(\text{sib}5)_2\}$$

L'ensemble $M3$ (mesure 3 de *Intégrales*) est défini par :

$$M3 = \{(\text{sib}5)_2\}$$

L'ensemble $M4$ (mesure 4 de *Intégrales*) est défini par :

$$M4 = \{(\text{sol}1)_1, (\text{fa}\#3)_1, (\text{ré}5)_2, (\text{lab}5)_2, (\text{sib}5)_3, (\text{sib}5)_4, (\text{sib}5)_5, (\text{sib}5)_6, (\text{sib}5)_7, (\text{sib}5)_8\}$$

L'ensemble $M5$ (mesure 5 de *Intégrales*) est défini par :

$$M5 = \{(\text{sol}1)_1, (\text{do}3)_1, (\text{mi}3)_1, (\text{fa}\#3)_1, (\text{do}\#4)_1, (\text{la}5)_1, (\text{sib}5)_8, (\text{mib}6)_1, (\text{si}6)_1\}$$

³⁵ Dans le cadre de la théorie musicale ondulatoire, les éléments d'un ensemble comportant des sons – en l'occurrence des notes ou des valeurs de fréquences en Hz –, par exemple dans le cas des sons fondamentaux ou sous-fondamentaux, sont ordonnés en commençant par le son le plus bas, le dernier élément de l'ensemble étant le son le plus aigu.

De la même façon l'ensemble *SM*, ce que se lit « Sons et Mesures », qui contient tous les sons (partiels) du son sous-fondamental (*supra*) des 5 premières mesures de *Intégrales*, et qui en même temps nous indique les mesures où sont placés ces sons, est défini par :

$$SM = M1 \cup M2 \cup M3 \cup M4 \cup M5 \quad (\text{cf. page précédente})$$

Andantino.
♩ = 72

Clarinette en mib

Petites Flûtes

Petites Flûtes

Clarinette en mib

Clarinette en sib

Trombone-Ténor

Trombone-Basse

Trombone-Contrebasse

Gong

Tam-Tam

M1 *M2* *M3* *M4* *M5*

f *poco dim.* *f* *sfz p* *sfz p* *sfz p* *mf* *mp* *morendo* *morendo*

avec sourdine *avec sourdine* *avec sourdine*

L.V. *L.V.*

Figure 35

Dans la figure 35 ci-dessus nous pouvons visualiser chacun des ensembles (*M*) dont nous avons parlé précédemment (cf. page précédente). Nous avons placé dans la partition (figure 35) les lettres qui identifient chaque ensemble *M1* ..., 5. Nous trouvons aussi des chiffres positionnés à côté des notes, chiffres qui indiquent l'ordre d'apparition de chaque son.

Ainsi, nous pouvons déduire que les ensembles *SSFE* et *SSF* représentent les sons qui seront employés dans ces cinq mesures, mais ces sons-là ne sont pas encore mis en structure dans la partition, c'est-à-dire que les éléments de ces ensembles, les partiels du son sous-fondamental de 5 premières mesures de *Intégrales* ne sont pas mis en projection proprement dite dans l'œuvre. Par contre, l'ensemble *SM* (cf. *supra*) qui inclut les sous-ensembles *M1*, ... , 5, indique que les partiels du son sous-fondamental sont déjà projetés (*virtuellement*) dans le processus acoustique et temporel de l'œuvre.³⁶ Cette projection dont nous parlons est l'accomplissement du geste créatif du compositeur, la mise en structure des sons contenus dans le son sous-fondamental.

Il est important de signaler que, dans le cas d'œuvres musicales où les mesures ne seraient pas utilisées, il faudra segmenter la partition en sections de façon à pouvoir créer des ensembles de type *M1 ... n*.

La formalisation ensembliste que nous avons employée précédemment nous a permis d'élucider le fondement logique de notre postulat, c'est-à-dire que l'œuvre-son « est une projection des fréquences contenues dans un son fondamental ou sous-fondamental donné » (cf. 2.2.2. : 113) *supra*.

2.2.3. L'œuvre-son, un son complexe dont sa structure temporelle, d'amplitude, timbrique ou spectrale, change constamment par rapport au temps.

Maintenant nous éluciderons comment la structure temporelle, d'amplitude, timbrique ou spectrale de l'œuvre-son, change constamment par rapport au temps.

Une fois que nous avons éclairci précédemment que l'œuvre musicale est un son (cf. 2.2. : 103) *supra*, il est évident qu'elle en tant qu'onde sonore peut changer sa structure temporelle, d'amplitude, timbrique ou spectrale, par rapport au temps.

³⁶ Nous avons utilisé le terme de « virtuellement » de façon à rappeler que la partition nous renseigne à titre approximatif du déroulement du processus ondulatoire acoustique, mais elle n'est pas en tant que telle le processus sonore réel.

Bien que le fait de démontrer cela puisse paraître superflu à certains égards nous allons malgré cela fournir quelques exemples qui seront utiles pour clore notre démarche explicative du deuxième concept fondamental de la théorie musicale ondulatoire, le concept d'*œuvre-son*.

Ce qui nous semble important de souligner ici est le fait que, mis à part l'acquis en acoustique selon lequel tout son produit par un corps sonore en vibration et plus spécialement *les sons soutenus* produits par les instruments musicaux peuvent varier au moins par rapport à l'amplitude, au timbre ou même parfois leur fréquence, même si ces variations sont imperceptibles ; par contre, **les modifications perceptibles de l'onde sonore qui est l'œuvre sont une conséquence d'abord, de l'acte créatif du compositeur objectivé dans la partition, et ensuite, par les interprètes (les musiciens) et spécialement par le chef d'orchestre, pour les œuvres dirigées.**

Cela veut dire que l'œuvre, en tant qu'onde sonore complexe, dans son devenir changeant, changements de sa structure spectrale, d'amplitude, durée etc., fonctionne comme s'il s'agissait d'un son émis et contrôlé par un ordinateur, dans lequel chaque modification dans la structure du son (qui est l'œuvre) serait piloté par un programme ou logiciel.

Dans ce contexte, la partition d'une œuvre représente le programme ou logiciel, et l'interprète ou le chef d'orchestre (s'il y a lieu) représentent les opérateurs ou médiateurs entre la partition (le programme) et la mise en place dans le temps du processus ondulatoire, c'est-à-dire de l'onde sonore complexe qui est l'œuvre.

En ce qui concerne les œuvres électroacoustiques, musique pour bande magnétique ou, de la musique déjà enregistrée, l'onde sonore (qui est l'œuvre) est déjà fixée, dans ces cas-là, la suite ordonnée d'opérations du contrôle du processus ondulatoire est déjà réalisée. Cependant, nous savons qu'encore il est possible de transformer le processus sonore de ces œuvres-là par des manipulations en temps réel.

Dans les exemples qui vont suivre, nous expliquerons d'abord ce que nous entendons par changement de la structure temporelle, d'amplitude, timbrique ou spectrale d'une *œuvre-son*. Ensuite, nous donnerons quelques exemples graphiques pour illustrer notre point de vue.

2.2.4. Changement de la structure temporelle, d'amplitude, timbrique ou spectrale d'une œuvre-son par rapport au temps.

Comme nous l'avons exprimé précédemment, l'acoustique nous révèle que tout son produit par un corps sonore en vibration et plus spécialement les sons soutenus produits par les instruments musicaux peuvent varier au moins par rapport à l'amplitude, au timbre ou même parfois leur fréquence, même si ces variations sont imperceptibles.

Or l'œuvre musicale (*œuvre-son*) en tant qu'onde sonore complexe va changer presque continuellement sa forme comme conséquence de différentes articulations qui émanent des divers types de processus musicaux.

L'exemple suivant (cf. figure 36, ci-dessous) nous montre un passage musical très simple qui consiste en un son do4 joué 5 fois. Nous pouvons apercevoir comment à chaque nouvelle attaque de ce son, la forme de l'onde subit une transformation très nette.

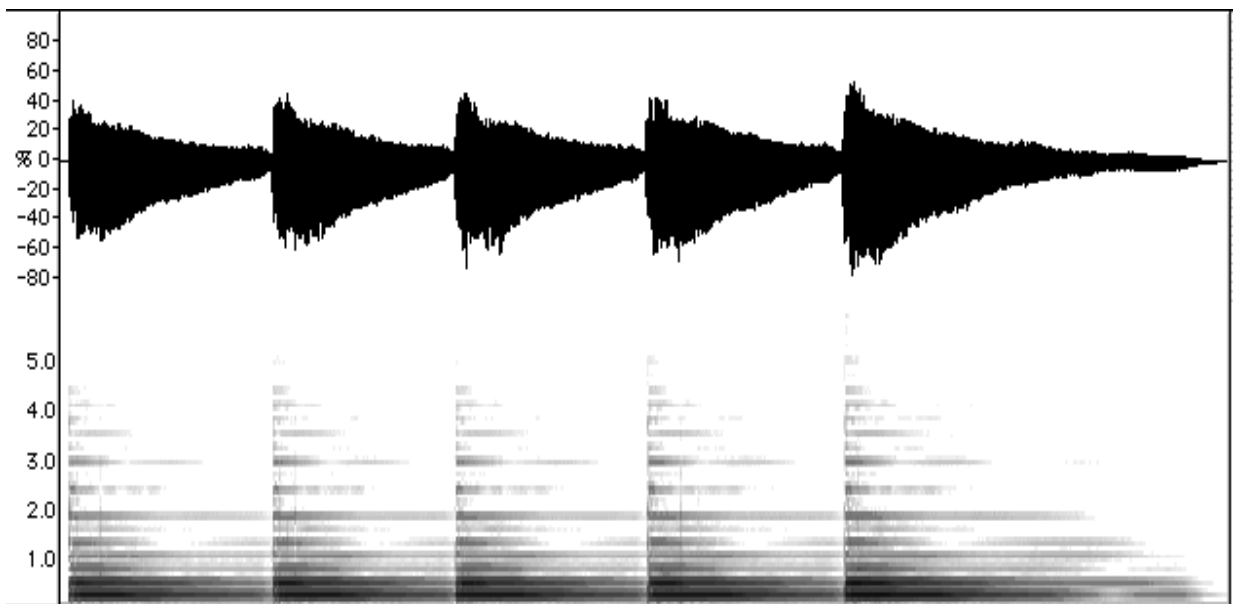


Figure 36

La figure 36 ci-dessus permet d'apprécier les différentes modifications de l'onde sonore. La partie supérieure du graphe concerne l'onde sonore et la partie inférieure du graphe représente le sonagramme de cette onde. Nous pouvons observer dans l'onde (partie supérieure du graphe) comment à chaque nouvelle attaque du son do4, l'onde acquiert une

forme plus au moins semblable car c'est toujours le même son qui est joué. Nous pouvons apprécier comment les changements de la structure d'amplitude de l'onde – structure qui concerne toute l'enveloppe dynamique de chaque événement sonore – est parfaitement représentée dans le graphe. C'est ainsi que nous pouvons apprécier comment cette structure d'amplitude nous renseigne du moment où chaque son est joué (amplitude maximale qui va jusqu'à la valeur de 60 %).

Les changements ou inflexions de la structure temporelle qui subit dans le temps une œuvre en tant qu'onde sonore sont représentés dans notre exemple dans le sonagramme de la partie inférieure du graphe. Dans ce sonagramme ces changements sont très visibles, nous pouvons apprécier qu'à chaque nouveau son émis, la structure spectrale de l'onde change de manière évidente. Ces changements de la structure spectrale de l'onde sont l'évidence des processus musicaux qui contrôlent la durée de chaque événement sonore.

Enfin, nous pouvons également apprécier les changements de la structure spectrale ou timbrique de l'œuvre-son dans le sonagramme de la figure 36 (ci-dessus). En regardant avec soin le sonagramme, nous apercevons que, même quand il s'agit d'un même son, la structure spectrale ou timbrique change en fonction de la force avec laquelle les sons sont joués.

La figure 37 de la page suivante montre l'analyse acoustique des mesures 4-5 d'*Intégrales* du compositeur Edgard Varèse. Nous pouvons apprécier dans l'onde produite par ce passage musical, les différents changements dans sa structure temporelle, d'amplitude et spectrale.

La partie *A* de cet exemple représente l'onde sonore qui dégage le passage musical. La partie *B* représente son sonagramme respectif. Enfin, la partie *C* représente le passage musical en notation musicale. Nous avons placé entre la partition et le sonagramme des flèches pour mieux saisir comment les différents éléments musicaux modifient les structures d'amplitude, temporelle et spectrale de l'onde sonore produite par ce passage musical.

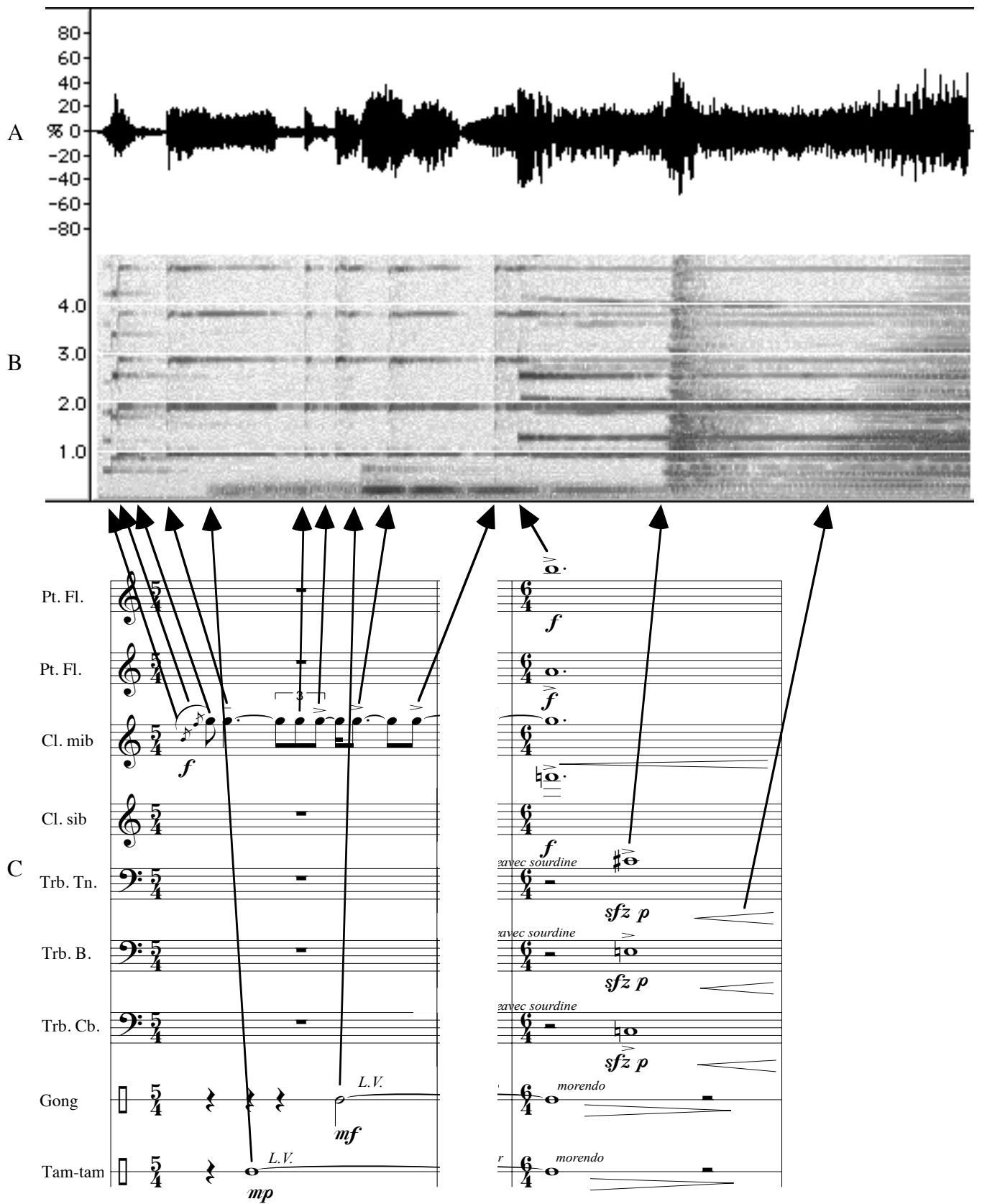


Figure 37 : L'analyse acoustique des mesures 4-5 d'*Intégrales* du compositeur Edgard Varèse.

II.

Arnold Schönberg

Langsam (♩)

espress.

gut in takt

äußerst kurz

pp

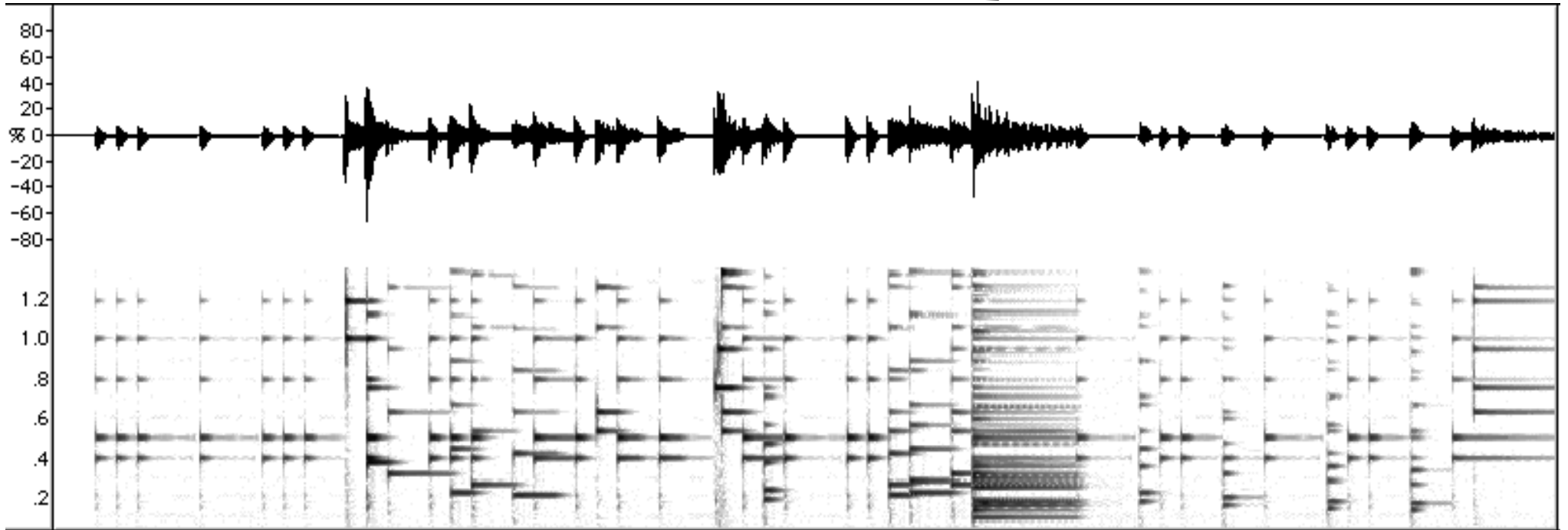
mf

p

etwas gedehnt

pp

poco rit.



Représentation graphique (processus ondulatoire acoustique et sonagramme) de la pièce II de *Six petites pièces* pour piano opus 19 de Schönberg.

Figure 38

La figure 38 de la page précédente, montre le processus ondulatoire acoustique de la deuxième pièce (II) de *Six petites pièces* pour piano opus 19, d'Arnold Schönberg.

Nous avons placé dans la partie supérieure du graphe, la partition de cette pièce, de façon à pouvoir comparer les dimensions virtuelles (partition) et réelles (processus ondulatoire acoustique) dégagée par cette pièce.

Plus bas dans le graphe, nous avons situé l'onde (le processus ondulatoire acoustique) que produit la pièce avec son respectif sonagramme. Nous pouvons apercevoir que le sonagramme nous renseigne de façon très nette du comportement de la structure temporelle de l'œuvre-son. Chaque nouvelle apparition d'un événement sonore est facilement identifiable dans le sonagramme par des lignes verticales.

Il faut rappeler que ces lignes verticales sont obtenues, à partir du logiciel informatique d'analyse utilisé, en augmentant de façon considérable la force d'attaque (décibels) de chaque événement sonore. Chaque ligne verticale percevable dans le graphe nous renseigne, mis à part de la structure temporelle de l'œuvre-son, des sons (phénomènes *transitoires*)³⁷ produits par les marteaux du piano quand ils frappent les cordes de cet instrument.

Ainsi, ces lignes verticales dénotent en même temps l'articulation temporelle de l'œuvre-son. Les changements de la structure dynamique de la pièce sont percevables d'une part, dans l'oscillogramme (amplitude de l'onde), et d'autre part, dans les différentes nuances de gris produites dans le sonagramme.

Les lignes horizontales percevables dans le sonagramme nous indiquent comment à chaque apparition d'un nouvel événement sonore, la structure timbrique de l'œuvre-son change, même s'il agit toujours du même instrument musical, le piano.

Nous pouvons discerner qu'à chaque nouvelle apparition d'un événement sonore, par exemple, dans le cas de sons sol⁴ et si⁴ du début de la pièce, nous trouvons que cinq harmoniques différents sont détectés par l'analyseur (logiciel informatique) utilisé.

³⁷ Pour une étude des phénomènes transitoires nous recommandons [Schæffer, 1966 : 198-215].

2.2.5. Conclusion

Le concept d'œuvre musicale (œuvre-son) nous a permis de constater qu'une œuvre musicale est avant tout un phénomène acoustique au-dessus de toute autre connotation subjective. En ce qui concerne l'évidence que l'œuvre musicale est un son, il faut insister qu'il s'agit d'un type de son qui n'est pas périodique : **Le son qui est l'œuvre est donc un son complexe avec un spectre de fréquence continu.**³⁸

Dans ce contexte, l'œuvre musicale a une ressemblance à un son aléatoire, mais, avec l'exception qu'elle, en tant que son complexe, est contrôlée et donc engendrée par des processus musicaux (cf. *supra*). Ces processus musicaux, nous le rappelons, nous les trouveront adscrits dans la partition musicale ou dans des programmes informatiques (s'il s'agit d'œuvres engendrées par ordinateur).

Or, le concept d'œuvre-son nous situe dans une conception objective de l'œuvre musicale et par conséquent de la musique elle-même. C'est ainsi que le concept d'œuvre-son, dans sa pertinence objective, nous renvoie une fois encore à notre définition de la musique que nous avons présenté dans l'introduction de notre travail, et notamment dans le paragraphe (1.4.4. : 57). Cette définition, nous le rappelons, consiste en ce que « la musique est un processus ondulatoire produit et perçu dans le temps. ».

De la même façon, le concept d'œuvre-son nous renvoie aussi vers les concepts de processus ondulatoire *acoustique* et *musical* que nous avons introduits dans le paragraphe (1.4.3. : 49). Nous voici, après avoir défini le concept de son fondamental (cf. 2.1. : 57) et le concept d'œuvre-son (cf. 2.2. : 103) que nous pouvons présenter un graphe dans lequel nous pouvons nous donner une idée précise du fonctionnement de la musique ondulatoire en tant que système. Dans ce graphe (cf. page suivante) nous décèlerons comment la définition de la musique ondulatoire se trouve en parfaite adéquation avec le concept de son fondamental et celui d'œuvre-son.

³⁸ Cf. [Matras, 1987 : 26].

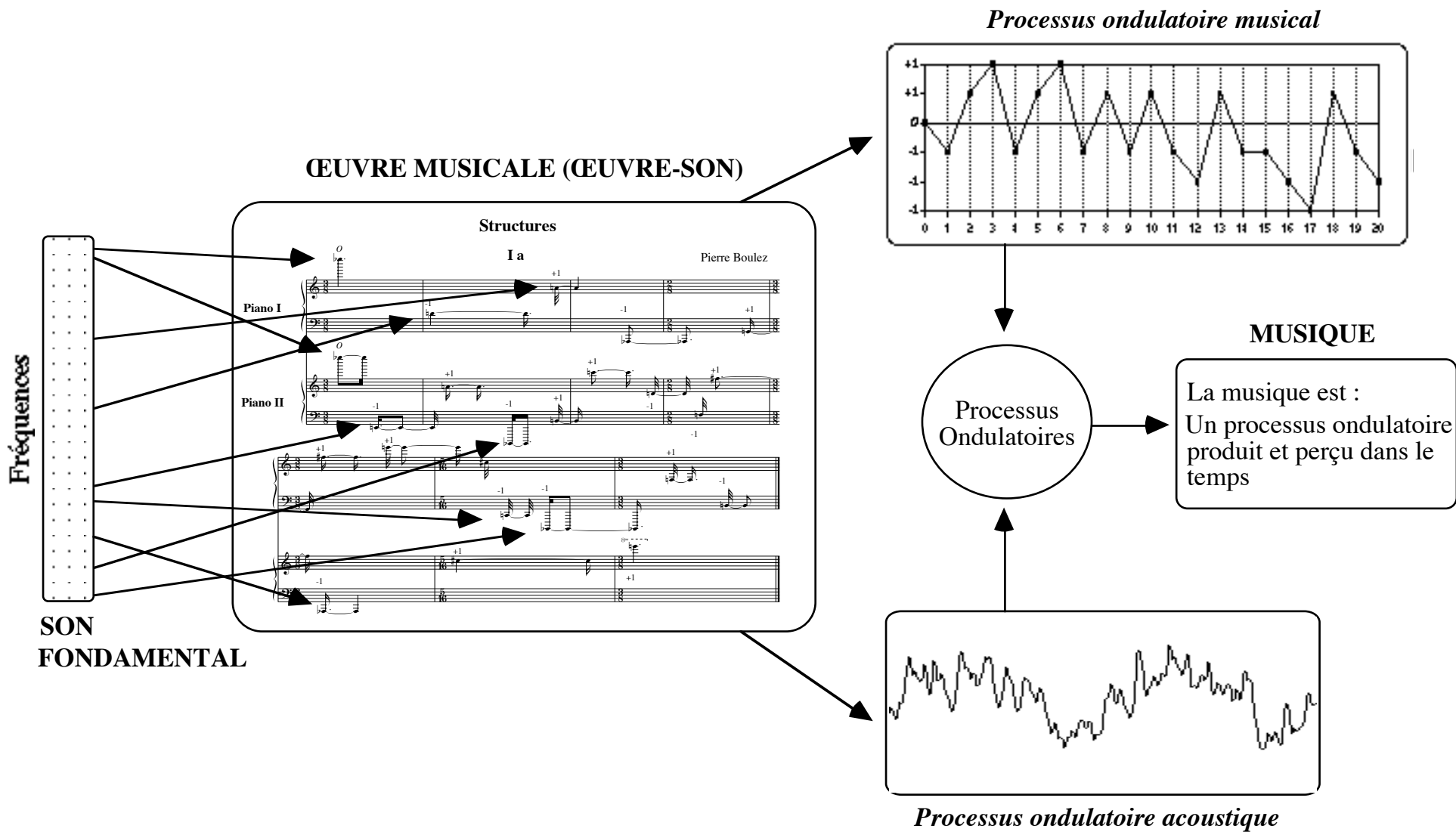


Figure 39 : Le rapport systémique entre les concepts de *Musique*, de *Son fondamentale* et d'*Œuvre musicale*

2.3. Trajectoire Ondulatoire

Une trajectoire ondulatoire est une courbe qui décrit de façon globale l'évolution des changements de direction (mouvements ascendants, descendants et horizontaux) du processus ondulatoire musical d'une œuvre-son.

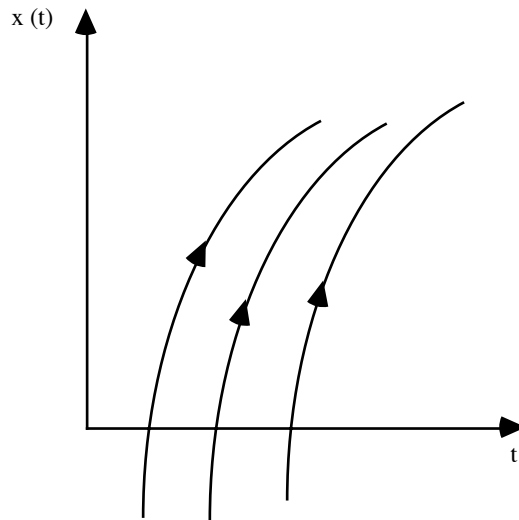
Le concept de trajectoire est l'une des plus édifiantes des notions en physique classique. Avant d'étudier ce troisième concept de base du système musical ondulatoire, celui de trajectoire *ondulatoire*, nous étudierons d'abord et de façon très succincte la signification de trajectoire par rapport à la physique, et ensuite, nous définirons le rôle que nous lui accorderons à l'intérieur de la théorie musicale ondulatoire.

2.3.1. Le concept de trajectoire en physique

La physique classique consistait traditionnellement en l'étude des trajectoires. Les trajectoires sont considérées comme « ... des moments et coordonnées en tant que fonctions du temps » [Prigogine, 1982 : 187].

L'idée de trajectoire est tributaire de la notion de *mouvement*, mouvements qui ont lieu dans la nature [Ross, 1955 : 55]. Il faut rappeler qu'en dynamique classique, le temps est considéré comme « ... un paramètre sans direction privilégiée », il est associé « ... au temps qui intervient dans le mouvement » [Prigogine, 1982 : 61 et 14].

C'est ainsi que la physique classique nous donne une idée de l'univers comparable à un ensemble de trajectoires [Prigogine, 1982 : 14]. Dans la figure 40 de la page suivante, nous avons une représentation graphique des trajectoires qui décrivent des *Lignes d'univers*. Chaque position (x) t d'une particule test est représentée par une trajectoire qui décrit chaque position de la particule (x) en fonction du temps.



Lignes d'univers montrant l'évolution dans le temps de la coordonnée $x(t)$ [Prigogine, 1982 : 14]

Figure 40

C'est grâce au concept de trajectoire (ou de courbe) que la physique, ainsi que d'autres disciplines comme les mathématiques, l'acoustique, la chimie, les statistiques, l'astronomie, etc., ont pu décrire graphiquement un nombre incalculable de phénomènes.

Nous voudrions rappeler qu'à l'intérieur de la théorie musicale ondulatoire, nous ne donnerons pas au mot de trajectoire un sens dogmatique ou strict comme dans le cas de la physique. Nous expliquerons donc à continuation le sens que nous accorderons au mot de trajectoire.

2.3.2. La notion de trajectoire ondulatoire propre du système musical ondulatoire

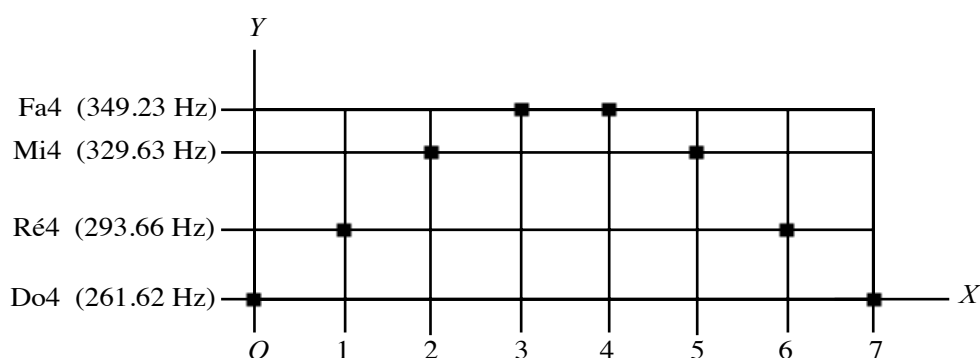
Nous attribuerons au terme de trajectoire une connotation de trajet, de parcours ou chemin, de courbe. Nous n'assimilerons pas évidemment le terme de trajectoire à la notion d'orbite, car, comme l'on peut supposer, la notion d'orbite concerne essentiellement des phénomènes étudiés par des disciplines comme la physique ou l'astronomie etc.

Par contre, de la physique, nous retiendrons de la notion de trajectoire le fait qu'elles sont considérées comme « ... des moments et coordonnées en tant que fonctions du temps » [Prigogine, 1982 : 187].

C'est à partir de cette prémisse que nous élaborerons notre concept de trajectoire *ondulatoire*, mais, cette fois-ci approché ou adapté au champ musical et plus précisément à l'œuvre musicale. **La trajectoire ondulatoire d'une œuvre-son sera entendue comme une sorte de modèle abstrait de la cinétique globale du processus ondulatoire (musical) d'une œuvre** (cf. (1.4.3. : 49)). Aussi, elle nous renseignera de façon précise, de l'évolution des changements de direction (mouvements ascendants, descendants et horizontaux) du processus ondulatoire musical (cf. *infra*).

2.3.3. Les éléments constitutants d'une trajectoire ondulatoire

Due au caractère nettement graphique et dynamique d'une trajectoire ondulatoire, elle donne, d'une part, un aperçu morphologique et d'autre part, une description du comportement du processus ondulatoire *musical* d'une œuvre-son. Chaque *moment* (sonore) (cf. le paragraphe (2.3.2. : 127) page précédente) de la trajectoire est représenté dans la courbe par un point. Ainsi, chaque point, à son tour, représente une coordonnée précise dans un espace cartésien à deux à dimensions.



Trajectoire ondulatoire d'une suite des sons (notes)

Figure 40a

La figure 40a montre la trajectoire ondulatoire d'un passage musical très simple qui consiste en une suite de 8 sons. Nous pouvons déceler que chaque moment ou événement sonore peut être représenté dans un plan à deux dimensions.

2.3.3.1. Les données ondulatoires

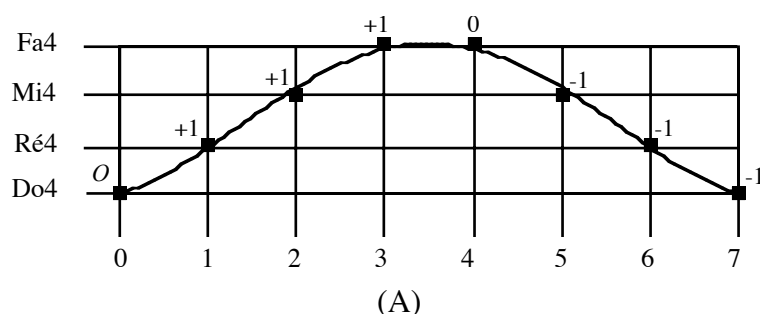
Une donnée ondulatoire est l'expression abstraite du résultat de l'opération d'une étape d'un algorithme ondulatoire.³⁹ Au même temps, elle renseigne de la position qui occupe chaque *moment sonore*, dans la trajectoire ondulatoire, du processus ondulatoire musical d'une œuvre-son donnée.

Une donnée ondulatoire est constitué de deux éléments à savoir :

1 • Un chiffre qui correspond à la date d'apparition d'un moment sonore, par exemple, le chiffre (0) qui correspond au premier moment sonore d'une trajectoire ondulatoire, le chiffre 1, qui correspond au deuxième moment sonore, et ainsi de suite.

2 • Un chiffre qui va représenter le type de mouvement correspondant à une date d'apparition d'un moment sonore à savoir, le chiffre +1, pour un mouvement ascendant, le chiffre -1, pour un mouvement descendant et le chiffre 0, pour un mouvement horizontal.

La figure 40b A, montre la trajectoire qui résulte de la succession des notes *do4, ré4, mi4, fa4, fa4, mi4, ré4, do4*. Chaque moment de la trajectoire est répertorié par un chiffre qui correspond à l'ordre d'apparition de chaque son ou moment sonore. Ainsi, nous avons le chiffre 0 pour la note *do4*, 1 pour la note *ré4* et ainsi de suite.



Données ondulatoires								
0	1	2	3	4	5	6	7	(a)
do4	ré4	mi4	fa4	fa4	mi4	ré4	do4	(b)
0	+1	+1	+1	0	-1	-1	-1	(c)

Figure 40b : Trajectoire résultante de la succession des notes *do4, ré4, mi4, fa4, fa4, mi4, ré4, do4*.

³⁹ Nous développerons plus tard dans ce chapitre le concept d'algorithme ondulatoire, cf. (2.10. : 162) et suivantes.

La figure 40b B, précédente, montre les données ondulatoires du passage musical. La lettre (a), représente l'ordre des moments sonores. La lettre (b), montre les sons de la trajectoire. La lettre (c), montre les chiffres qui représentent le type de mouvement (+1, -1, 0) correspondant à chaque moment de la trajectoire.

Structures

I a Pierre Boulez

The image shows a musical score for two pianos, labeled 'Piano I' and 'Piano II'. The score is titled 'Structures I a' by Pierre Boulez. It consists of seven measures. Above the notes, there are small numbers: +1, -1, and 0, which indicate the type of movement (ascending, descending, or horizontal) of the notes. The score is in 3/8 time and includes various musical notations such as slurs, accents, and dynamic markings like 'p' and 'f'.

La première pièce de *Structures* (Ia) pour deux pianos de Boulez (mesures 1-7)

Figure 41a

La figure 41a, ci-dessus, montre la partition de la première pièce de *Structures* de Boulez. Nous avons placé près des notes les chiffres qui correspondent aux valeurs des mouvements ondulatoires ascendants, descendantes et horizontales (+1, -1, 0) respectivement.

Dans la figure 41b, suivante, nous pouvons apprécier les données ondulatoires (+1 -1 0) relatives aux notes jouées par les deux pianos. La figure 41c, ci-dessous, montre la trajectoire résultante de la superposition des deux *sous-trajectoires* (cf. 2.4 : 133 *infra*). Nous rappelons que, dans une trajectoire ondulatoire, les données sont obtenues en prenant la fréquence la

plus basse de l'ensemble des sons (ou notes) de chaque événement sonore (cf. page 18). C'est-à-dire que, **l'ensemble d'événements sonores étant situé dans un moment précis de l'espace temporel d'une pièce de musique donnée, est conçu comme un son complexe dont la fréquence la plus basse est prise comme la « fondamentale » des fréquences contenues dans l'ensemble.**

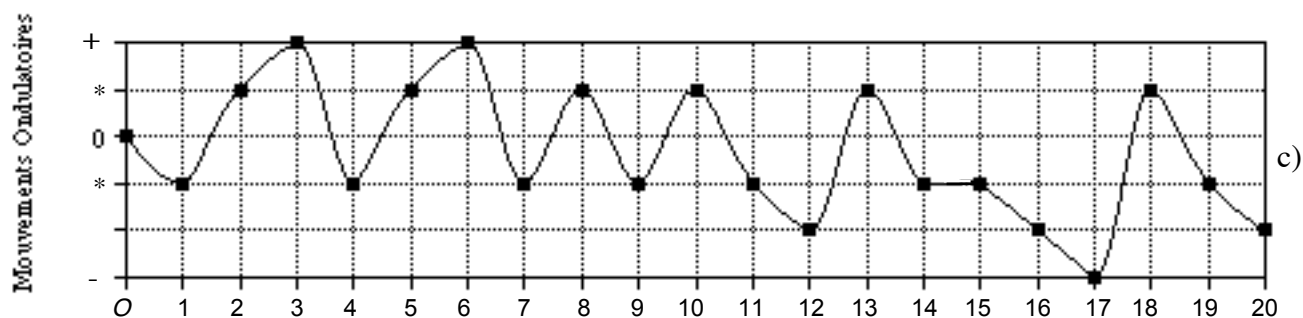
Instru- ments	Données ondulatoires																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Piano I	mib7		ré3			la4		lab1				sol2	fa#5	mi6		do#5	do2	sib-1		fa3	si2
	O		-1			+1		-1				+1	+1	+1		-1	-1	-1		+1	-1
Piano II	mib7	mi2		la4	sib-1	si2	do6		ré4	fa3	fa#5		lab1		do#5						sol7
	O	-1		+1	-1	+1	+1		-1	-1	+1		-1		+1						+1

Figure 41b

Trajectoire ondulatoire																				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
(O	-1	+1	+1	-1	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	0	-1	-1	+1	-1	-1)

Figure 41c

Instru- ments	Trajectoire ondulatoire																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Piano I	mib7		ré3			la4		lab1				sol2	fa#5	mi6		do#5	do2	sib-1		fa3	si2
Piano II	mib7	mi2		la4	sib-1	si1	do6		ré4	fa3	fa#5		lab1		do#5						sol7
	(O	-1	+1	+1	-1	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	0	-1	-1	+1	-1	-1)



Trajectoire ondulatoire de la première pièce de *Structures* (Ia) de Boulez (mesures 1-7)

Figure 42

La Figure 42 de la page précédente, montre la succession des notes de chaque piano (a). La trajectoire ondulatoire en chiffres (b) et la courbe résultante (c) de la première pièce de *Structures* Ia de Pierre Boulez. Il faut noter que, pour des soucis de clarté dans la représentation des points de la courbe, à chaque changement de direction des données positives ou négatives, le point en question sera placé dans la position (-1 ou +1) (*) plus proche du point zéro de l'axe des ordonnées (cf. figure 42 ci-dessus).

Nous rappelons aussi que le type de courbe représenté dans la figure 42, est de type global. Dans une courbe de type locale, les écarts entre les différentes fréquences dans le plan seront respectés. En conséquence, les chiffres (+1 -1 0) seraient remplacés par des chiffres correspondants aux fréquences en *cycles par seconde* (c.p.s.).

Dans l'exemple sonore : Exemple-23, nous pouvons écouter la première pièce (Ia) de *Structures* de Pierre Boulez en suivant sa trajectoire ondulatoire (figure 42 ci-dessus, page précédente).

2.3.4. Conclusion

La trajectoire ondulatoire d'un processus ondulatoire musical ne décrit pas la temporalité d'une œuvre en tant que telle, que ce soit dans un point de vue physique ou musical. **La trajectoire ondulatoire d'une œuvre ou d'un passage musical quelconque concerne plutôt la cinétique ondulatoire du passage musical.** Il faut insister sur ce point-là, car, comme nous le verrons plus loin, la description de la structure temporelle d'une œuvre en termes de durées musicales, sera élucidée dans les modèles ondulatoires et algorithmiques. Cela veut dire que la trajectoire ondulatoire d'un processus ondulatoire musical concerne la globalité sonore du passage musical et non pas la description du passage en termes exacts par rapport au temps (nous étudierons cela, plus tard dans ce chapitre).

C'est pour cela que nous parlons de **moments** à l'intérieur d'une trajectoire, et non pas d'unités temporelles exactes. Chaque point d'une trajectoire concerne un moment sonore dans un espace de temps relatif et non pas absolu.

La notion de trajectoire ondulatoire doit être comprise donc comme une forme de représentation abstraite de la cinétique de l'œuvre ou du passage musical en termes ondulatoires. Les autres paramètres musicaux (silences, durées etc.) ne sont pas pris en compte dans une trajectoire ondulatoire.

Nous pensons que l'application de la notion de trajectoire en musique permet d'élucider une partie essentielle du processus musical que l'analyse traditionnelle ne sait pas faire. **La trajectoire ondulatoire dévoile un type de structure fondamentale, quelque chose de sous-jacent rendu dorénavant visible.**

Le concept de trajectoire ondulatoire s'avère être donc essentiel dans la théorie musicale ondulatoire. **Le paradigme ondulatoire inspiré des ondes sonores se retrouve ici matérialisé dans le concept de trajectoire ondulatoire.**

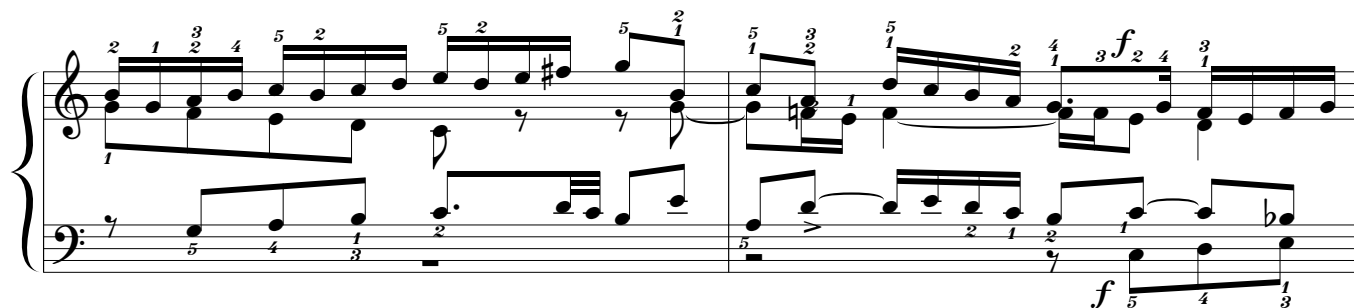
2.4. Sous-trajectoire ondulatoire

Une sous-trajectoire ondulatoire est une courbe qui décrit de façon globale l'évolution des changements de direction (mouvements ascendants, descendants et horizontaux) des voix ou lignes mélodiques quelconques.

Le concept de sous-trajectoire ondulatoire est en fait similaire à celui de trajectoire ondulatoire. La différence qui existe entre ces deux notions consiste d'une part, en ce que la trajectoire ondulatoire concerne la mouvance ondulatoire globale d'une œuvre. D'autre part, la sous-trajectoire ondulatoire représente aussi la mouvance ondulatoire – mais cette fois-ci – d'une voix ou ligne mélodique à l'intérieur d'une œuvre donnée.

Pour comprendre plus efficacement la notion de sous-trajectoire ondulatoire, nous pouvons comparer cette notion à celle de lignes ou voix dans une œuvre polyphonique. En effet, si nous analysons par exemple une fugue à quatre voix, nous aurions donc quatre sous-trajectoires ondulatoires qui correspondraient chacune à une des voix polyphoniques.

La courbe qui décrirait la *cinétique globale* de la fugue sera donnée cette fois-ci par la *trajectoire ondulatoire*. Nous allons à présent analyser quelques mesures de la première fugue en do majeur du *Clavecin Bien Tempéré* de J.S. Bach de façon à expliciter de manière suffisamment compréhensible la notion de sous-trajectoire ondulatoire.

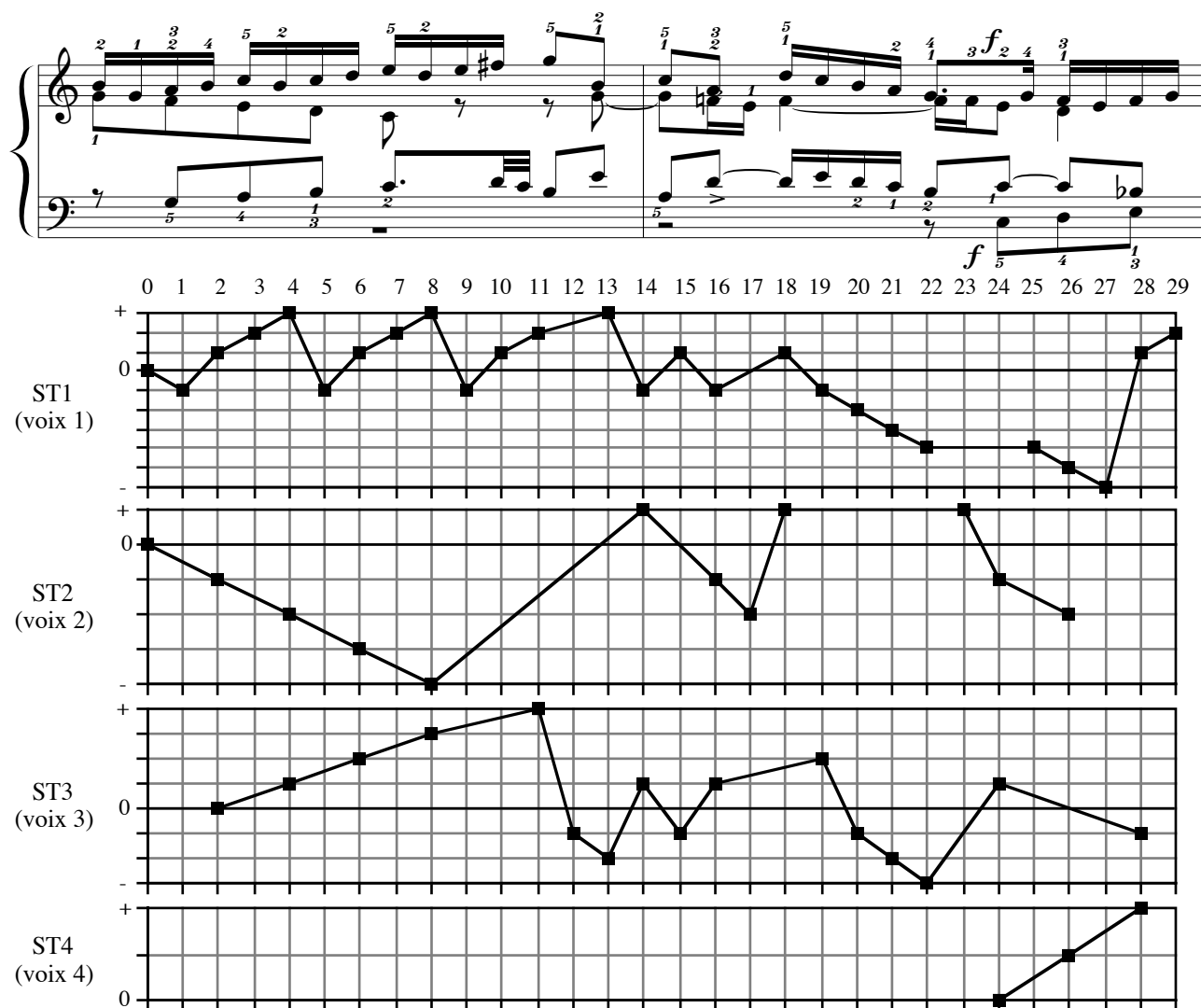


		Données Ondulatoires																													
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Voix 1		si4	sol4	la4	si4	do5	si4	do5	ré5	mi5	ré5	mi5	fa#5		sol6	si4	do5	la4		ré5	do5	si4	la4	sol4			sol4	fa4	mi4	fa4	sol4
	<i>O</i>	-1	+1	+1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	+1	+1		+1	-1	+1	-1		+1	-1	-1	-1	-1			0	-1	-1	+1	+1
Voix 2		sol4		fa4		mi4		ré4		do4					sol4		fa4	mi4	fa4						fa4	mi4		ré4			
	<i>O</i>			-1		-1		-1		-1					+1		-1	-1	+1							0	-1		-1		
Voix 3				sol3		la3		si3		do4			ré4	do4	si3	mi4	la3	ré4				mi4	ré4	do4	si3		do4				sib3
	<i>O</i>			+1		+1		+1		+1			+1	-1	-1	+1	-1	+1				+1	-1	-1	-1		+1				-1
Voix 4																											do3		ré3		mi3
	<i>O</i>																												+1		+1

Les sous-trajectoires ondulatoires des différentes voix de deux mesures (mesures 4 et 5) de la première fugue du *Clavecin Bien Tempéré* de J.S. Bach

Figure 43

La figure 43 de la page précédente, montre les données ondulatoires de chacune des quatre voix (mesures 4 et 5) de la fugue 1 du *Clavecin Bien Tempéré* de Bach. Nous pouvons constater que la partie la plus aiguë est représentée dans le tableau dans la colonne « *Voix 1* ». Les autres voix sont représentées dans les autres colonnes (voix 2, 3, 4). Nous pouvons comparer la partition avec le tableau de la figure 43 (ci-dessus). Ce tableau montre 29 données ondulatoires dans l'ordre d'apparition. Les données ondulatoires correspondantes à chaque sous-trajectoire ondulatoire sont notées, dans le tableau, au-dessous de chaque note. Par exemple, la donnée ondulatoire (0) de la voix 1 (sous-trajectoire ondulatoire 1), est 0, c'est-à-dire, l'origine de cette sous-trajectoire (note si⁴). La donnée ondulatoire (1) de cette voix 1 correspond à un mouvement descendant (-1), note sol⁴ et ainsi de suite.



Les quatre sous-trajectoires des mesures 4 et 5 de la *fugue 1* du *Clavecin bien tempéré* de Bach

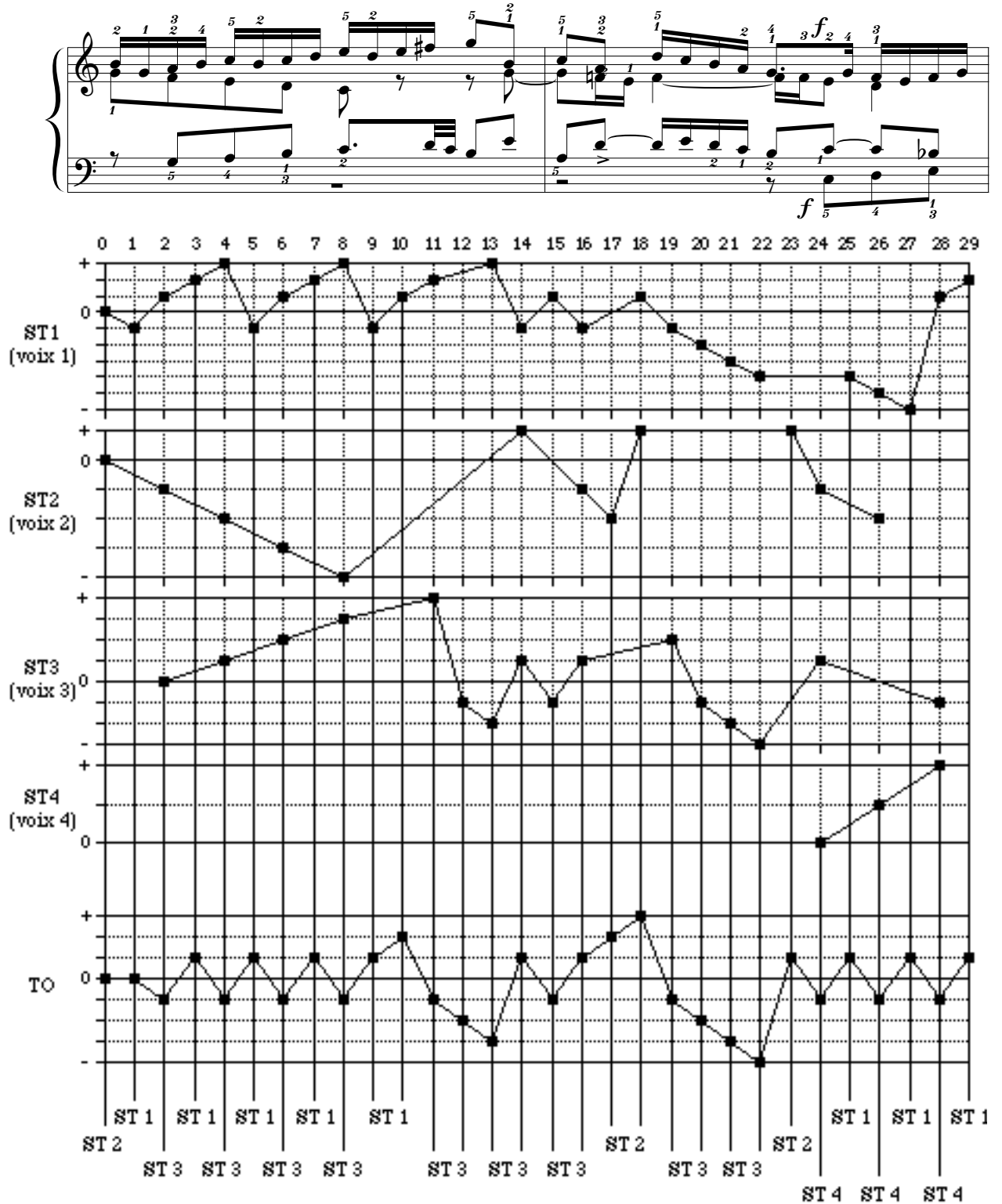
Figure 44

Dans la figure 44, ci-dessus (page précédente), nous pouvons visualiser le comportement cinétique et l'imbrication de chacune des sous-trajectoires ondulatoires des mesures 4 et 5 de cette *fugue* de Bach. Nous pouvons apprécier la direction ondulatoire de chaque voix des deux mesures analysées. Nous rappelons que, pour des soucis de clarté dans la représentation des points de chaque sous-trajectoire ondulatoire, chaque changement de direction des données positives ou négatives est renvoyé au « point initial » (-1 ou +1). Cela veut dire que, à chaque fois que apparaît dans une courbe un changement de direction, le point en question sera placé à l'endroit initial (-1 ou +1) plus proche de l'origine de la courbe (*O*). Nous rappelons que ce procédé sera employé – à travers tout le système ondulatoire – pour représenter graphiquement les trajectoires et les sous-trajectoires ondulatoires globales.

La figure 44 toujours dans la page précédente, permet d'observer le fonctionnement des « trajets » ondulatoires de chaque voix polyphonique. Le graphe permet aussi de visualiser comment la particularité polyphonique musicale de cet extrait musical de Bach se transcrit en termes ondulatoires. En regardant chaque sous-trajectoire ondulatoire, nous pouvons ainsi apercevoir le degré de complexité musicale et donc ondulatoire du passage analysé.

La figure 45, de la page suivante, montre les **sous-trajectoires ondulatoires (ST)** et la **trajectoire ondulatoire (TO)** du passage musical de Bach étudié précédemment. Nous pouvons apprécier comment les différentes voix polyphoniques vont pour ainsi dire, se fronder dans la trajectoire ondulatoire qui en résulte après l'analyse de ce passage musical. Nous avons placé dans la partie plus basse du graphe la trajectoire ondulatoire de cet extrait musical. Nous avons apposé des lignes verticales qui servent à signaler l'incidence de chaque point des sous-trajectoires ondulatoires par rapport à la trajectoire ondulatoire qui en résulte.

C'est grâce aux lignes verticales que nous pouvons constater la correspondance des points de chaque sous-trajectoire ondulatoire avec ceux de la trajectoire ondulatoire. Par exemple, la donnée ondulatoire (0) de la trajectoire ondulatoire concerne le point *zéro* de la sous-trajectoire ondulatoire 2 (ST 2). La donnée (1), concerne le point *un* de la sous-trajectoire 1 (ST 1). La donnée (2), concerne le point *deux* de la sous-trajectoire 3 (ST 3) et ainsi de suite.



Trajectoire et sous-trajectoires ondulatoires des mesures 4 et 5 de la *fugue 1* en do de J.S. Bach

Figure 45

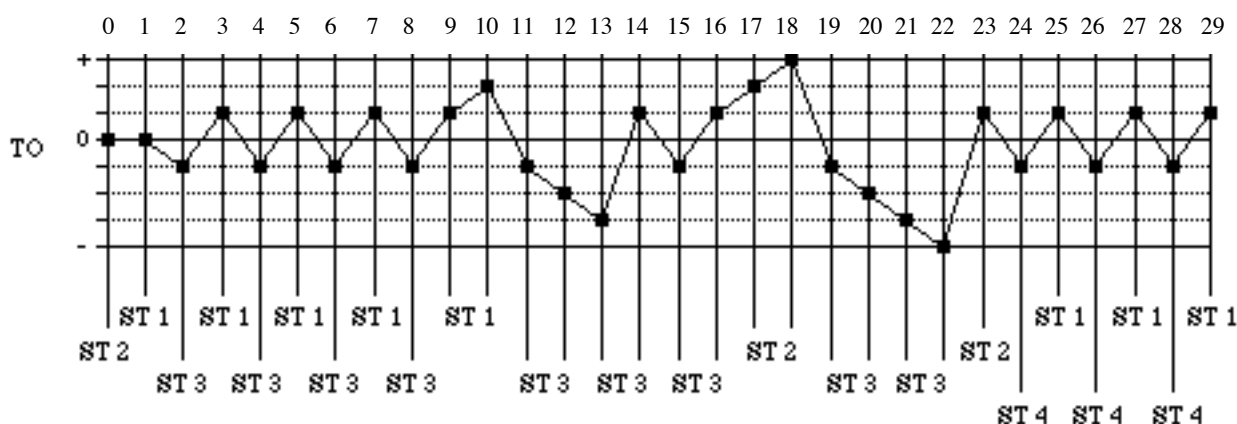
Nous rappelons que, dans une trajectoire ondulatoire, les données sont obtenues en prenant la fréquence la plus basse de l'ensemble des sons (ou notes) de chaque événement sonore. C'est-à-dire que, l'ensemble d'événements sonores étant situé dans un moment précis

de l'espace temporel d'une pièce de musique donnée, est conçu comme un son complexe dont la fréquence la plus basse est prise comme la « fondamentale » des fréquences contenues dans l'ensemble.

2.4.1. Conclusion

L'application du concept de sous-trajectoire ondulatoire permet d'élucider le fonctionnement ondulatoire des lignes ou des voix polyphoniques à l'intérieur d'un passage musical donné. Nous avons pu constater, grâce à la représentation en sous-trajectoires ondulatoires de chaque *voix*, la richesse et la complexité polyphonique d'un passage musical. Il est intéressant de constater, du fait de la représentation en trajets ondulatoires du passage analysé, l'imbrication de chaque sous-trajectoire ondulatoire dans la trajectoire ondulatoire (globale) qui en résulte.

C'est ainsi que la trajectoire ondulatoire d'un passage musical polyphonique se présente comme une structure sonore très complexe constituée de plusieurs niveaux. Dans le cas de l'exemple de la *fugue* de Bach que nous avons analysé, la trajectoire ondulatoire comporte quatre niveaux qui correspondent aux quatre voix polyphoniques.



Représentation graphique des différents niveaux de la trajectoire ondulatoire d'un passage musical

Figure 46

Ainsi nous pouvons déceler dans la figure 46 ci-dessus que la *sous-trajectoire* 1 correspond au niveau 1 (ST 1), La sous-trajectoire 2 correspond au niveau 2 (ST 2), et ainsi de suite. La figure 46, toujours ci-dessus, permet de visualiser la correspondance de chaque point de la trajectoire ondulatoire (TO) avec une sous-trajectoire spécifique.

Un détail très significatif, en ce qui concerne la structure imbriquée d'une trajectoire ondulatoire, comme dans le cas de notre exemple précédent (cf. la figure 45), consiste en ce que la disposition dans le tableau des différents niveaux des sous-trajectoires ondulatoires s'avère être d'extrême utilité. Ce type de disposition permet en effet d'avoir un aperçu des sous-trajectoires qui sont plus en relief que d'autres.

Un simple aperçu de la partition (mesures 4 et 5, cf. figure 45) laisse entrevoir, d'une part, que la voix intermédiaire, la sous-trajectoire 2, ne joue pas un rôle important si nous la comparons aux autres voix. D'autre part, les sous-trajectoires 3 et 4, à savoir, les voix polyphoniques qui sont écrites en clef de *fa* et qui contiennent le sujet de la fugue et qui ont donc une valeur musicale importante, vont se mettre en évidence aussi dans le graphe où les différents niveaux de la trajectoire ondulatoire sont représentés (cf. figures 45 et 46).

C'est ainsi que, – en regardant la partie basse de la figure 45 précédente – nous apercevons que la sous-trajectoire 2 n'est en relief que trois fois, mais de façon très éphémère, cf. les données ondulatoires 0, 17, 18 et 23. Par contre, nous pouvons apercevoir, toujours dans le graphe de la figure 45, que le sujet de la fugue, qui correspond à la sous-trajectoire 3 (ST 3), est présent dans sa totalité dans la trajectoire ondulatoire, cf. les données ondulatoires 3, 5, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21 et 22. Nous apercevons également que la sous-trajectoire 4 (ST 4) qui contient aussi le sujet de la fugue est présente pareillement dans la trajectoire ondulatoire, cf. les données ondulatoires 24, 26 et 28. Enfin, nous observons que la sous-trajectoire 1 (ST 1) c'est-à-dire la voix polyphonique la plus aigüe, est également présente dans la trajectoire ondulatoire. Cette voix 1, fonctionne comme une sorte d'axe ou pivot dans laquelle les quatre premiers sons du sujet de la fugue (ST 3 et 4) vont être intercalés par un son de cette sous-trajectoire 1 (ST 1), ce qui produira un mouvement typiquement ondulatoire de zigzag, cf. les données ondulatoires 2 à 10 et 24 à 29.

2.5. Segmentation

Dans le cadre de la théorie musicale ondulatoire nous définirons la notion de segmentation comme **la délimitation en fragments ou parties, donc en segments d'un flux sonore quelconque** (cf. [Mesnage, 1994 : 39]). Nous différencierons deux types de segmentations, d'une part, la **segmentation ondulatoire naturelle** et d'autre part, la **segmentation ondulatoire analytique**.

2.5.1. Segmentation ondulatoire naturelle

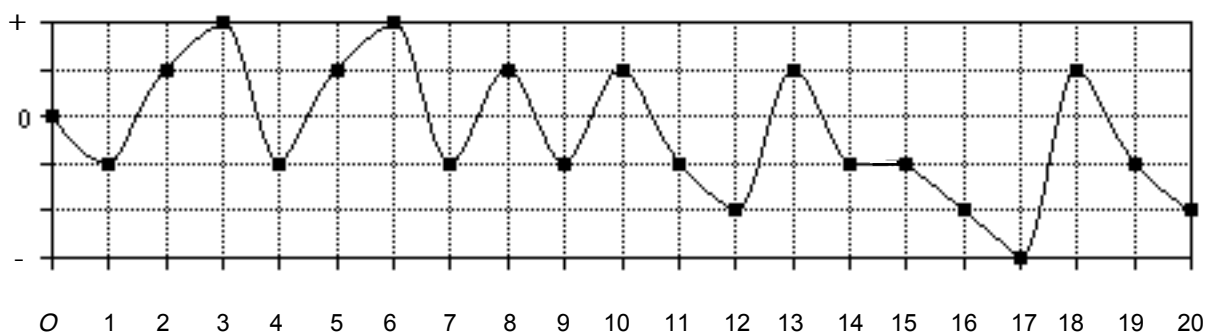
La segmentation (ondulatoire) naturelle d'un flux sonore ou musical est rendue visible à partir du moment où sa trajectoire ondulatoire est mise en évidence. Cela veut dire, il faut insister sur ce point, que **la segmentation ondulatoire naturelle consiste en la simple description en termes ondulatoires, c'est-à-dire en données ondulatoire d'un flux sonore quelconque**, (cf. 2.3.3.1. : 129).

Aucun critère de sélection n'est opéré ici pour localiser les segments du flux sonore, c'est justement pour cela que nous appelons « naturelle » ce type de segmentation.

Dans la segmentation naturelle les *segments ondulatoires naturels*⁴¹ et ses respectives données ondulatoires seront groupés en prenant seulement comme critère de segmentation la **similarité des mouvements (ascendants, descendants ou horizontaux) présents dans le flux sonore examiné**.

Pour illustrer notre démarche, nous allons localiser la segmentation naturelle de la trajectoire ondulatoire de la première pièce de *Structures* (Ia) de Boulez. La figure 47 (a), ci-dessous (page suivante), montre la trajectoire ondulatoire de cette pièce. La figure 47 (b), ci-dessous, montre les données ondulatoires de cette trajectoire.

⁴¹ Nous parlerons de la notion de segment ondulatoire naturel plus bas dans ce chapitre.



Trajectoire ondulatoire de la première pièce de *Structures* de Boulez (mesures 1-7)

Figure 47 (a)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
(O	-1	+1	+1	-1	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	0	-1	-1	+1	-1	-1)

Données ondulatoires de la trajectoire ondulatoire de la première pièce de *Structures* de Boulez (mesures 1-7)

Figure 47 (b)

Grâce à la figure 47 b, nous pouvons constater que l'agencement des données ondulatoires d'une trajectoire ondulatoire, dans le cas précis de la trajectoire ondulatoire de cette pièce de Boulez, procure déjà un aperçu certes *incomplet* de la segmentation naturelle du flux sonore.

Alors, pour rendre réellement visible la segmentation naturelle de ce passage il nous faut simplement séparer ou différencier d'une part, les mouvements ascendants, d'autre part, les mouvements descendants et enfin, les mouvements horizontaux de la trajectoire ondulatoire. La figure 48, ci-dessous, montre la segmentation naturelle de la trajectoire ondulatoire de *Structures Ia* de Boulez (mesures 1-7).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
-1	+1 +1	-1	+1 +1	-1	+1	-1	+1	-1 -1	+1	-1	0	-1 -1	+1	-1 -1

Segmentation ondulatoire naturelle de *Structures Ia* (mesures 1-7)

Figure 48

Grâce à la figure 48, ci-dessus, nous pouvons visualiser de façon optimale la segmentation naturelle de la trajectoire ondulatoire de *Structures Ia* (mesures 1-7). Nous pouvons déceler que la segmentation naturelle de ce flux sonore comporte 15 segments.

Si nous examinons avec minutie la structure segmentée de ce passage musical synthétisé dans sa trajectoire ondulatoire, nous apercevons des symétries dans l'agencement des données ondulatoires qui sont dévoilées grâce à l'application de la segmentation naturelle. C'est justement là que la *notion de répétition* dans le sens ample du terme acquiert une valeur d'importance capitale.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
-1	+1 +1	-1	+1 +1	-1	+1	-1	+1	-1 -1	+1	-1	0	-1 -1	+1	-1 -1

Segmentation ondulatoire naturelle de *Structures Ia* de Boulez (mesures 1-7)

Figure 49

1	2	3	4	5
-1	+1 +1	+1	-1 -1	0

Segments ondulatoires naturels de *Structures Ia* de Boulez (mesures 1-7)

Figure 50

Dans la figure 49, ci-dessus, nous pouvons observer la segmentation naturelle de la trajectoire ondulatoire de ce passage musical. La figure 50, ci-dessus, montre, par ordre d'apparition, les cinq segments qui constituent la *segmentation naturelle* de la trajectoire ondulatoire de *Structures Ia* (mesures 1-7) de Boulez. Nous pouvons apercevoir, dans la même figure 50, ci-dessus, que le premier segment est constitué d'un mouvement descendant (-1). Le deuxième segment comporte deux mouvements ascendants (+1 +1). Le troisième segment décrit un mouvement ascendant (+1), le quatrième segment, deux mouvements descendants, et enfin le cinquième segment, représente un mouvement horizontal (0).

2.5.1.1. Segment (ondulatoire) naturel

Nous définirons un segment naturel (SN) comme un fragment ou partie situé à l'intérieur d'une trajectoire ondulatoire dont sa structure est le résultat de la réunion d'un ou plusieurs mouvements qui décrivent une *direction similaire*.

1	2	3	4	5
-1	+1 +1	+1	-1 -1	0

Segments ondulatoires naturels de *Structures* Ia de Boulez (mesures 1-7)

Figure 51

La figure 51, ci-dessus, montre les segments naturels qui forment la structure de la trajectoire ondulatoire et de la segmentation naturelle de la première page de *Structures* Ia pour deux pianos de Boulez (cf. page précédente).

2.5.2. Segmentation ondulatoire analytique

La segmentation (ondulatoire) analytique (SOA) est une modalité de segmentation dans laquelle les segments sont mis en place ou choisis à partir d'une étude minutieuse de l'agencement des mouvements (ascendants, descendants et horizontaux) à l'intérieur d'une trajectoire ondulatoire ou d'une structure algorithmique quelconque.

Les critères de sélection pour localiser les segments ondulatoires consisteront en l'étude de régularités, répétitions symétries et différenciation (entre autres) des mouvements de la trajectoire ondulatoire du flux sonore analysé.

C'est pour cela que nous dénommerons **analytique** ce type de segmentation parce que, premièrement, il faut que l'analyste intervienne pour examiner et après pour choisir, selon son

jugement, les segments ondulatoires lesquels seront les plus pertinents pour décrire, en termes ondulatoires, la structure formelle de l'œuvre analysée. Deuxièmement, parce que la segmentation ondulatoire analytique est l'un des outils fondamentaux de la méthode d'*analyse ondulatoire*.

2.5.2.1. Segment ondulatoire

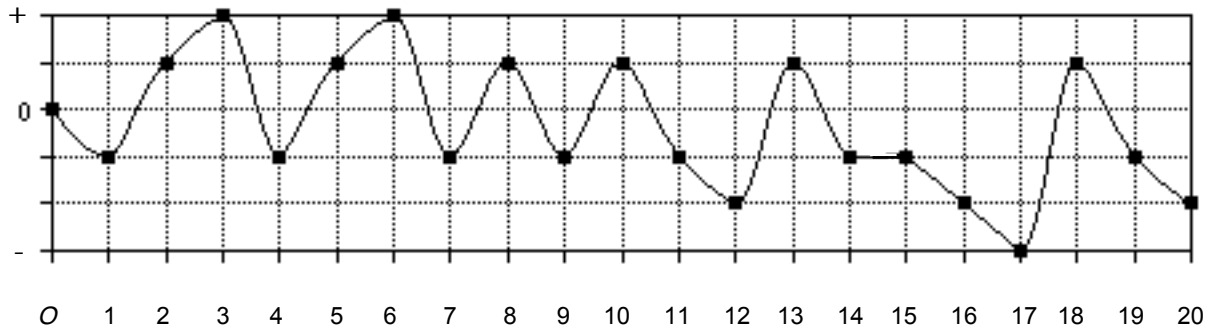
Nous définirons un segment ondulatoire (SO) comme un fragment ou partie d'une trajectoire ondulatoire ou d'une courbe quelconque. Au contraire du segment naturel (cf. page précédente), la structure d'un segment ondulatoire peut être formée par un nombre quelconque de mouvements de direction similaire ou non.

Chaque segment ondulatoire sera établi après avoir opéré une analyse minutieuse de régularités, répétitions, symétries et différenciations (entre autres) des mouvements de la trajectoire ondulatoire du flux sonore analysé. Les segments ondulatoires choisis permettront ainsi de comprendre d'abord, le mécanisme dynamique et ensuite la forme de la trajectoire ondulatoire de l'œuvre-son analysée.

2.5.2.2. Un exemple de segmentation ondulatoire analytique (*Structures Ia de Boulez*)

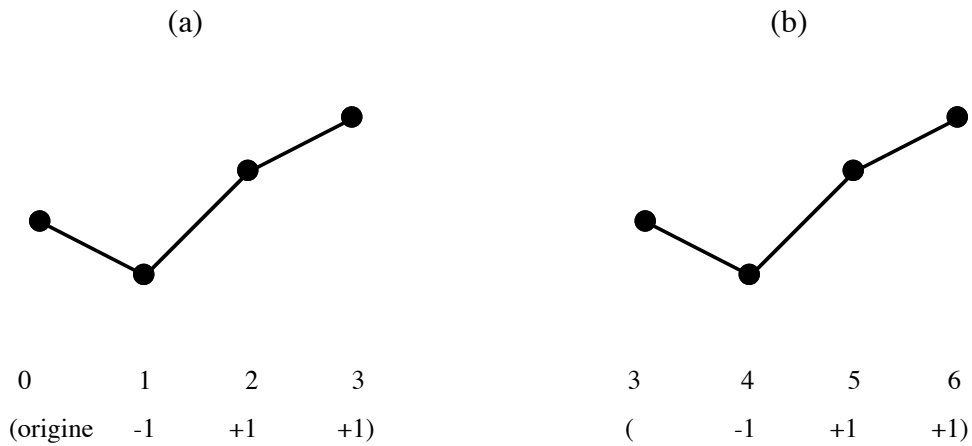
Pour illustrer notre démarche, nous allons analyser la trajectoire ondulatoire des sept premières mesures de *Structures Ia* pour deux pianos de Boulez. Nous allons donc extraire les segments ondulatoires qui, selon notre critère, articulent de façon optimale la forme de la trajectoire ondulatoire de cette œuvre.

Un premier regard sur la structure de la trajectoire ondulatoire de notre exemple permet d'apercevoir qu'il y a un segment ondulatoire qui domine la structure de la trajectoire ondulatoire. Ce segment est formé par un mouvement descendant et deux mouvements ascendants (-1 +1 +1), (cf. page suivante).



Trajectoire ondulatoire de la première pièce de *Structures* de Boulez (mesures 1-7)

Figure 52

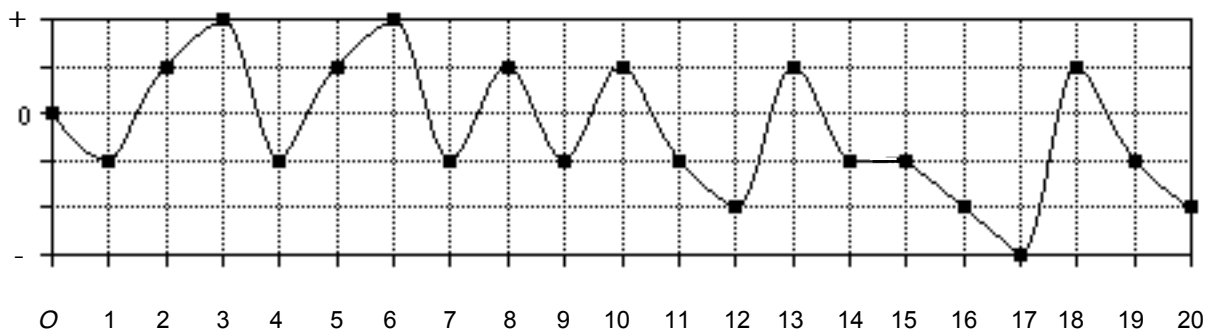


Premier et deuxième segments ondulatoires de *Structures* Ia

Figure 53

La figure 52 montre la trajectoire ondulatoire de *Structures* Ia. Nous pouvons apercevoir que, les quatre premiers moments de la trajectoire ondulatoire, c'est-à-dire les données ondulatoires 0, 1, 2 et 3 décrivent un segment ondulatoire formé par un mouvement descendant et deux mouvements ascendants (-1 +1 +1). La figure 53 (a), montre le segment ondulatoire qui correspond à cette série de moments de la trajectoire ondulatoire. Si nous regardons maintenant les données 3, 4, 5 et 6 (figure 52 ci-dessus), nous apercevrons que le même segment ondulatoire est répété (cf. figure 53 (b)).

Dans les données ondulatoires suivantes (6, 7, 8, 9 et 10) nous avons trouvé deux segments formés chacun par un mouvement descendant et un mouvement ascendant (-1 +1).



Trajectoire ondulatoire de la première pièce de *Structures* de Boulez (mesures 1-7)

Figure 54

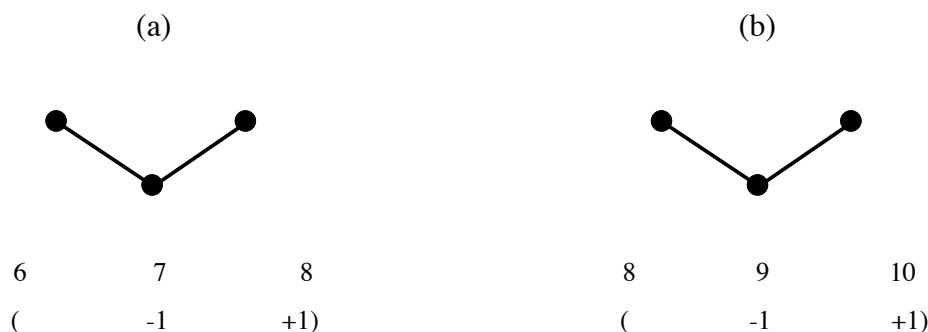
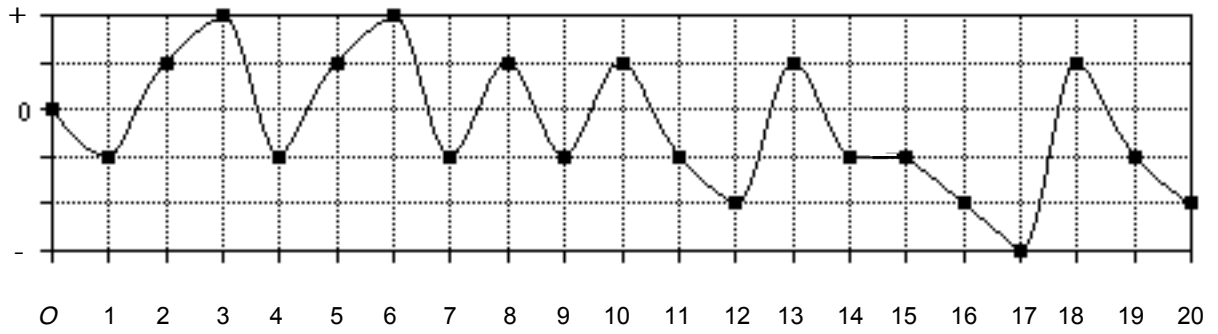


Figure 55 : Troisième et quatrième segments ondulatoires de *Structures* Ia

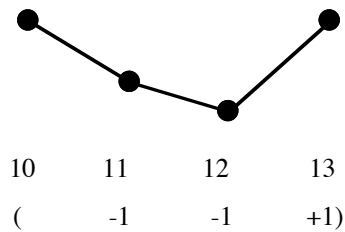
La figure 54 montre la trajectoire ondulatoire de *Structures* Ia. Nous pouvons apercevoir que, les données ondulatoires 6, 7, 8, 9 et 10 décrivent deux segments ondulatoires formés par un mouvement descendant et un mouvement ascendant (-1 +1). La figure 55 (a), montre le segment ondulatoire qui correspond aux données 6, 7 et 8. La figure 55 (b), montre le segment ondulatoire qui correspond aux données 8, 9 et 10.

En continuant notre analyse de la trajectoire ondulatoire de cette pièce musicale, nous trouvons que, le segment ondulatoire suivant, c'est-à-dire le segment qui correspond aux données ondulatoires 10, 11, 12 et 13, est le même segment ondulatoire que nous avons trouvé au début de cette trajectoire, (segment (-1 +1 +1)). Mais ce segment ondulatoire se trouve modifié, c'est-à-dire qu'il est permuté. Il décrit le premier segment de la trajectoire, le segment ondulatoire (-1 +1 +1), mais dans sa forme rétrograde inversée, c'est-à-dire (-1 -1 +1), cf. les figures 56 et 57 suivantes.



Trajectoire ondulatoire de la première pièce de *Structures* de Boulez (mesures 1-7)

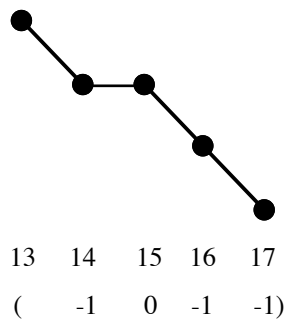
Figure 56



Cinquième segment ondulatoire de *Structures* Ia

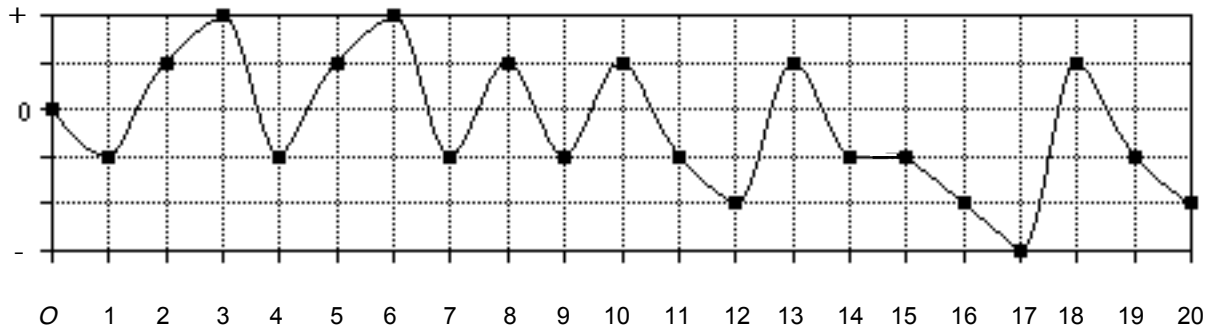
Figure 57

Pour les données ondulatoires 13 à 17, nous avons trouvé un segment ondulatoire formé par un mouvement descendant, un mouvement horizontal et deux mouvements descendants (-1 0 -1 -1). La figure 58 ci-dessous montre ce segment ondulatoire.



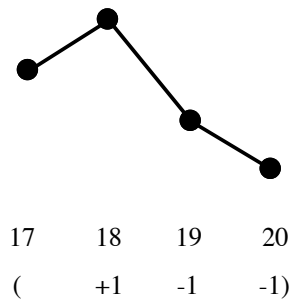
Sixième segment ondulatoire de *Structures* Ia

Figure 58



Trajectoire ondulatoire de la première pièce de *Structures* de Boulez (mesures 1-7)

Figure 59



Dernier segment ondulatoire de *Structures* Ia de Boulez

Figure 60

Pour les dernières données ondulatoires, les données 17 à 20, nous avons trouvé une fois de plus le segment ondulatoire du début de notre extrait musical. Il s'agit du segment constitué par les mouvements (-1 +1 +1) (cf. figure 59 ci-dessus, les données ondulatoires 0 à 3), mais cette fois-ci dans sa forme inversée, c'est-à-dire (+1 -1 -1) (cf. les données ondulatoires 17 à 20 de la figure 59 ci-dessus).

La figure 60 ci-dessus montre de façon plus visible le dernier segment ondulatoire de *Structures* Ia de Boulez (mesures 1 à 7).

2.5.3. Conclusion

L'extraction des segments ondulatoires de la trajectoire ondulatoire de *Structures Ia* pour deux pianos de Boulez (mesures 1 à 7) nous a permis de montrer le fonctionnement de la segmentation ondulatoire analytique.

La segmentation ondulatoire analytique émerge comme l'un des outils les plus importants que le système musical ondulatoire peut offrir. Avec cet outil, nous serons en capacité de comprendre les différentes modalités d'organisation mises en place par le compositeur dans une œuvre donnée. Ces modalités d'organisation seront étudiées à partir de la trajectoire ondulatoire que la pièce génère.

La mise en place de la part de l'analyste des segments ondulatoires de la trajectoire ondulatoire de l'œuvre permettra de mettre en valeur la pertinence formelle de l'œuvre analysée. La trajectoire ondulatoire que l'œuvre génère, serait aussi une source inappréciable d'étude, ainsi que pour la compréhension des structures *cachées* de l'œuvre.

Ces structures avant cachées et désormais dévoilées grâce à la segmentation ondulatoire analytique nous mènent à penser que nous sommes en train d'approcher au moins à une partie du mystère des *structures formelles de la musique*. Ce mystère concerne l'invention des formes, l'*aspect morphologique ondulatoire* que l'œuvre musicale comporte de manière irréfutable en elle-même.⁴²

Nous constaterons plus tard, lorsque nous aborderons le chapitre consacré à l'analyse musicale ondulatoire, la valeur fondamentale ainsi que la portée théorique et pratique de la segmentation ondulatoire analytique.

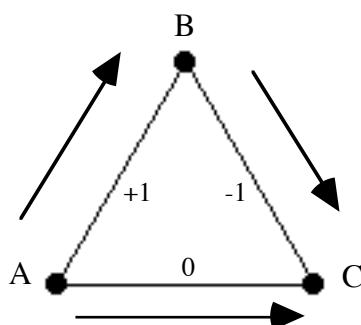
⁴² En ce qui concerne l'invention de formes et la morphologie en générale, nous recommandons (parmi une très vaste littérature) les travaux de Alain Boutot, *L'invention des formes*, [Boutot, 1993], d'Ian Stewart, *La nature et les nombres*, [Stewart, 1998].

2.6. La structure ondulatoire fondamentale

Nous définirons la *structure ondulatoire fondamentale* (SOF) comme un *objet* ou un *ensemble* dans lesquels sont représentés les trois mouvements possibles (non répétés) – mouvement ascendant, descendant et horizontal – qu'une trajectoire ou sous-trajectoire ondulatoire quelconque peut contenir.⁴⁴ **En conséquence, la SOF émerge ainsi comme l'élément essentiel par excellence duquel toutes les trajectoires et sous-trajectoires ondulatoires sont originaires.** Or, une trajectoire ou sous-trajectoire ondulatoire ne serait donc autre chose qu'une structure, certes très complexe, formée à partir des processus de *prolifération* dans lesquels *la notion de répétition est implicite*. C'est justement là que cette notion de *répétition (ondulatoire)* acquiert donc un statut de première importance en musique et par conséquence au sein du système musical ondulatoire.

2.6.1. Représentation géométrique de la structure ondulatoire fondamentale

En tant qu'*objet*, nous symboliserons la structure ondulatoire fondamentale par un triangle. Nous assignerons au côté gauche de ce triangle le mouvement ascendant [AB], ensuite du côté droit, le mouvement descendant [BC] et enfin à la base du triangle, nous placerons le mouvement horizontal [AC] (cf. figure 61 ci-dessous).



Représentation géométrique de la structure ondulatoire fondamentale

Figure 61

⁴⁴ Il est très important de rappeler que cela s'applique aussi au domaine des ondes sonores dans leur représentation dans un espace à deux dimensions.

2.6.2. Représentation ensembliste de la structure ondulatoire fondamentale

L'*ensemble* qui représente la structure ondulatoire fondamentale, nous le dénommerons l'ensemble *SOF*. Cet ensemble contient, comme nous l'avons vu précédemment, trois éléments (non répétés), à savoir un mouvement ascendant (+1), un mouvement descendant (-1) et un mouvement horizontal (0)

L'ensemble *SOF*, ce que se lit « Structure Ondulatoire Fondamentale » qui contient les *trois mouvements possibles* (non répétés) qu'une trajectoire ou sous-trajectoire ondulatoire quelconque peut contenir est défini en extension de la manière suivante :

$$SOF = \{(+1), (-1), (0)\}$$

Or, cet ensemble représente **la structure (ondulatoire) fondamentale** par excellence c'est-à-dire, les éléments constituants desquels toutes les trajectoires et sous-trajectoires ondulatoires sont originaires. Et cela s'applique aussi (par logique) à la segmentation ondulatoire naturelle, ondulatoire analytique et enfin aux segments naturels et ondulatoires (cf. les paragraphes précédents, (2.5. : 140) et subséquents).

2.6.3. Conclusion

Le concept de structure ondulatoire fondamentale émerge comme l'un des plus édifiants des concepts de notre théorie. Ce concept constitue une représentation la plus synthétisante qu'il soit du phénomène musical en termes ondulatoires. **Pour cela, la structure ondulatoire fondamentale sera considérée comme la substance essentielle** (en termes morphologiques) **de toute œuvre musicale.**

Nous voulons rappeler l'existence d'un concept plus au moins similaire à notre concept de *structure ondulatoire fondamentale*, il s'agit de celui de *structure fondamentale* « *Ursatz* », terme utilisé par Heinrich Schenker dans son célèbre livre « *Der Freie Satz* » (cf. [Schenker, 1979a : 4]). Pour des raisons pratiques, nous n'allons pas discuter ici la pertinence ou non des idées de Schenker. Mais, nous voulons faire noter la correspondance sur un plan nettement conceptuel entre ces deux notions. Schenker cherchait à établir, dans sa

démarche, une vision cohérente et organique de la musique **tonale** [Schenker, 1979a : xxi, xxiii, 5, 9]. C'est à partir de cette notion de structure fondamentale qu'il va édifier sa théorie.

En effet, sa notion de structure fondamentale est le premier concept avec lequel commence son livre « *Der Freie Satz* », ce concept est aussi le point de départ de toutes les analyses qu'il effectuera [Bent & Drabkin, 1987 : 138, 139]. Nous voudrions signaler aussi la représentation en forme de triangle que Schenker donne à son concept de structure fondamentale [Schenker, 1979a : 15] et [Schenker, 1979b : figure 7]. Il s'agit de l'arpège de la basse « *Bassbrechung* » de la structure fondamentale Schenkerienne.

Cela nous rappelle la représentation en forme de triangle *aussi* que nous avons adopté pour désigner notre concept de structure ondulatoire fondamentale (cf. le paragraphe (2.6. : 150)).

Nous avons décidé de parler de Schenker dans cette conclusion, car nous pensons que nous ne pouvons pas négliger ici l'importance de la démarche de cet auteur. Nous pensons que les analogies par rapport à certaines des idées que nous avons développées ici et celles de Schenker font preuve de l'approche, certes nouvelle, de notre théorie en même temps qu'elles s'inscrivent aussi dans une forme de continuité, certes, à distance mais nous la croyons valable. Mais, parallèlement, il est prudent aussi de rappeler que la démarche Schenkerienne est bornée essentiellement à la musique tonale, elle n'est pas morphologique. Notre démarche, par contre, elle aborde la musique – sous l'angle morphologique – sans aucune restriction par rapport à ses matériaux sonores.

Nous pensons que l'enjeu musical envisagé à partir du *paradigme ondulatoire* peut à juste titre nous approcher, nous l'espérons ainsi, d'une certaine vérité intrinsèque et objective de la musique.

2.7. L'ensemble TO qui contient tous les mouvements d'une trajectoire ondulatoire

L'ensemble qui contiendrait tous les mouvements d'une trajectoire ou sous-trajectoire ondulatoire, nous le dénommerons l'ensemble *TO*, ce que se lit « Trajectoire Ondulatoire ».⁴⁵

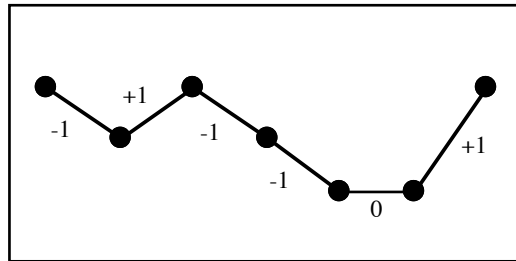
⁴⁵ Pour une sous-trajectoire ondulatoire l'ensemble s'appellera *STO*, ce que se lit « Sous-Trajectoire Ondulatoire ».

L'ensemble TO est défini en extension de la manière suivante :

$$TO = \{(+1)_{1\dots n}, (-1)_{1\dots n}, (0)_{1\dots n}\}$$

Nous allons prendre une trajectoire ondulatoire très courte pour expliciter notre démarche. La trajectoire de laquelle nous allons extraire ses mouvements est constituée de sept moments sonores et donc six mouvements (cf. (2.2.3. : 128)).

Voici donc la trajectoire, (figure 62 ci-dessous). Cette trajectoire ondulatoire contient 6 mouvements, à savoir $(-1, +1, -1, -1, 0, +1)$.

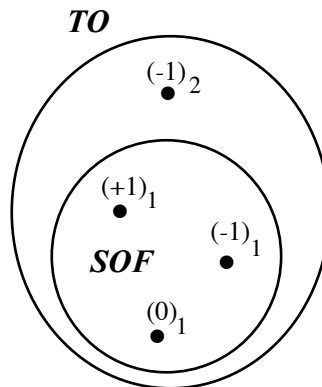


Une trajectoire ondulatoire de six mouvements

Figure 62

L'ensemble TO de cette trajectoire définie en extension est donc :

$$TO = \{(+1), (-1)_1, (-1)_2, (0)\}$$



Relation d'inclusion entre l'ensemble SOF et l'ensemble TO de la trajectoire ondulatoire de la figure 62

Figure 63

La figure 63 ci-dessus montre la relation d'inclusion entre les ensembles

SOF et *TO* : $SOF \subseteq TO$. Et, l'ensemble *TO* de tous les éléments, même répétés, de cette trajectoire ondulatoire défini par ordre d'occurrence et en extension est :

$$TO = \{(-1)_1, (+1), (-1)_1, (-1)_2, (0), (+1)\}$$

Alors, l'ensemble *SOF* serait inclus dans la plupart des cas dans l'ensemble *TO*, sauf dans certaines trajectoires ondulatoires qui ne contiendraient pas tous les trois éléments de l'ensemble *SOF*.

2.8. Extension maximale

Dans le cadre de la théorie musicale ondulatoire nous entendrons par *extension maximale* (EM), la somme de tous les mouvements *successifs* ascendants, descendants ou horizontaux présents dans une trajectoire ou segment ondulatoire.

Dans le cas, par exemple, d'un segment ondulatoire formé par la structure $(-1 +1 -1 -1 0 +1)$, cf. figure 64 ci-dessous, l'**extension maximale des mouvements ascendants** du segment ondulatoire $(-1 +1 -1 -1 0 +1)$, serait de 1, car il n'y a qu'un seul mouvement ascendant dans ce segment ondulatoire.

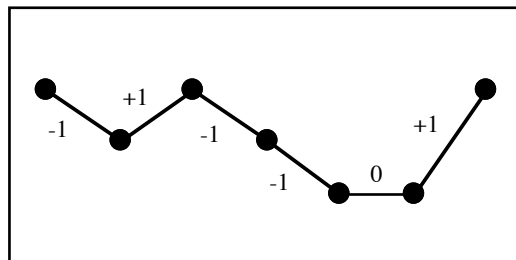


Figure 64

L'**extension maximale des mouvements descendants** du segment ondulatoire $(-1 +1 -1 -1 0 +1)$ de la figure 64 ci-dessus, serait de 2, car il y a deux mouvements descendants *successifs* $(-1 -1)$ dans ce segment ondulatoire.

L'extension maximale des mouvements horizontaux du segment ondulatoire (-1 +1 -1 -1 0 +1) de la figure 64 ci-dessus (page précédente), est de 1, car il n'y a qu'un seul mouvement horizontal dans ce segment ondulatoire.

2.9. Extension ondulatoire totale

Nous définirons l'extension ondulatoire totale (EOT) d'une œuvre comme un *objet* ou *ensemble* qui contiendra les *extensions maximales* (cf. page précédente) des mouvements ascendants, descendants ou horizontaux de la trajectoire ondulatoire d'une œuvre donnée.

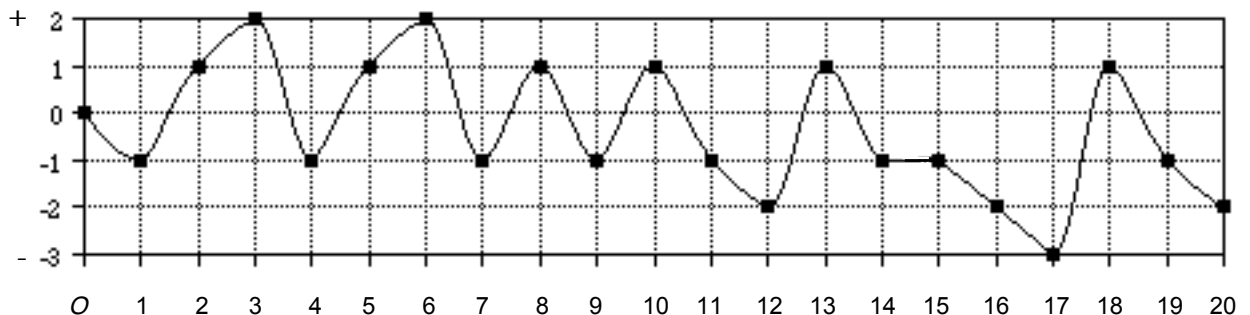
Cette EOT sera représentée par les données ondulatoires correspondantes à chaque composant des extensions maximales des mouvements ascendants, descendants ou horizontaux de la trajectoire ondulatoire de l'œuvre en question.

Pour représenter l'extension ondulatoire totale d'une œuvre, nous utiliserons deux méthodes.

La première consistera en l'utilisation de figures géométriques telles que le triangle.

La deuxième méthode consistera en une représentation de type ensembliste.

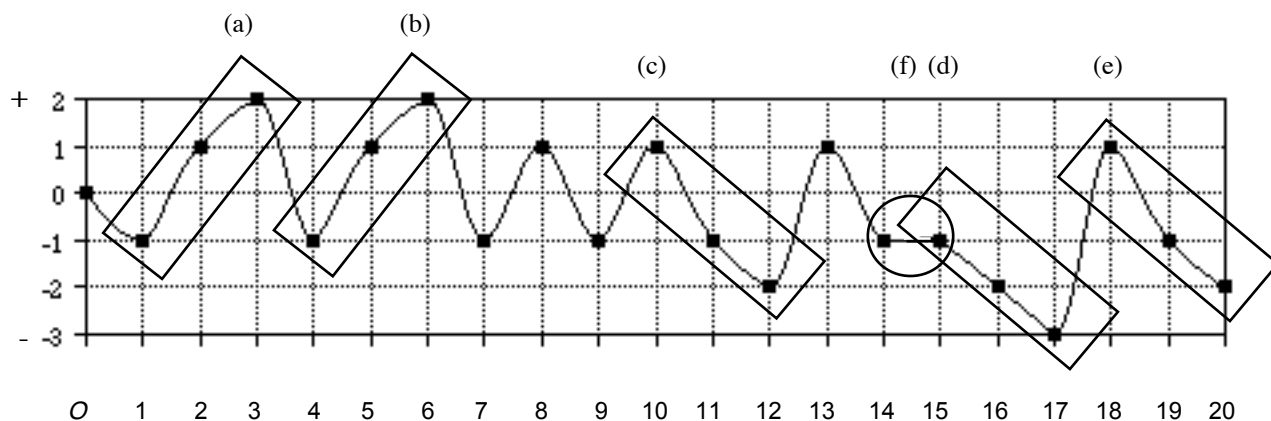
Pour illustrer notre démarche, nous allons prendre la trajectoire ondulatoire de l'œuvre de Boulez que nous avons utilisée déjà dans d'autres exemples, il s'agit de *Structures* Ia pour deux pianos (mesures 1 à 7).



Trajectoire ondulatoire de la première pièce de *Structures* de Boulez (mesures 1-7)

Figure 65

En regardant la trajectoire ondulatoire de notre exemple, nous observons que l'extension maximale de mouvements ascendants est de 2, cf. les données ondulatoires 1, 2, 3 et 4, 5, 6 de la figure 66 ci-dessous.



Trajectoire ondulatoire de la première pièce de *Structures* de Boulez (mesures 1-7)

Figure 66

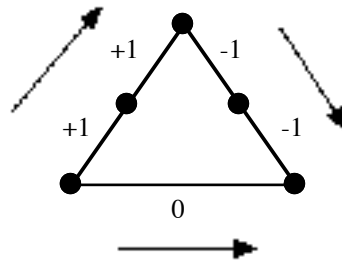
Nous pouvons déceler clairement l'*extension maximale des mouvements ascendants* de la trajectoire ondulatoire de la figure 66. Comme nous pouvons le constater, elle est formée de deux mouvements ascendants successifs (+1, +1), lettre (a) de la figure 66. Nous pouvons aussi constater que cette EM (extension maximale) se répète deux fois, lettres (a) et (b) de la figure 66.

Par rapport à l'*extension maximale des mouvements descendants*, nous constatons en regardant le graphe de la figure 66 (ci-dessus) qu'elle comporte deux mouvements descendants successifs, lettre (c). Nous pouvons aussi constater que cette EM se répète trois fois dans cette trajectoire, lettres (c), (d) et (e) de la figure 66.

Enfin, en ce qui concerne l'*extension maximale des mouvements horizontaux*, nous constatons en regardant toujours le graphe de la figure 66 qu'elle comporte un seul mouvement horizontal, lettre (f).

2.9.1. Représentation géométrique de l'extension ondulatoire totale

Maintenant, nous allons représenter graphiquement l'extension ondulatoire totale de la trajectoire ondulatoire de cette pièce pour deux pianos de Boulez (cf. page précédente).



L'extension ondulatoire totale de la première pièce de *Structures Ia* de Boulez (mesures 1-7)

Figure 67

La figure 67, montre graphiquement l'EOT (extension ondulatoire totale) de la trajectoire ondulatoire de *Structures Ia* (mesures 1-7). Nous pouvons observer les mouvements qui la forment à savoir deux mouvements ascendants, deux mouvements descendants et un mouvement horizontal. Il est intéressant de noter la réduction ou la synthèse qui s'opère à partir du moment où l'on extrait l'EOT d'une trajectoire ondulatoire. Dans le cas de cette pièce qui comporte 21 moments sonores, son EOT est de 5 données (ou mouvements).

2.9.2. Représentation ensembliste de l'extension ondulatoire totale

L'ensemble qui représente l'extension ondulatoire totale, nous le dénommerons l'ensemble *EOT*. Cet ensemble contient, comme nous l'avons exprimé précédemment, les données ondulatoires correspondantes à chaque composant des extensions maximales des mouvements ascendants, descendants ou horizontaux de la trajectoire ondulatoire d'une œuvre (cf. le paragraphe 2.8. précédent).

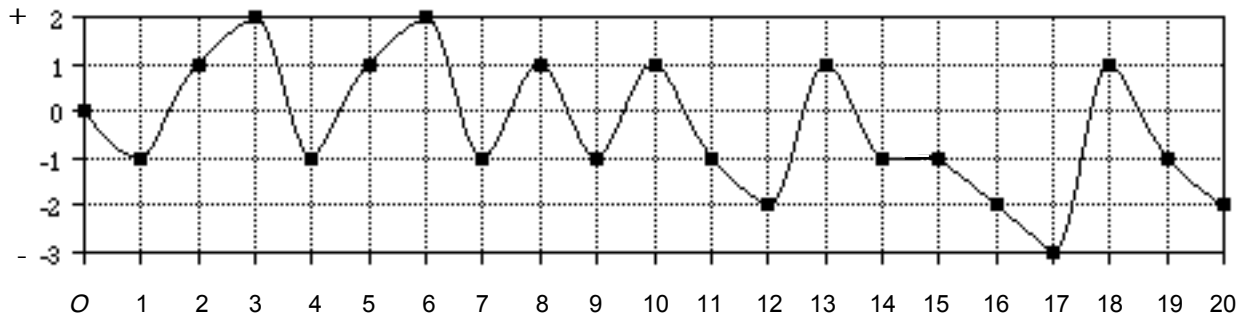
Nous allons maintenant prendre les données ondulatoires de la trajectoire ondulatoire de notre exemple de la figure 67 ci-dessus pour énoncer l'ensemble *EOT* de cette trajectoire.

Les données ondulatoires qui forment l'EOT de la trajectoire ondulatoire de *Structures Ia* est : (+1, +1, -1, -1, 0). Alors, l'ensemble *EOT*, ce que se lit « Extension Ondulatoire Totale » de *Structures Ia* est définie en extension par :

$$EOT = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2, (0)\}$$

Nous avons énoncé dans le paragraphe 2.4. ci-dessus qu'une trajectoire ou sous-trajectoire ondulatoire ne serait donc autre chose qu'une structure, certes très complexe, formée à partir des processus de *prolifération* dans lesquels *la notion de répétition est implicite*. En regardant la trajectoire ondulatoire de cet extrait de Boulez, la figure 68 ci-dessus, nous pouvons noter que l'élément $(-1)_1$ de l'ensemble *EOT* se répète 8 fois (cf. les données ondulatoires 1, 4, 7, 9, 11, 14, 16 et 19 de la figure 68 ci-dessous).

L'élément $(+1)_1$ de l'ensemble *EOT* est répété 6 fois (cf. les données ondulatoires 2, 5, 8, 10, 13 et 18). L'élément $(+1)_2$ se répète deux fois (cf. les données ondulatoires 3 et 6 de la figure 68 ci-dessous). L'élément $(-1)_2$ est répété 3 fois (cf. les données ondulatoires 12, 17 et 20). Enfin, l'élément (0) apparaît une seule fois (cf. la donnée ondulatoire 15).



Trajectoire ondulatoire de la première pièce de *Structures* de Boulez (mesures 1-7)

Figure 68

De la même façon, l'ensemble *TO* (cf. 2.7 : 152) de tous les éléments, même répétés, de cette trajectoire ondulatoire défini par ordre d'apparition et en extension est :

$$TO = \{(-1)_1, (+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (+1)_1, (-1)_1, (+1)_1, (-1)_1, (-1)_2, (+1)_1, (-1)_1, (0), (-1)_1, (-1)_2, (+1)_1, (-1)_1, (-1)_2\}$$

2.9.3. Conclusion

Le concept d'*extension ondulatoire totale* (EOT) permet d'avoir un aperçu global de la *tessiture* des mouvements ascendants, descendants et horizontaux de la trajectoire ondulatoire d'une œuvre. L'ensemble *EOT* ainsi que sa symbolisation triangulaire qui représente cette tessiture renseignent déjà sur les limites de la cinétique ondulatoire d'une pièce de musique.

Cette notion de tessiture ondulatoire émerge comme un outil très souple qui permet de localiser l'œuvre dans un espace ondulatoire limité. Grâce à cet espace délimité, c'est-à-dire l'EOT, nous pouvons élucider certaines des caractéristiques morphologiques essentielles de l'œuvre. Par exemple, nous serons en condition de pouvoir évaluer les relations entre la mouvance ondulatoire d'une œuvre par rapport à son extension ondulatoire totale. Nous pensons aussi qu'il serait plausible d'établir d'études de comparaison entre la complexité de l'œuvre vis-à-vis de son extension ondulatoire totale.

Aussi, nous pourrions étudier les différentes modalités d'équilibre entre l'EOT de l'œuvre, et comment, cet équilibre se traduit ou non, dans le devenir sonore de l'œuvre. Or, ces différentes modalités d'équilibre nous amèneront à définir une notion que nous appellerons « équilibre ondulatoire » dans lequel il faudrait déterminer les critères de pertinence de cette notion d'équilibre. En outre, il faudrait aussi penser en la contribution que la segmentation ondulatoire analytique pourrait donner à cette démarche.

Nous pensons qu'avec les quatre concepts fondamentaux que nous avons exposés précédemment (cf. les paragraphes 2.1. et suivants) et les concepts de *structure ondulatoire* fondamentale et celui d'*extension ondulatoire totale*, nous avons un outil qui peut se révéler satisfaisant pour édifier ce que nous appellerons désormais l'*unité conceptuelle de base* de notre système musical. Cette unité conceptuelle de base permet déjà d'élucider une œuvre de façon globale. Il est évident que l'élucidation plus profonde de l'œuvre serait donnée à partir du moment que l'analyse réelle et totale de l'œuvre soit accomplie avec les *modèles ondulatoires* et *algorithmiques*.

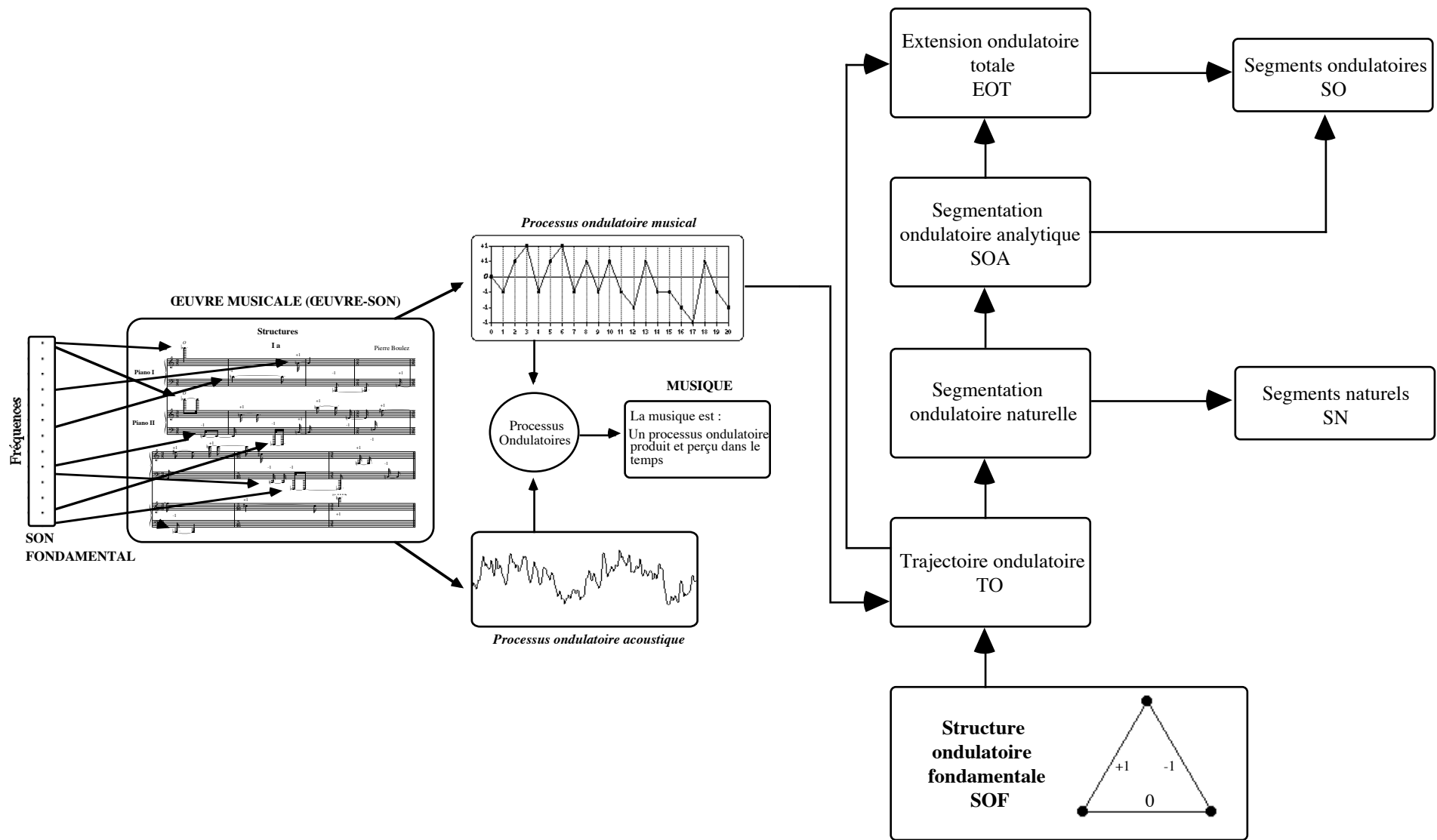


Figure 69 : Représentation graphique de l'unité conceptuelle de base du système musical ondulatoire

La figure 69 ci-dessus (page précédente) donne une idée du fonctionnement de l'*unité conceptuelle de base* du système musical ondulatoire. Du côté gauche de cette figure, nous apercevons les concepts de son fondamental et d'œuvre musicale. Nous pouvons apprécier à droite de la figure 69 le diagramme de flux des concepts étudiés auparavant. Nous pouvons déceler que le *processus ondulatoire musical* représenté en haut et à gauche devienne une trajectoire ondulatoire.

De la même façon, nous pouvons observer qu'à la base du graphe, nous avons placé la *structure ondulatoire fondamentale* car, comme nous l'avons indiqué, elle est l'*élément essentiel* par excellence duquel toutes les trajectoires et les sous-trajectoires ondulatoires sont originaires (cf. 2.6 : 150). Toute de suite, en parcourant le diagramme vers le haut, nous avons la *trajectoire ondulatoire*.

Toujours en parcourant le diagramme vers le haut, nous avons la *segmentation ondulatoire naturelle* et à sa droite, les *segments naturels* qui sont obtenus de ce type de segmentation.

Le prochain module est celui qui correspond à la *segmentation ondulatoire analytique* avec laquelle il est possible de localiser les *segments ondulatoires*, (en haut et à droite de la segmentation ondulatoire analytique) segments qui nous renseigneront de la forme de l'œuvre analysée (cf. (2.5.2. : 143)).

Enfin, le dernier module du diagramme est celui de l'*extension ondulatoire totale*. Le diagramme permet de comprendre que l'extension ondulatoire totale s'obtient une fois établie la trajectoire ondulatoire d'une œuvre. De la même façon, le module de l'extension ondulatoire totale (EOT) nous rappelle que l'ensemble *EOT* contient les éléments qui délimitent la tessiture de la trajectoire ondulatoire et par logique, celle des segments ondulatoires, de la segmentation naturelle et que ses éléments sont originaires de la structure ondulatoire fondamentale (à la base du diagramme).

2.10. Algorithme

Un algorithme est « ... la composition d'un ensemble fini d'étapes, chaque étape étant formée d'un nombre fini d'opérations ... » [Froidevaux, Gaudel, Soria, 1990 : 5]. Nous avons explicité de façon plus extensive la notion d'algorithme dans le chapitre III de la thèse. Nous avons fait et nous ferons toujours référence aux algorithmes de type *ondulatoire*. Pour une idée plus approfondie de la notion d'algorithme ondulatoire, nous recommandons de lire le concept suivant et de se rapporter aussi à la page 340 de cette thèse.

2.10.1. Algorithme ondulatoire

Un *algorithme ondulatoire* est un programme (dans le sens informatique du terme) qui consiste en la construction ou en la reconstruction d'une courbe dans un espace cartésien à deux dimensions.

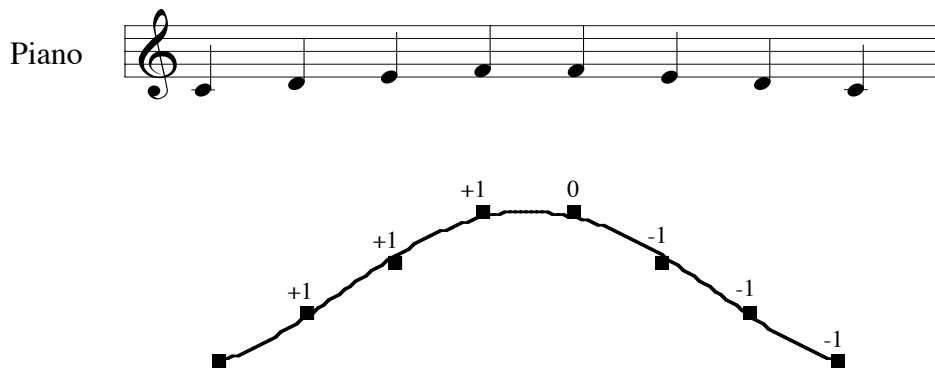
Nous rappelons que nous dénommons *ondulatoires* les algorithmes utilisés dans notre système musical, car, comme nous l'avons déjà exprimé, le *principe ondulatoire des ondes sonores* est l'entité fondatrice de la pensée musicale ondulatoire : *Les courbes produites par l'algorithme ondulatoire modélisent ou expriment la phénoménologie de la structure musicale analysée. Chaque structure musicale est envisagée comme un phénomène physique, un processus énergétique qui, dans son devenir, dans son parcours événementiel, produit un mouvement de type ondulatoire, ou bien qui rappelle une onde.*

À travers notre conception morphologique-ondulatoire des structures musicales, la forme d'une structure musicale quelconque est quelque chose que nous pouvons objectiver, mesurer, bref elle est tangible. Sa tangibilité se met en évidence justement à travers le *chemin ondulatoire* que sa courbe dessine : Chacun des mouvements ascendants, descendants ou horizontaux révèle sa présence énergétique, au sens physique du terme, dans un flux ou continuum dynamique précis formant un tout organique (ou systémique) avec d'autres structures. Nous recommandons de se rapporter à la page 343 de cette thèse, pour avoir un aperçu plus global de cette notion.

2.10.2. Algorithme global

Dans un algorithme global, les données (ondulatoires) – c'est-à-dire les résultats des opérations de chaque étape de l'algorithme sont représentées en termes globaux de type (+1 -1 0), à savoir, le chiffre (+1) pour les mouvements ascendants, le chiffre (-1) pour les mouvements descendants et le chiffre (0) pour les mouvements horizontaux.

a



b

Mélodie	Donnés Ondulatoires (globales)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Piano	(0	+1	+1	+1	0	-1	-1	-1)

Représentation des données ondulatoires (globales) de la trajectoire d'une mélodie simple

Figure 70

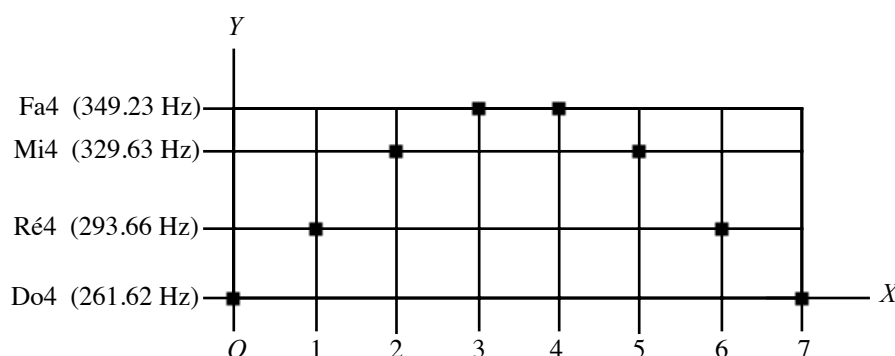
La figure 70 ci-dessus montre une mélodie simple (*a*) et sa trajectoire ondulatoire sous forme de courbe. Dans la partie *b*, nous avons noté les étapes de l'algorithme qui peut créer cette courbe, en termes globaux, à savoir (+1, -1 et 0).

2.10.3. Algorithme local

Dans un algorithme local, les données (ondulatoires), c'est-à-dire, les résultats des opérations de chaque étape de l'algorithme représenteront chaque mouvement de la trajectoire ondulatoire de la structure étudiée en termes locaux.

Dans le cas, d'une structure de sons, une trajectoire ondulatoire, par exemple, les données seraient en relation stricte avec la tessiture des sons utilisés. Les données ondulatoires locales seraient par exemple, de type : (100, 440, 52, 16, 2000 etc.). Chaque chiffre étant la représentation des différentes fréquences en c.p.s. (cycles par second).

a



b

Mélodie	Donnés Ondulatoires (locales)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Piano	(261.162 Hz	293.66 Hz	329.63 Hz	349.23 Hz	349.23 Hz	329.63 Hz	293.66 Hz	261.162 Hz)

Représentation des données ondulatoires (locales) de la trajectoire d'une mélodie simple

Figure 71

Dans la figure 71 ci-dessus, la mélodie simple (do ré mi fa fa mi ré do), est montrée ici sous la forme graphique d'une fonction (*a*). Dans ce cas-là, les données pour l'axe y seront les notes (les fréquences), et pour l'axe x, le temps (tel qu'utilisé couramment). Dans la partie *b*, nous avons noté les étapes de l'algorithme qui peut créer cette courbe, en termes locaux.

2.11. Chiffre totalisateur

Le chiffre totalisateur (CT) totalise le nombre exact d'utilisations des sons dans une œuvre donnée. Le chiffre totalisateur est utilisé surtout dans la construction de sons fondamentaux ou sous-fondamentaux d'une œuvre.

a



b

Partiel	Nom	Utilisation (nombre de fois)	Multiplié par 100	Divisé par 8 (CT)	Amplitude
4	fa4	2	$2 * 100 = 200$	$200 \div 8 = 25$	25 %
3	mi4	2	$2 * 100 = 200$	$200 \div 8 = 25$	25 %
2	ré4	2	$2 * 100 = 200$	$200 \div 8 = 25$	25 %
1	do4	2	$2 * 100 = 200$	$200 \div 8 = 25$	25 %

Le chiffre totalisateur d'un mélodie simple

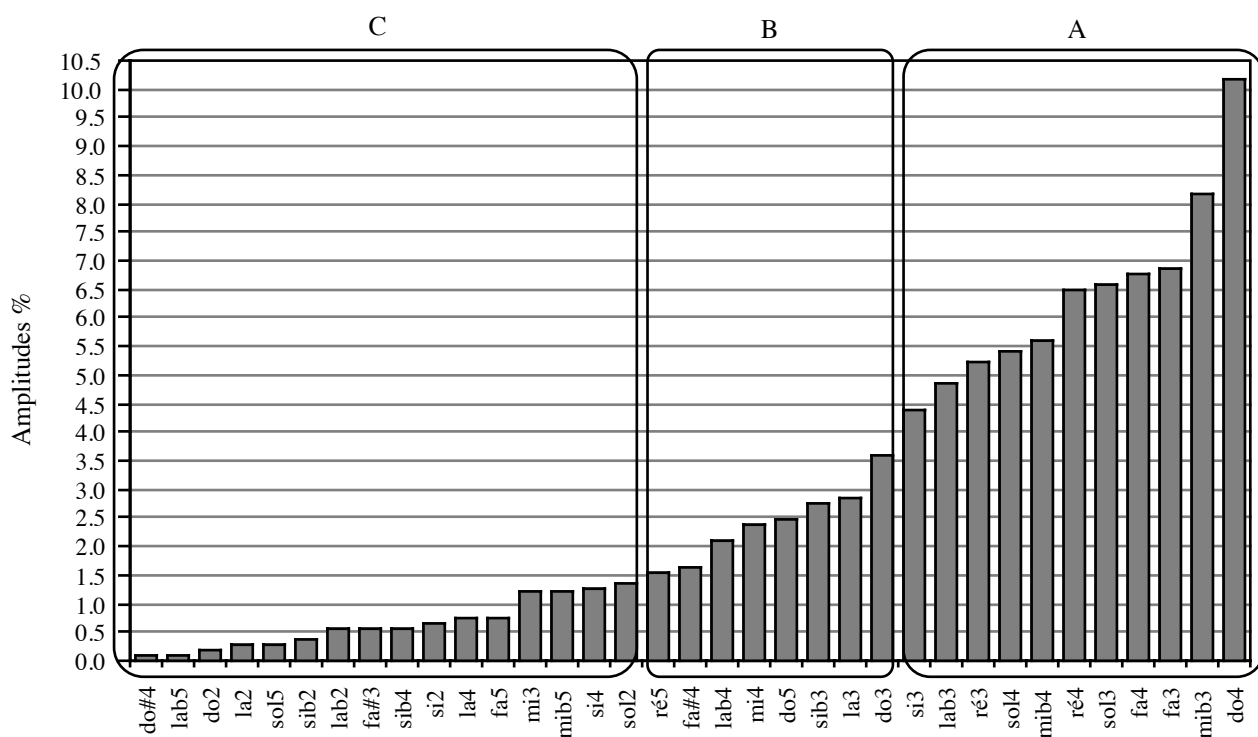
Figure 72

Souposons que la figure 72 (a) ci-dessus représente la totalité des sons dans une œuvre. Le chiffre totalisateur donc de cet exemple musical est égal à 8. La figure 72 (b) montre sous forme de tableau le relevé des partiels (notes) qui conformer le son fondamental de l'exemple sonore de la figure 72. Le chiffre totalisateur (8 dans notre exemple) est un élément de premier ordre dans la construction d'un son fondamental. En effet, c'est grâce à ce dernier que les pourcentages d'amplitude des fréquences d'un son fondamental seront calculés.

Nous recommandons de se rapporter à la page 70 de la thèse pour avoir de détails plus approfondis sur le concept de chiffre totalisateur et son application lors de l'analyse d'une œuvre.

2.12. Couche de partiels

Une couche de partiels est formée par la réunion de plusieurs partiels d'un son *fondamental*, choisis arbitrairement, avec des taux d'amplitude différents entre eux. La figure 73 ci-dessous montre un exemple d'un son fondamental avec trois couches de partiels différents. La couche de partiels *A*, comporte des amplitudes (en pourcentage) qui se trouvent entre 4.4 et 10 approximativement. La couche *B* contient des amplitudes entre 1.5 et 3.5. Finalement, la couche spectrale *C* contient des amplitudes qui oscillent entre 0.3 et 1.4.

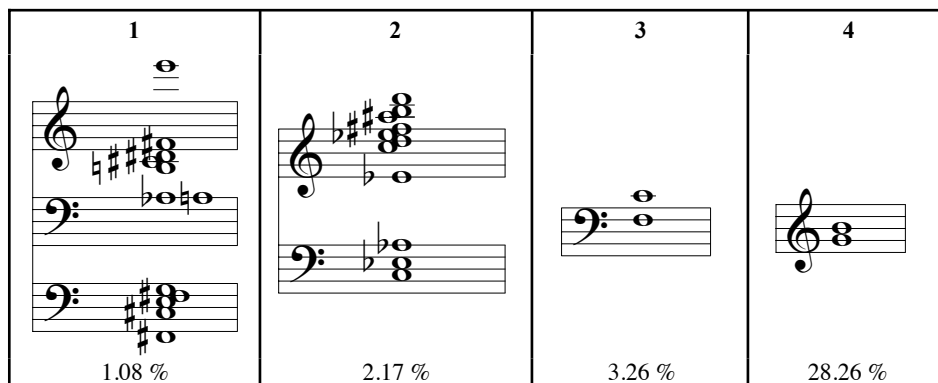


Exemple de trois couches de partiels différentes

Figure 73

2.13. Couche spectrale

Nous entendrons par *couche spectrale*, la réunion de plusieurs partiels, à l'intérieur d'un son fondamental ou sous-fondamental, partiels affectés par le même pourcentage d'amplitude.



4 couches spectrales différentes (en notation musicale) du son fondamental de la deuxième pièce pour piano (II) de l'opus 19 d'Arnold Schönberg

Figure 74

La figure 74 ci-dessus montre les quatre couches spectrales du son fondamental de la deuxième pièce pour piano (II) de l'opus 19 d'Arnold Schönberg. Nous pouvons apprécier que la première couche (à gauche du graphique) comporte 11 sons (fréquences) différents, avec un taux d'amplitude de 1.08 %. La deuxième couche spectrale comporte 11 sons (fréquences) différents, avec un taux d'amplitude de 2.17 %. La troisième couche spectrale a un taux de 3.25 % avec deux sons (fréquences). Finalement, la quatrième couche, comporte deux sons et un taux d'amplitude de 28.26 %.

2.14. Densité

La définition courante de densité est : La qualité de ce qui est dense. La densité se réfère à ce qui est compact, épais, dense, etc., [Robert, 1996]. Dans le domaine de la musique, l'on parle assez fréquemment de densité harmonique, pour signifier l'épaisseur sonore de la source sonore musicale. La densité contrapuntique par exemple, exprime la complexité des voix (voix contrapuntiques) de la source musicale.

Dans le cadre de la méthode d'analyse musicale ondulatoire nous appliquerons cette notion à tous les paramètres musicaux, à savoir :

- La densité d'un événement sonore
- La densité des notes
- La densité des durées (en étroite relation avec la densité des notes)
- La densité des silences

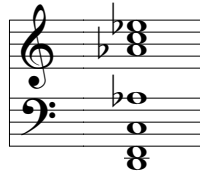
Tous les autres paramètres musicaux peuvent être exprimés aussi en termes de densité. Par exemple, les dynamiques, les attaques, les enveloppes dynamiques (crescendo et decrescendo entre autres), etc.

2.14.1. Densité d'un événement sonore (donnée ondulatoire)

Dans l'ensemble des sons qui conforment en événement sonore donné, la fréquence (la note) la plus basse sera prise comme la *valeur* de la densité de l'événement sonore.

Cette fréquence est ce que nous appelons la *fréquence fondamentale* de l'événement sonore analysé. Nous établirons donc, que : l'ensemble d'événements sonores étant situé dans un moment précis de l'espace temporel d'une pièce de musique donnée, est conçu comme un *son complexe* dont la fréquence la plus basse est prise comme la *fréquence fondamentale* des fréquences contenues dans l'ensemble des sons qui conforment l'événement sonore. Il faut rappeler qu'ici nous parlons des sons ou fréquences réels produits ou écrits selon les cas, par exemple, dans la partition ou source sonore, la bande magnétique, une source numérique etc.

Nous ne faisons pas référence, par contre, aux sons transitoires produits lors de l'émission d'un son d'un piano, ou d'une flûte etc.



Un événement sonore musical avec la note ré₂ comme *fréquence fondamentale*

Figure 75

La figure 75 ci-dessus explicite que dans cet événement sonore, conformé par 7 sons différents, la valeur de la densité de cet événement sonore est la fréquence 73.416 Hz (la note ré₂). Donc, la note ré₂ est la fréquence fondamentale de l'événement sonore. Cette notion de densité d'un événement sonore est capitale au sein de la méthode d'analyse ondulatoire, car, c'est grâce à celle-ci que sont obtenues les **données ondulatoires**, lesquelles serviront à établir la trajectoire ondulatoire d'une source sonore musicale.

2.14.2. Densité des notes (des sons)

La notion de densité des notes indique *l'épaisseur sonore* de l'événement sonore analysé.

- Nous parlerons de *densité réelle* des notes (ou de sons), quand, dans un événement sonore, tous les sons qui sonnent se sont produits ensemble dans ce *moment précis* de la source sonore.

- Nous parlerons de *densité virtuelle*, quand, dans un événement sonore, certains des sons qui le conforment se sont produits avant.

La notion de densité de notes s'appliquera surtout au moment de choisir chaque donnée ondulatoire d'une trajectoire ondulatoire, ou bien, d'une trajectoire de durées.

Figure 76 : Deux événements sonores

La figure 76, ci-contre montre deux événements sonores. Le premier (*a*) comporte les sons : mib7 (deux fois mib7). Nous pouvons apprécier que ce premier événement sonore comporte une densité de notes réelle car les *deux* notes se produisent au même moment. Le deuxième événement sonore (*b*), comporte deux sons, à savoir,

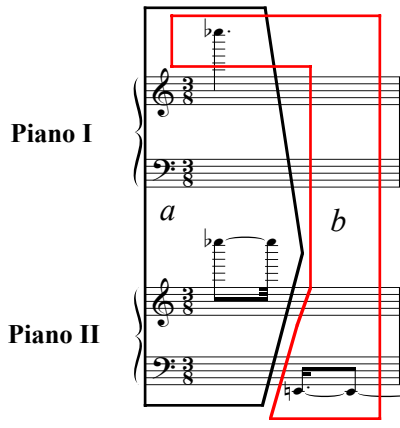
le mib7 du piano I et le mi2 du piano II. Ici la densité de notes est *virtuelle*, car le mib7 est joué avant le mi2 du piano II. Au moment quand le son mi2 est joué nous pouvons constater que le son mib7 (piano I) continue à sonner. Donc, le son mib7 fait parti du deuxième événement sonore. Il faut préciser que si, un son quelconque continue à sonner après qu'un événement sonore se produit, mais qui s'arrête juste avant l'événement sonore suivant, ce son n'appartient pas à l'événement sonore qui lui succède.

2.14.3. Densité de durée

Pour établir la valeur de densité de durée d'un événement sonore, nous établirons, à partir de la *densité réelle de notes* (notion précédente) de l'événement sonore en question, la durée totale qui remplit l'espace de temps musical entre chaque événement sonore de la source analysée.

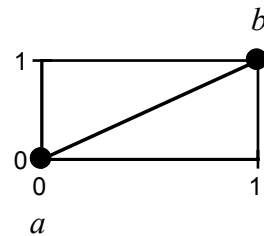
Dans la figure 76 ci-dessus, la densité de durée du moment sonore (*a*) a la valeur de 5, c'est-à-dire cinq triple-croches. La valeur de la densité de durée se trouve dans le mib7 du piano II. Toujours dans la figure 7643 ci-dessus, la densité de durée du moment sonore (*b*) a la valeur de 7, c'est-à-dire sept triple-croches. La valeur de la densité de durée se trouve dans le mi2 du piano II.

Dans les figures 77 et 78 de la page suivante, nous avons construit la petite structure des durés de la première mesure de l'exemple musical qui nous occupe.



Première mesure de *Structures Ia*

Figure 77



Structure de durées
de la mesure 1 de *Structures Ia*

Figure 78

Nous pouvons observer que l'origine de la courbe (point o) de la figure 72 à droite, représente l'événement *a* de la figure 77 (à gauche). Le point suivant de la courbe (figure 72) représente l'événement *b* de la figure 77. Nous rappelons que le point 0 de la courbe (figure 78), abrite la valeur de 5 triple-croches. Le point 1 de la courbe abrite la valeur de 7 triple-croches, raison pour laquelle ce point se situe plus haut dans l'axe des ordonnées. Le chiffrage (données globales) de cette petite structure de durées es : (0 +1).

2.15. Donné ondulatoire

Une donnée ondulatoire est l'expression abstraite du résultat de l'opération d'une étape d'un algorithme ondulatoire quelconque. Au même temps, elle renseigne de la position qui occupe chaque *moment sonore*, dans la trajectoire ondulatoire, du processus ondulatoire musical d'une œuvre-son donnée.

2.15.1. Structure (restreinte) d'une donnée ondulatoire

Une donnée ondulatoire est constitué de deux éléments à savoir :

1 • Un chiffre qui correspond à la date d'apparition d'un moment sonore, par exemple, le chiffre (0) qui correspond au premier moment sonore d'une trajectoire ondulatoire, le chiffre 1, qui correspond au deuxième moment sonore, et ainsi de suite.

2 • Un chiffre qui va représenter le type de mouvement correspondant à une date d'apparition d'un moment sonore à savoir, le chiffre +1, pour un mouvement ascendant, le chiffre -1, pour un mouvement descendant et le chiffre 0, pour un mouvement horizontal.

La notion de donnée ondulatoire est liée de manière directe à l'un des quatres concepts fondamentaux de notre théorie, à savoir celui de trajectoire ondulatoire. Une donnée ondulatoire peut être représentée sous une forme de liste simple :

((0) (+1))

Représentation sous forme de liste d'une donnée ondulatoire

Figure 79

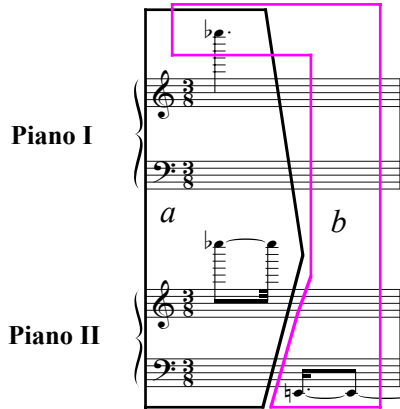
La figure 79 ci-dessus montre la représentation d'une donnée ondulatoire. Le premier chiffre (date d'apparition) dénote que c'est le premier élément de la trajectoire, donc (0). Le deuxième élément, (+1) nous renseigne que le type de mouvement représenté est ascendant, donc (+1). Pour approfondir sur ce concept, nous recommandons de lire le concept de trajectoire ondulatoire, (cf. (2.3. : 12)).

2.15.2. Formalisation chiffrée d'une donnée ondulatoire

La formalisation chiffrée d'une donnée ondulatoire consiste en la représentation par une suite d'éléments alphanumériques des éléments qui la contiennent.

Nous représenterons la formalisation chiffrée d'une donnée ondulatoire de la façon suivante :

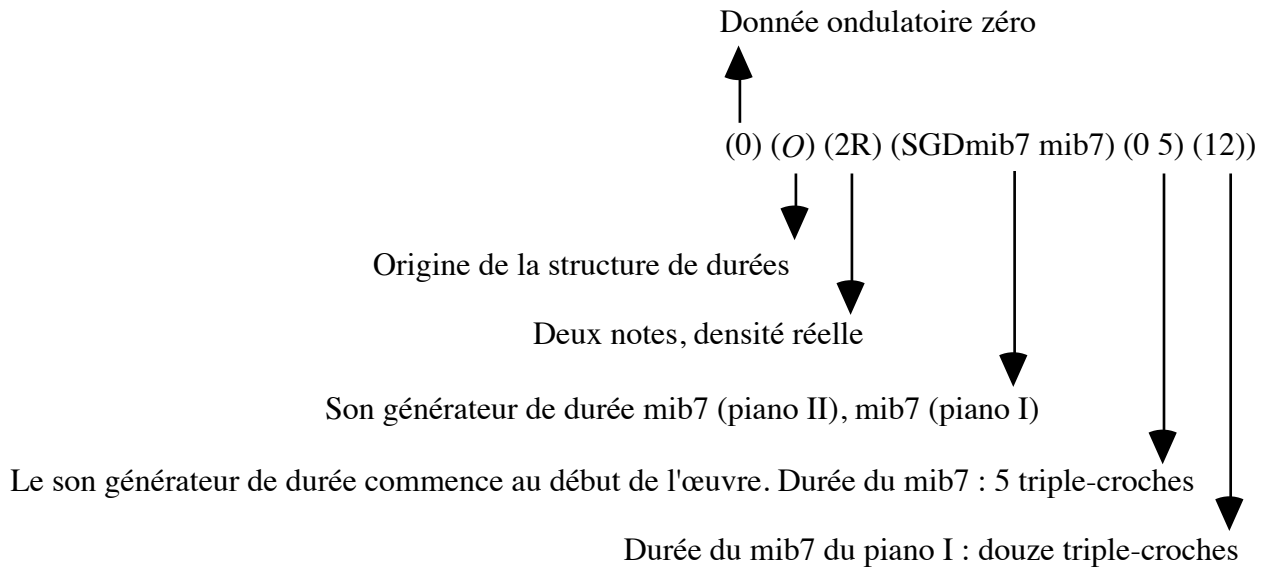
- 1. Un chiffre qui symbolise le numéro de la donnée ondulatoire, (0, 1, 2, 3, etc.)
- 2. Un chiffre qui représente le type de mouvement affecté à la donnée ondulatoire en question. Ces chiffres conditionnent la trajectoire de la courbe de la structure de durées : +1 pour un mouvement ascendant, -1 pour un mouvement descendant, zéro pour un mouvement horizontal et *O* pour l'origine de la trajectoire.
- 3. Un chiffre qui désigne la profondeur de la densité de notes de la donnée ondulatoire, 1, pour une note, 2, pour deux notes, etc., suivie de :
- 4. Une lettre R ou V, selon le cas pour spécifier si la densité de notes est *Réelle* ou *Virtuelle*. Les notions de densité *réelle* ou *virtuelle* ont été développés dans (2.14.2.).
- 5. Les lettres SGD, ce que se lit « Son Générateur de Durée », qui seront placées devant la note (paramètre 6 ci-dessous) qui représente le son générateur de durée de la donnée ondulatoire en question. Pour un aperçu
- 6. Les noms des notes de chaque élément de l'ensemble de sons, (do, ré, etc.).
- 7. Un chiffre qui désigne, par rapport à la durée de base, le moment exact où le son générateur de durée articule la structure de durées ; suivi d'un autre chiffre qui représente la durée totale du son générateur de durée. Si la valeur de base des durées d'une œuvre est par exemple la croche, alors, une noire se note avec le chiffre 2, qu'implique 2 croches.
- 8. Des chiffres qui représentent, en durée de base, la durée de toutes les autres notes (sons) du paramètre 6 précédent.



Première mesure de *Structures Ia*

Figure 80a

((0) (O) (2R) (SGDmib7 mib7) (0 5) (12))



Représentation chiffrée de la donnée ondulatoire 0 de la trajectoire ondulatoire de la première mesure de *Structures Ia* de Boulez (figures 80a et 80b ci-dessus)

Figure 80b

La figure 80b ci-dessus, nous donne une idée du degré de complexité de l'information qui comporte chaque point d'une donnée ondulatoire. La partie supérieure de la figure 80b ci-dessus, ((0) (O) (2R) (SGDmib7 mib7) (0 5) (12)), montre la densité de la donnée (0) de la

trajectoire ondulatoire de la première mesure de *Structures Ia* (lettre *a*) de la figure 80a.

Tel que nous l'avons expliqué, le premier élément (0) de la donnée ondulatoire nous renseigne que c'est le début de la pièce.

L'élément (0), implique que c'est l'origine de la trajectoire.

L'élément (2R), implique qu'il y a une densité de notes de valeur 2 et que cette densité est réelle, car les deux sons *mib7* sonnent ensemble.

L'élément (SGD*mib7* *mib7*), nous renseigne que le son *mib7* est le *son générateur de durée* de la donnée ondulatoire et que le deuxième son de la donnée ondulatoire est aussi un *mib7*.

L'élément (0 5), nous indique que le son générateur de durée commence au début de la pièce (0) et qu'il finisse après la cinquième (5) triple-croche (l'unité de base de notre exemple est la triple-croche, donc 1= une triple-croche).

Enfin l'élément (12), indique que l'autre *mib7*, le deuxième son par ordre séquentiel de la liste, est d'une durée de noire pointée, donc 12 triples-croches.

En ce qui concerne la deuxième donnée ondulatoire de la trajectoire ondulatoire de notre exemple, ((1) (+1) (2V) (SGD*mi2*) (6 7)), elle nous montre de façon assez précise que, c'est la deuxième donnée de la structure, chiffre (1) (*a*) ci-dessous. Aussi que :

a *b* *c* *d* *e*
((1) (+1) (2V) (SGD*mi2*) (6 7))

La deuxième donnée ondulatoire (1) du début de *Structures Ia*

Figure 81

- La valeur de cette donnée ondulatoire est supérieure à la précédente, (mouvement ascendant +1 (*b*)), figure 81 ci-dessus.

- Il y a deux sons et la densité de notes est virtuelle (*c*) car le *mib7* de la donnée 0 précédente a une valeur de durée de 12 triples-croches, donc, il continue à sonner pendant la deuxième donnée ondulatoire, (cf. la figure 80a précédente).

- Le son générateur de durée est le mi² (*d*), (figure 81 ci-dessus).
- Le son générateur de durée commence dans la triple-croche 6 et que sa valeur (en triples-croches) est de 7 (*e*), (figure 81 ci-dessus).

2.16. Donnée algorithmique

Tout comme le concept de donnée ondulatoire, une donnée algorithmique est l'expression abstraite du résultat de l'opération d'une étape d'un algorithme ondulatoire. La donnée algorithmique se *différencie* de la donnée ondulatoire dans le sens qu'elle peut représenter n'importe quel élément ou paramètre musical *sauf* la structure de sons. La donnée ondulatoire peut se référer à toutes les structures ou paramètres musicaux, la structure des sons inclus.

Normalement, les données (les segments) dans une structure des durées, par exemple, sont issues des segments d'une trajectoire ondulatoire des sons. La partie opératoire des segments ondulatoires, c'est-à-dire, les mouvements ascendants descendants et horizontaux, va servir pour identifier les nouveaux segments. La différence entre ces deux types de données est plutôt d'ordre théorique. Dans la pratique, nous utiliserons toujours l'acception ondulatoire pour nommer toutes les données des structures.

2.17. Durée de base

La durée la plus petite *utilisé* dans une œuvre musicale donnée, est la durée de base.

Le domaine total des durées dans une œuvre quelconque est l'ensemble des valeurs de ses éléments, ([Mesnage, 1994 : 42]).

La notion de durée de base s'applique aussi aux silences réels. La valeur de durée la plus petite d'un *silence réel* sera donc, la durée de base d'une structure de silences.

2.18. Extension algorithmique totale (EAT)

À différence de l'extension algorithmique totale où sont représentées les *extensions maximales* des mouvements ascendants descendants et horizontaux d'une trajectoire ondulatoire donnée, l'*extension algorithmique totale* rassemblera cette fois-ci, tous les mouvements repérés dans toutes les structures analysées. Par exemple, les extensions maximales de la trajectoire ondulatoire, de la structure de durées, de la structure de nuances, etc.

2.19. Extension de durée totale

L'extension de durée totale est similaire au concept de domaine total de durées d'une œuvre musicale donnée, (cf. la notion de durée de base, plus haut). L'extension de durée totale contient la somme de toutes les valeurs de durées de l'œuvre analysée.

2.20. Idée fondamentale

L'idée fondamentale est un concept dans lequel l'œuvre (ou le fragment) analysée trouve son élément générateur par excellence. Si nous pensons, par exemple, aux premières mesures du premier mouvement de la cinquième symphonie de Beethoven, nous pouvons imaginer que le motif célèbre avec lequel commence ce mouvement serait sûrement connecté avec l'idée fondamentale de cet extrait. La répétition (à plusieurs niveau musicaux) de ce motif nous laisse penser que, sans doute, l'idée fondamentale pourrait être connectée à celui-ci.

Certainement, l'idée fondamentale de cet extrait musical est liée au motif célèbre du début de la cinquième symphonie. Nous pouvons affirmer ceci sans recourir à l'analyse : C'est ce que nous appelons l'idée *fondamentale abstraite*. C'est-à-dire, sans analyse concrète préalable.

Nonobstant, l'idée fondamentale, comme concept, se cristallise une fois que l'extrait musical (ou l'œuvre selon les cas) subisse une analyse. C'est ce que nous appelons : *l'idée fondamentale objective ou réelle*.

L'idée fondamentale *objective* d'une œuvre ou passage musical, est établie à partir de l'observation du comportement dynamique des segments ondulatoires qui seraient localisés à l'intérieur d'un *substrat ondulatoire*. Cette idée fondamentale sera confirmée par le segment ondulatoire (ou les segments ondulatoires) qui apparaît avec plus de fréquence dans le substrat ondulatoire de l'œuvre ou passage analysé. Pour avoir un aperçu plus global de la notion d'idée fondamentale, nous recommandons de se rapporter à la page 275 de la thèse.

2.21. Mécanisme inductif

Dans le cadre de la composition musicale, de la création musicale, chaque étape de l'acte créatif, est, selon nous, en étroite relation avec des mécanismes (conscients ou pas), qui vont permettre la continuité dans la *prolifération formelle* (morphogénèse) de l'œuvre.

Ces mécanismes, nous les avons nommés : *inductifs*.

Le geste créatif compositionnel, trouve sa *correspondance objective* dans l'idée que chaque modification du continuum sonore correspond à un type de mécanisme d'induction différent.

De la même manière, dans le cas d'une trajectoire ondulatoire, chaque segment ondulatoire aurait comme origine un mécanisme inductif propre.

Dans l'analyse du prélude en do mineur de Bach que nous avons réalisée dans la troisième partie de la thèse, nous avons montré comment l'idée d'un mécanisme inductif abstrait peut être représentée en termes objectifs.

En effet, nous avons trouvé la présence d'un mécanisme inductif qui produit une trame ondulatoire périodique, comportant un mouvement ascendant et un autre descendant.

Ce mécanisme inductif est identifié ou attaché au segment ondulatoire *A*.

De la même manière, nous avons trouvé, par exemple, un autre mécanisme inductif, qui

consiste en la multiplication (par deux) de chaque mouvement du segment ondulatoire *A*.

Ce mécanisme inductif donne naissance au segment ondulatoire *B* de la trajectoire ondulatoire du prélude. Ce segment comporte, donc, deux mouvements consécutifs ascendants et deux mouvements consécutifs descendants.

Ce qui est important de signaler ici, c'est que, le geste compositionnel du compositeur, va trouver une sorte de *résonance objectivée dans le concept de mécanisme inductif*.

Nous recommandons de se rapporter à la page 272 pour avoir un aperçu plus complet et détaillé de la notion de mécanisme inductif.

2.22. Modèle ondulatoire

Le modèle ondulatoire représente le fonctionnement dynamico-ondulatoire de l'œuvre analysée. Ce fonctionnement ou mécanisme se définit comme un ensemble de symboles formels dans lesquels seront mises en relief les structures ondulatoires locales et globales, selon les cas, de la trajectoire ondulatoire. *Le modèle ondulatoire exprime la forme et le mouvement* dans le temps de l'œuvre analysée. Parfois, le modèle ondulatoire peut être représentée en plusieurs variantes, à savoir :

- Le modèle ondulatoire blanc, où l'on peut visualiser les segments ou modes ondulatoires, mais, sans tenir compte de la représentation abstraite du temps, *les segments ou modes, selon les cas, ne sont pas enchaînés*, les incidences d'apparition des segments ou des modes ondulatoires ne sont pas répertoriées.

Le modèle blanc procure une introduction aux autres types des modèles, (cf. le modèle blanc du prélude en do mineur de bach, page 257).

- Le modèle ondulatoire général, où l'on peut visualiser les segments ondulatoires ou les modes, selon les cas, mais, sans tenir compte de la représentation abstraite du temps, les segments ou modes sont enchaînés. Les incidences d'apparition des segments ondulatoires et des modes sont répertoriées, (cf. le modèle blanc du prélude en do mineur de bach, page 257).

- Le modèle ondulatoire restreint, permet d'avoir un aperçu résolument global et définitif du processus ondulatoire de l'œuvre analysée. Il permet aussi d'observer toute la mécanique dynamico-ondulatoire de l'œuvre dans une seule ligne graphique.

- Le modèle ondulatoire détaillé, où la représentation des éléments se fait à plusieurs niveaux. La trajectoire montre la représentation (abstraite) du temps musical (dates d'apparition des segments), les *segments* et les *modes* ondulatoires sont présents, nous pouvons symboliser les mesures, les différentes parties du modèle. L'on peut aussi ajouter la partition de l'œuvre analysée. Ce type de modèle ondulatoire est le plus complet.

Des exemples de modèles ondulatoires des œuvres analysés peuvent être consultés dans la troisième partie de la thèse, surtout dans l'analyse du prélude en do mineur de Bach (pages 257-258), Schönberg (page 375), Beethoven (page 450) et Stockhausen (page 496).

2.22.1. Module ondulatoire (Modo)

Un module ondulatoire consiste en la réunion de, au moins, deux ou plusieurs segments ondulatoires à l'intérieur d'un modèle ondulatoire. Par exemple, nous pouvons considérer un module (Modo) qui contient, par exemple 25 segments ondulatoires A (+1 -1) et un segment ondulatoire B (+1 +1 -1 -1), cf. les pages 255 et suivantes, et la page 293.

2.23. Modèle algorithmique

Le modèle algorithmique représente sous forme de processus algorithmiques (algorithmes ondulatoires), *toutes les structures de l'œuvre analysée*, ces dernières étudiées auparavant comme processus morphogénétiques.

Les segments ondulatoires trouvés lors de l'analyse et mis en structures dans le modèle ondulatoire, deviendront des véritables outils analytiques une fois transformés en ce que nous appellerons : les *segments algorithmiques*. Ce sera grâce aux segments algorithmiques que nous pourrons analyser tous les paramètres d'une œuvre.

Le modèle algorithmique peut être considéré comme le sommet de l'objectivation, la caractérisation ou l'explication *structurale* et surtout *phénoménologique* de l'œuvre analysée, (cf. [Thom, 1983 : 11]). C'est à partir du modèle algorithmique que nous serons en condition de réécrire la pièce analysée et aussi d'en produire de variantes.

Nous recommandons de lire à partir de la page 331 de la thèse, pour avoir un aperçu plus complet de la notion de modèle algorithmique.

2.24. Partiel anharmonique

Un partiel anharmonique est un partiel d'une fréquence fondamentale donnée qui se trouve à une distance relativement proche d'un partiel harmonique réel de cette fréquence fondamentale. Par exemple, le son mi⁴, cinquième partiel (non réel) de la fréquence (fondamentale) 65.406 Hz (do²), est un partiel anharmonique de cette fréquence fondamentale, car le cinquième partiel harmonique de cette fréquence do² (65.406 Hz) est 327.030 Hz et non 329.63 Hz du système tempéré. Nous recommandons de se rapporter aux pages 101 et 102 et suivantes, où la question des partiels anharmoniques a été évoquée.

2.25. Partiel consonant

Nous dénommerons un *partiel consonant*, un partiel inharmonique qui peut conformer un intervalle d'une ou plusieurs octaves ascendantes ou descendantes, par rapport à un autre partiel *harmonique* de la fréquence fondamentale d'un son fondamental ou sous-fondamental.

Par exemple, prenons comme fréquence fondamentale mi² (fréquence de 82.407 Hz.).

Les harmoniques entiers de cette fréquence sont : (en notes)

Mi² (fréquence fondamentale)

Mi³, si³, mi⁴, sol#⁴, si⁴, ré⁵, etc.

La fréquence, par exemple, 103.83 (sol#²) n'est pas un partiel harmonique de Mi² (fréquence fondamentale de notre exemple), mais, sol#² se trouve à une distance de deux octaves de la fréquence 415.30 (sol#⁴), cette dernière fréquence étant un partiel harmonique de la fréquence fondamentale de notre exemple. Cf. la page 88 de la thèse.

2.26. Périodicité ondulatoire

La périodicité ondulatoire, tel que son nom le suggère, donne un premier indice de la *régularité d'apparition* de certains mouvements ondulatoires (+1 -1 0) à l'intérieur d'une trajectoire ondulatoire (ou d'une autre structure). La localisation d'une certaine forme de périodicité serait un premier pas avant d'appliquer la segmentation ondulatoire analytique (2.5.2. : 143).

2.27. Processus algorithmique

La notion de processus algorithmique est en rapport direct avec le modèle algorithmique de l'œuvre analysée. Nous définirons un processus algorithmique comme la *description séquentielle* (par étapes) du déroulement de l'œuvre analysé, mais, sous forme de *fonctionnement algorithmique*. De la même façon, un modèle algorithmique dessinera et objectivera ce fonctionnement ou processus, à savoir, l'activité cinético-morphologique de l'œuvre analysée, **mais, comme étant le résultat d'un algorithme** (ou plusieurs). Il sera donc nécessaire d'insister sur le fait que, dans un modèle algorithmique d'une œuvre quelconque, **il sera toujours question de fonctionnement algorithmique**, en tant que tel, **et non pas de l'algorithme** de l'œuvre ou de la structure étudiée. Pour avoir un aperçu plus complet de cette notion de processus algorithmique appliquée au modèle algorithmique, se reporter aux pages 407 de la thèse (modèle de Schönberg).

2.28. Prolifération, principe de prolifération

Le concept de prolifération dans son acception générale est lié à la notion de multiplication, multiplication abondante (sciences biologiques). [Robert : 1999]. Le principe de prolifération est en étroite relation avec les processus de morphogénèse c'est-à-dire de développement des formes.

Dans le cadre de la méthode d'analyse musicale ondulatoire, à l'intérieur d'une trajectoire ondulatoire (ou d'autres structures), nous trouvons le *principe de prolifération* dans les segments ondulatoires avec le *plus fort indice d'apparition* dans la structure étudiée.

Une fois localisé le segment avec le plus fort indice d'apparition, c'est-à-dire le *segment noyau*, (page 268), les autres segments vont apparaître comme conséquence des multiplications des éléments du segment noyau en question.

Un exemple très intéressant de prolifération à partir d'un segment de type (+1 -1) se trouve dans l'analyse du prélude de Bach que nous avons réalisé dans la thèse, (cf. la page 269 et suivantes).

2.29. Segment noyau

Un segment noyau est un segment ondulatoire quelconque, mais qui apparaît de façon plus prononcée que d'autres segments. Le segment ondulatoire noyau peut être conçu comme : *le centre morphogénétique* par excellence dans lequel se produiront les multiplications de ses parties. C'est à partir de ses multiplications que des nouveaux segments différents du segment noyau apparaîtront dans la trajectoire ondulatoire ou structure étudiée. Cf. la page 268 où le segment ondulatoire A est considéré le segment noyau du prélude de Bach.

2.30. Silence d'écriture

Tel qu'il est d'usage en musique, le silence musical est synonyme de pause dans l'exécution musicale. Nous dénommerons *silence d'écriture*, un silence qui concerne la synchronisation entre les parties, mais, qui ne produit pas un silence (pas de son) dans le signal sonore global de l'œuvre.

2.31. Silence réel

Le silence réel, est une pause qui produit effectivement un vrai silence dans la source sonore (l'œuvre), produisant un vrai silence (pas de son).

Les notions de *silence d'écriture* et celle de *silence réel* seront d'utilité par exemple, dans l'extraction des données, dans une *structure de silences* d'une œuvre. Nous rappelons qu'une structure de silences est construite avec des *silences réels uniquement*. Pour avoir un aperçu plus complet de la notion de silence réel, se rapporter à la page 390 de la thèse où nous avons extrait la structure de silences de la pièce *II* pour piano de Schönberg.

2.32. Son fondamental naturel

Nous rappelons que, dans le cadre de la méthode d'analyse musicale ondulatoire, il est question de différencier deux notions de sons fondamentaux :

- *Le son fondamental*, appellation utilisée dans notre méthode d'analyse, nous le rappelons : le son fondamental (SF) est un son complexe, conformé par *tous les sons utilisés* dans une œuvre donnée. Il est aussi l'élément générateur, le fondement sonore d'une œuvre donnée. Il constitue également une forme de portrait sonore global de l'œuvre, cf. (2.1. 57).

- *Le son fondamental naturel*, concept qui fait référence à la notion usuelle de *son fondamental* tant en acoustique qu'en théorie musicale traditionnelle. Il faut rappeler que, quand nous nous référons à cette notion usuelle de son fondamental, nous le dénommerons : son fondamental naturel.

2.33. Son générateur de durée

La notion de son générateur de durée est un élément de premier ordre indispensable pour l'obtention des données dans une structure de durées. Le son générateur de durée SGD, nous le rappelons, est un son (ou note musicale selon le cas) qui remplit l'espace de temps entre le moment où il se trouve, et le moment suivant. Nous avons montré plus haut dans la notion de *formalisation chiffrée d'une donnée ondulatoire*, le lieu qu'occupe cet élément à l'intérieur de cette notion. Nous recommandons de se reporter aux pages 173 et suivantes, où nous avons fait référence à la notion de son générateur de durée dans le cadre de la formalisation chiffrée d'une donnée ondulatoire.

2.34. Substrat ondulatoire

Le substrat ondulatoire est une sorte d'espace abstrait idéal où se produisent les morphogénèses. Le substrat ondulatoire se trouve, dans un point de vue spatial (abstrait), au niveau le plus bas dans la description de la topologie morphologique de l'œuvre étudiée.

C'est dans le substrat ondulatoire qui va se révéler l'idée fondamentale de l'œuvre analysée. Nous recommandons de se reporter aux pages 282 et suivantes, et 378 et suivantes, où nous avons expliqué de façon plus ample le concept de substrat ondulatoire et d'idée fondamentale.

2.34.1. Surface ondulatoire

Une surface ondulatoire représente une sorte d'espace abstrait idéal où vont se réunir les segments ondulatoires qui ne conforment pas le substrat ondulatoire.

La surface ondulatoire se trouve, dans un point de vue spatial (abstrait), au niveau le plus haut dans la description de la topologie morphologique de l'œuvre étudiée. Cf. les pages 379 et 456 de la thèse.

III. Analyse musicale ondulatoire

« ... l'analyse n'approche l'œuvre d'art que lorsqu'elle saisit de manière processuelle le rapport des moments entre eux, non pas lorsqu'elle la réduit, par la décomposition, en des éléments soi-disant originels. »

Théodor W. Adorno¹

« ... ce que vous devez analyser, ce n'est pas essentiellement la façon dont le compositeur est arrivé à des structures formelles, à des objets musicaux donnés, mais l'on doit bien davantage s'attacher à analyser la relation qu'il peut y avoir entre l'expression d'une forme, par exemple, et le contenu de la pensée du compositeur. »

Pierre Boulez²

3.1. Introduction

Comme nous l'avons expliqué dans les chapitres précédents, dans le cadre du système musical ondulatoire, notre approche vers le phénomène sonore musical est nettement objective au lieu d'être une approche subjective (cf. (1.2.4. : 42) et suivants). C'est pour cette raison, nous le rappelons, que nous avons défini la musique comme « *un processus ondulatoire produit et perçu dans le temps* » (cf. 1.2.4.4 : 53). De la même façon, nous avons démontré que, en tant que processus ondulatoire, l'œuvre musicale est « **un son complexe qui se déploie dans le temps étant la projection des fréquences contenues dans un son fondamental déterminé, ...** » (cf. (2.2 : 103)). Ce son qui est l'œuvre nous l'avons explicité, est représenté en tant que *processus ondulatoire musical*, par une *trajectoire*. Nous rappelons que cette trajectoire décrit, en termes ondulatoires, le processus ondulatoire musical et non pas le processus ondulatoire acoustique que l'œuvre produit (cf. 1.2.4.4. : 53).

¹ [Adorno, 1982 : 234].

² [Boulez, 1985 : 114].

La méthode d'analyse ondulatoire consistera globalement, à part d'autres stratégies analytiques que nous décrirons plus tard, en la mise en évidence, à partir de l'application de la segmentation ondulatoire analytique (cf. 2.5.2. : 143) à la trajectoire ondulatoire de l'œuvre choisie, des structures globales et locales inhérentes au processus ondulatoire musical. À son tour, la trajectoire ondulatoire de l'œuvre sera le réservoir des informations formelles par excellence dans lequel se centralisera une grande partie de l'activité analytique.

Ainsi les mécanismes formels qui gouvernent la cinétique ondulatoire de l'œuvre, se matérialiseront, plus tard dans l'analyse, en algorithmes globaux et locaux. Ces algorithmes seront à son tour transformés en outils analytiques, lesquels nous permettront d'étudier les différentes structures musicales qui articulent la trajectoire ondulatoire de l'œuvre.

L'analyse culminera ainsi en la production des deux modèles, le *modèle ondulatoire* et le *modèle algorithmique* de l'œuvre.

3.1.1. L'analyse musicale ondulatoire, une approche morphologique de l'œuvre musicale

Il est évident que, en considérant la musique et par conséquent, l'œuvre musicale à partir de son aspect le plus essentiel et objectif qu'il soit, à savoir, **sa vérité acoustique**, la méthode d'analyse doit être en consonance avec cette prémisse. Nous avons déjà exprimé dans l'introduction de cette thèse que notre approche systémique est le résultat d'un long travail de réflexion ainsi que d'une prise de position critique par rapport à la façon de concevoir l'activité analytique musicale.

C'est pour cela que nous avons placé **le son** comme le centre par excellence de ce système (cf. (1.4.1. : 44) et suivants). Cela veut dire que notre attitude analytique doit porter sur un type d'expertise nouvelle dans laquelle la pratique analytique soit à la hauteur de l'approche ondulatoire de la musique que nous défendons. **Or, la méthode d'analyse ondulatoire, inaugure une nouvelle approche de l'action analytique dans laquelle la notion de morphologie dans le sens le plus large du terme est implicite.**

Bien que cette notion de morphologie n'apporte rien de nouveau au lexique de la discipline analytique, nonobstant, l'utilisation que nous lui conférerons au sein de notre méthode d'analyse s'avère être d'ailleurs pertinente.

Par *morphologie*, nous entendrons l'étude de la configuration, les relations, etc. des structures ondulatoires de l'œuvre mais dans ses aspects externes et internes. À partir de cette notion de morphologie nous établirons une autre notion que nous appellerons, cette fois-ci, *morphologie ondulatoire*. Ce concept de morphologie ondulatoire consistera globalement, en l'étude du développement des formes (morphogénèse), des structures ondulatoires et ses caractéristiques immanentes de l'œuvre analysée.

Il est très important de faire noter que nous sommes conscients de l'importante littérature ainsi que les travaux qui se sont développés au cours de l'histoire dans la discipline analytique musicale. Nous croyons pertinent d'énoncer ici que nous ne les négligeons pas, bien au contraire, si nous pouvons à présent formuler notre approche sur ce sujet, cela est justement possible, dans une certaine mesure, grâce à l'énorme édifice conceptuel et pratique que tels travaux ont pu construire à travers l'histoire de cette discipline. Notre travail doit être compris, nous l'espérons ainsi, comme une contribution à cette préoccupation légitime de connaître en profondeur l'enjeu musical.³

3.1.2. Les étapes dans l'analyse d'une œuvre musicale

Dans ce paragraphe nous indiquerons de façon séquentielle et restreinte, les différentes étapes que nous recommandons de suivre pour effectuer l'analyse complète d'une œuvre.

- 1 En premier lieu et pour des raisons pratiques, nous recommandons de choisir un support écrit, idéalement nous nous référons ici à la partition traditionnelle. Faute de cela, un schéma ou support écrit qui puisse représenter de façon optimale toutes les structures

³ À ce sujet, nous recommandons parmi d'innombrables travaux ceux de : [Bent, 1987], [Nattiez, 1987], [Molino, 1975], [Ruwet, 1972], La revue d'Analyse musicale, Paris. Les travaux d'André Riotte et Marcel Mesnage.

d'articulation de base lesquelles peuvent nous rendre compte du déploiement dans le temps de l'œuvre choisie est envisageable. Par structures d'articulation nous entendons l'organisation (l'écriture) des données, par exemple, les hauteurs avec ses dynamiques respectives, leurs durées correspondantes, les attaques, les différents instruments qui interviennent dans l'œuvre etc.

Nous avons indiqué précédemment que l'œuvre musicale comporte selon notre point de vue deux dimensions, la première d'entre elles, étant celle que nous avons nommée *virtuelle*, c'est-à-dire, la partition écrite, la deuxième, étant une dimension *active*, c'est-à-dire celle qui concerne l'exécution de l'œuvre. Bien que notre approche systémique se situe dans un contexte dans lequel l'acoustique est prépondérante, nous pensons que la partition musicale même si elle est une *représentation abstraite* du processus sonore musical, est plus adéquate pour entreprendre une investigation analytique satisfaisante.

Or, la partition musicale devient dans cette perspective une sorte d'artéfact ou de médiatrice entre l'œuvre et son analyse. Cela est vrai, mais, pour l'instant nous ne disposons pas des programmes informatiques capables de transcrire de manière efficiente toutes les dimensions qui structurent le processus sonore que l'œuvre dégage. Donc, après cette constatation, l'utilisation de la partition s'avère être notre seul médiateur capable de nous fournir les informations suffisamment pertinentes pour entreprendre l'analyse d'une œuvre musicale.

- 2 La prochaine étape concerne l'extraction ou la construction du son fondamental ou des sons sous-fondamentaux de l'œuvre selon le critère de l'analyste (cf. 2.1 : 57).

- 3 La construction de la trajectoire ondulatoire de l'œuvre. Éventuellement, si nécessaire, la localisation et la construction des sous-trajectoires ondulatoires (cf. (2.3 : 126) et suivants).

- 4 Reconnaissance et établissement de la segmentation ondulatoire naturelle et de ses respectifs segments (cf. (2.5 : 140) et subséquents).

- 5 Établissement de l'extension ondulatoire totale (cf. 2.9 : 155).

- 6 Application de la segmentation ondulatoire analytique à la trajectoire ondulatoire de l'œuvre (cf. 2.5.2. : 143).

- 7 Établissement et analyse des segments ondulatoires (cf. (3.2.7.1. : 225).

À ce stade, après avoir appliqué ces sept premières procédures, nous serions déjà en possession des outils qui vont nous permettre d'accomplir dans sa totalité l'analyse et d'envisager l'étude des processus morphogénétiques de l'œuvre choisie.

- 8 Réalisation du modèle ondulatoire, lequel exprime le principe, le mouvement et donc la forme dans le temps de l'œuvre analysée, c'est-à-dire, sa cinétique ondulatoire.

- 9 Réalisation du modèle algorithmique – où tous les autres structures paramétriques qui gouvernent la mouvance du processus ondulatoire musical de l'œuvre en vue d'être analysée, c'est-à-dire, les durées, les attaques, les dynamiques, les silences, etc. seront étudiées en profondeur – avec lequel nous serons en condition de simuler dans sa totalité la morphogénèse de l'œuvre analysée.

En résumant, l'entreprise analytique consistera en deux grandes parties. La première, qui comporte sept étapes dans lesquelles l'acquisition et l'observation des structures musicales qui interviennent dans le devenir ondulatoire de l'œuvre sont analysées. Dans la seconde partie, les étapes huit et neuf constituent la mise en place de la modélisation de l'œuvre.

Dans les paragraphes qui vont suivre, nous allons analyser un certain nombre d'œuvres de différente orientation stylistique. Le but de ces analyses sera orienté sur deux axes, le premier étant éminemment pédagogique, sera celui dans lequel nous chercherons à montrer de façon détaillée le fonctionnement de l'activité analytique ondulatoire. Dans le deuxième, nous espérons démontrer la validité, l'efficacité et enfin l'utilité de notre démarche.

3.2. Analyse ondulatoire du *Præludium II* en do mineur de J.S. Bach

3.2.1. Introduction

Nous avons décidé de commencer notre démonstration de la méthode d'analyse ondulatoire avec une œuvre relativement simple. En effet ce prélude de Bach est réalisé avec très peu d'éléments musicaux. En même temps cette pièce nous permettra d'introduire de façon progressive notre méthodologie analytique.

L'utilisation persistante dans ce prélude d'une figure musicale constituée de 4 éléments (4 double-croches) va nous permettre en effet d'approfondir certains aspects liés à la morphologie ondulatoire de façon assez directe. Dans ce sens, nous étudierons justement, grâce à l'architecture très simple de la structure de durées du prélude, comment se refléteront au moment de la réalisation de la segmentation ondulatoire analytique les variations dans la cinétique dans l'écriture musicale entre chacune des voix assignées à chaque main de l'instrumentiste.

De la même façon le caractère homophonique du prélude va aussi nous permettre d'élucider comment les aspects formels, par ailleurs très restreints, que la pièce comporte vont se traduire dans l'approche analytique ondulatoire.

Il faut faire noter que les modèles ondulatoires et algorithmiques ne seront pas très complexes parce que, dans ce prélude, il n'y a pas de silences, ni d'indications de dynamiques ni d'attaques.

En revanche, nous nous sommes intéressés à ce prélude de Bach, car nous pensons justement que, malgré les constatations précédentes, c'est une œuvre très riche sur plusieurs plans musicaux. Par exemple, l'économie des moyens avec lesquels le compositeur a déployé sa pensée créatrice sera reflétée, entre autres, dans la segmentation ondulatoire analytique, nous pensons, en une sorte de combinatoire ondulatoire très souple.

3.2.1.1. Présentation générale de l'œuvre

3.2.1.1.1. Repères historiques

Ce prélude fait partie du très célèbre ouvrage « *Le clavecin bien tempéré* » qui fut composé par Bach entre 1722 et 1744. Ce prélude en *do* mineur se trouve dans le volume 14 de l'édition *Bach-Gesellschaft*.⁴ Pour notre analyse, nous utiliserons l'édition de *Lea Pockets Scores*.⁵ Cette édition est, en réalité, une réduction photographique de l'édition *Bach-Gesellschaft*.

3.2.1.1.2. Structure générale

Cette pièce est écrite dans la tonalité de *do* mineur. Globalement l'on peut qualifier la démarche cinétique du prélude par l'utilisation en forme d'ostinato d'une figure d'articulation temporelle (rythmique) formée par 4 double-croches. La structure harmonique du prélude peut être associée à une forme de cadence instrumentale très homogène, c'est-à-dire que le parcours harmonique s'effectue de façon régulier comme conséquence de l'ostinato formé par les double-croches (cf. la figure 1 de la page suivante).

Le processus sonore du prélude peut se diviser en quatre sections ou parties. Premièrement, une longue zone que l'on peut qualifier de statique sur le plan de l'articulation temporelle (mesures 1 à 27). Par contre, ce statisme sur la structure temporelle permettra en même temps le développement de la structure harmonique. Dans la deuxième section la pièce arrive à s'établir sur la dominante (mesures 21 à 33), pédale harmonique dans la mesure 28. Il faut noter que le compositeur opère ici une sorte de compression par rapport à la vitesse (*Presto*). Cette section (*Presto*) est une sorte de conclusion par compression, aussi, de la structure sonore développée dans les mesures 1 à 27 précédentes, section jouée normalement *Andante* ou *Allegro* selon les interprètes.

⁴ Cf. [Bach, 1950a : Notes].

⁵ Cf. [Bach, 1950a : 6-7].

Præludium II.

J.S. Bach

Musical score for Præludium II, measures 1-36. The score is in G minor (three flats) and common time. It consists of two staves: a treble clef staff and a bass clef staff. The music is a continuous sequence of eighth and sixteenth notes, forming a complex rhythmic pattern. The key signature is G minor (three flats). The score is divided into systems of two staves each, with measure numbers 1, 7, 10, 13, and 16 indicated at the beginning of their respective systems.

Musical score for Præludium II, measures 19-36. The score is in G minor (three flats) and common time. It consists of two staves: a treble clef staff and a bass clef staff. The music continues from the previous section. The key signature is G minor (three flats). The score is divided into systems of two staves each, with measure numbers 19, 22, 25, 28, 31, 34, and 36 indicated at the beginning of their respective systems. The tempo markings **Presto** and **Adagio** are present above the staves, and **Allegro** is present below the staff at measure 34.

Præludium II. en do mineur du Clavecin bien tempéré de J.S. Bach

Figure 1

Dans la troisième section (mesures 34 et 35) le prélude arrive à s'établir comme dans une forme de cadence lente (Adagio). C'est justement là que la section conclusive précédente acquiert toute sa signification. C'est intéressant de faire noter ici que la cadence lente qui caractérise cette section s'imbrique, pour ainsi dire, sur la forme aussi de cadence de tout le prélude.

Enfin, la dernière section Allegro (mesures 36 à 38) s'inscrit dans une forme de coda dans laquelle le prélude finit sur do majeur (cf. la figure 1 de la page précédente).

Il est intéressant de faire remarquer la façon dont le compositeur agit sur la vitesse du prélude. Il est évident que, dans une structure très fermée sur le plan temporel, comme dans le cas de cet ostinato de double-croches, la forme exige justement d'être insérée dans un devenir dans lequel les changements de vitesse vont permettre une articulation effective du processus sonore musical. C'est justement cela que nous avons trouvé dans la démarche de Bach.

Ils existent évidemment des exemples contraires à ce que nous venons de dire à propos de l'utilisation de la vitesse dans ce prélude. C'est le cas, par exemple, du prélude en mi majeur de la *Partita III* pour violon solo du même auteur. Dans cette œuvre, la figure d'*ostinato* et la même vitesse est maintenue jusqu'à la fin du prélude (cf. [Lea, 1956b : 48]).

3.2.2. Le son fondamental

La structure du son fondamental de ce prélude de Bach comporte 35 sons différents. L'espace des fréquences est délimité par le son do₂ et le son lab₅. Le **chiffre totalisateur** de ce son fondamental est 1093. Nous pouvons apercevoir dans la figure 2 de la page suivante le tableau qui montre la structure du son fondamental du prélude.

Une fois de plus, comme nous l'avons constaté dans le son fondamental d'un autre prélude de Bach, (cf. 2.1.7.3. : 85), les couches spectrales du son fondamental figurent en grand nombre. Il y en a, en effet, 29 couches différentes.

Nous rappelons que, une couche spectrale, est la réunion de plusieurs partiels, à

l'intérieur d'un son fondamental ou sous-fondamental, partiels affectés par le même pourcentage d'amplitude.

Le tableau de la figure 2, montre que le son le plus utilisé est le do4, le do « central ». Il est utilisé 113 fois. Par contre, le son do2, le plus grave de ce son fondamental, c'est-à-dire la fréquence fondamentale du son fondamental, n'est utilisé que 2 fois.

Partiel	Nom	Fréquences	Utilisation (nombre de fois)	Amplitude	Couches spectrales
35	lab5	830.61 Hz	1	0.09 %	1
34	sol5	783.99 Hz	3	0.27 %	3
33	fa5	698.46 Hz	8	0.73 %	7
32	mib5	622.25 Hz	13	1.19 %	8
31	ré5	587.33 Hz	17	1.56 %	11
30	do5	523.25 Hz	27	2.47 %	15
29	si4	493.88 Hz	14	1.28 %	9
28	sib4	466.16 Hz	6	0.55 %	5
27	la4	440.00 Hz	8	0.73 %	7
26	lab4	415.30 Hz	23	2.11 %	13
25	sol4	392.00 Hz	59	5.41 %	22
24	fa#4	369.99 Hz	18	1.65 %	12
23	fa4	349.23 Hz	74	6.78 %	26
22	mi4	329.63 Hz	26	2.38 %	14
21	mib4	311.13 Hz	61	5.59 %	23
20	ré4	293.66 Hz	71	6.51 %	24
19	do#4	277.18 Hz	1	0.09 %	1
18	do4	261.63 Hz	113	10.34 %	29
17	si3	246.94 Hz	48	4.40 %	19
16	sib3	233.08 Hz	30	2.75 %	16
15	la3	220.00 Hz	31	2.84 %	17
14	lab3	207.65 Hz	53	4.86 %	20
13	sol3	196.00 Hz	72	6.60 %	25
12	fa#3	185.00 Hz	6	0.55 %	5
11	fa3	174.61 Hz	75	6.87 %	27
10	mi3	164.81 Hz	13	1.19 %	8
9	mib3	155.56 Hz	89	8.16 %	28
8	ré3	146.83 Hz	57	5.22 %	21
7	do3	130.81 Hz	39	3.57 %	18
6	si2	123.47 Hz	7	0.64 %	6
5	sib2	116.54 Hz	4	0.37 %	4
4	la2	110.00 Hz	3	0.27 %	3
3	lab2	103.83 Hz	6	0.55 %	5
2	sol2	97.99 Hz	15	1.37 %	10
1	do2	65.40 Hz	2	0.18 %	2

Structure du son fondamental du prélude en do mineur de Bach

Figure 2

Si nous analysons cette réalité, nous apercevrons que cela coïncide parfaitement avec la démarche harmonique (musicale) structurée dans une forme de type cadencée, dont nous

avons parlé plus haut. C'est pour cela que le son do2, étant la fréquence fondamentale du son fondamental du prélude, est laissé pour ainsi dire, pour la fin du processus sonore. Il fonctionne en effet comme un élément de clôture (cf. la figure 1 précédente).

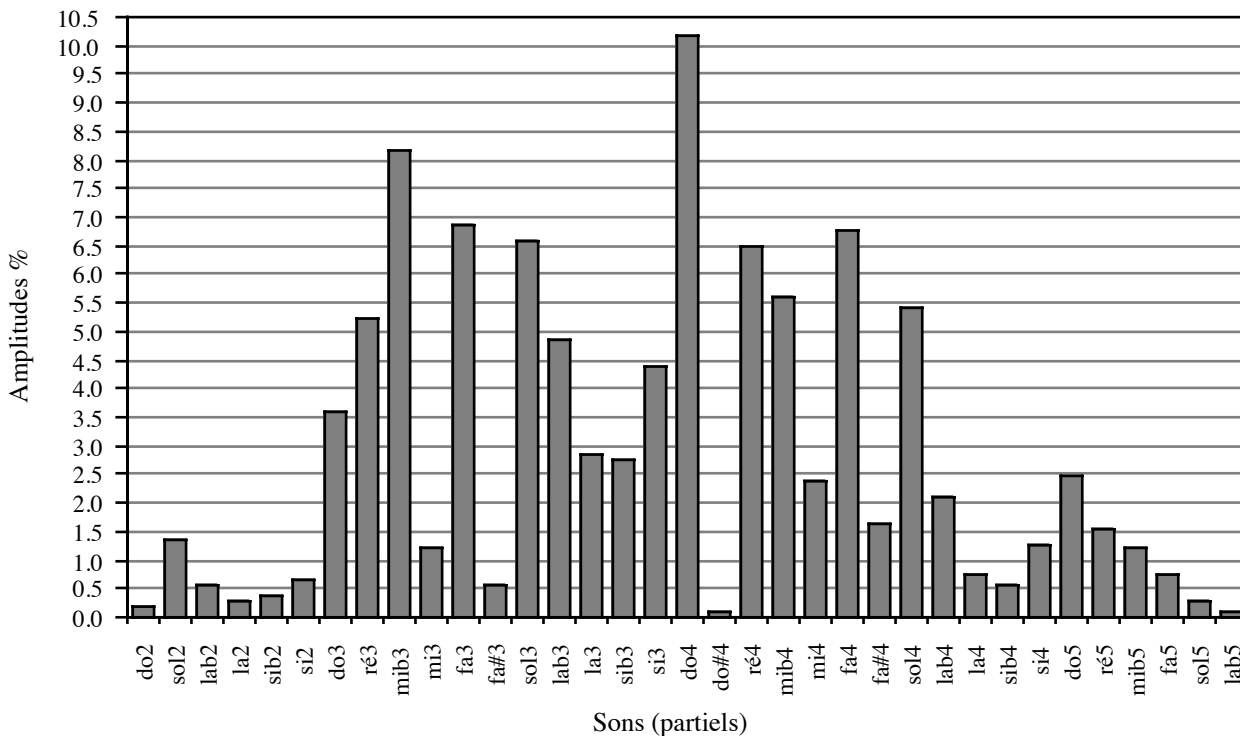
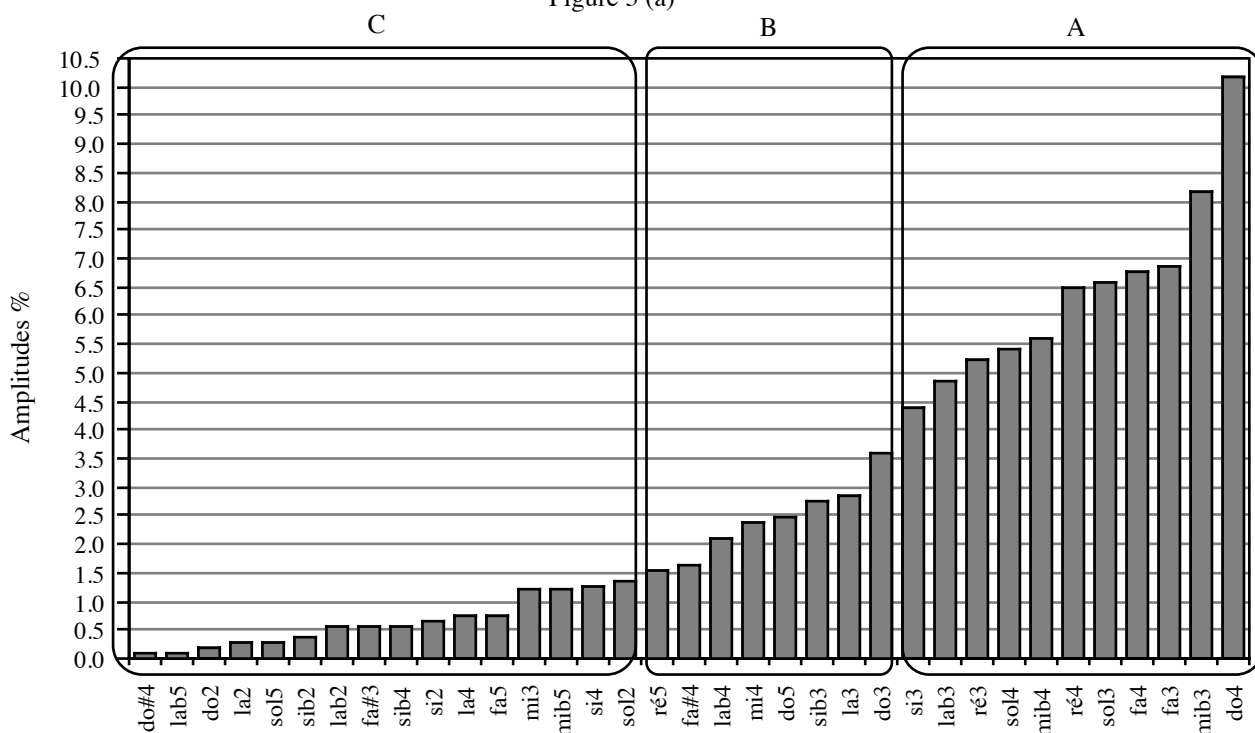


Figure 3 (a)



Graphes (a, b) de la structure du son fondamental du prélude

Figure 3 (b)

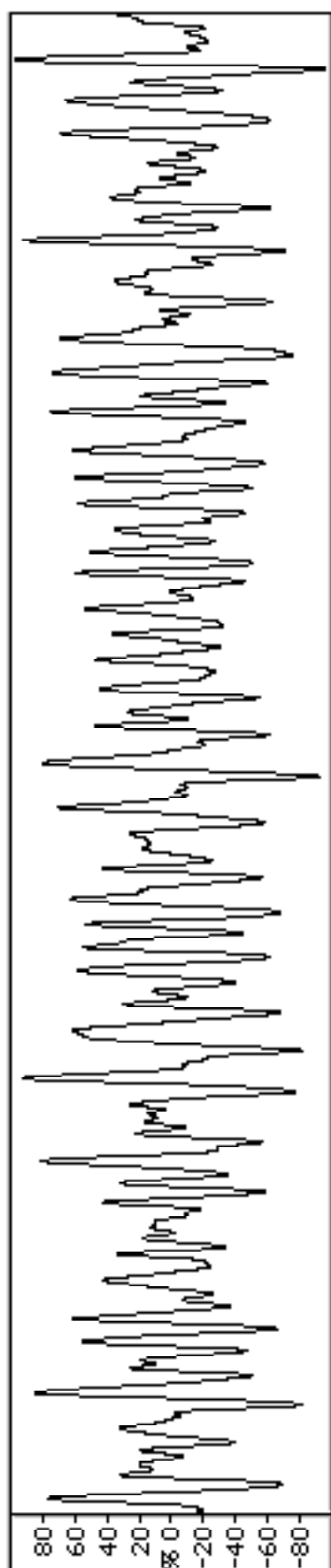
Dans la figure 3 (b) ci-dessus, nous pouvons apercevoir encore de façon plus claire la distribution des partiels du son fondamental. À droite du tableau nous avons le son do4 qui domine cette structure spectrale avec une amplitude de 10.34 %. Les partiels avec un pourcentage d'amplitude au-dessus de 4 %, que nous avons entouré (A), forment une *couche de partiels*⁶ dans laquelle figurent les sons ré3, mib3, fa3, sol3, lab3, si3, do4, ré4, mib4, fa4 et sol4.

L'autre couche de partiels qui se trouve au milieu (B), est formée par les partiels au dessus du pourcentage d'amplitude de 1.5 et inférieure de 4. Nous avons donc, les sons do3, la3, sib3, mi4, fa#4, lab4, do5 et ré5.

Enfin, nous avons établi une troisième couche des partiels (C) qui ont une amplitude d'au-dessous de 1.5 %. Cette couche de partiels comporte, entre autres, la fréquence fondamentale du son fondamental, c'est-à-dire, le son do2, aussi, nous apercevons le son sol2, avec une amplitude de 1.37 %.

Il est intéressant de constater dans le graphe (figure 3 (a et b) que, les fréquences les plus basses, lab2, la2, sib2 et si2, et les plus aiguës (fa5, sol5, la5) sont utilisées très peu dans le prélude. Cela nous renseigne deux choses, premièrement que l'espace sonore est plus utilisé au milieu qu'aux extrémités. Deuxièmement, la sonorité du son fondamental sera aussi affectée par cette utilisation de l'espace sonore. En regardant le graphe de figure 3 (a et b) ci-dessus, nous pouvons nous donner une idée abstraite des fréquences qui domineront le son fondamental.

⁶ À différence de la notion de couche spectrale, laquelle consiste en la réunion de plusieurs partiels, à l'intérieur d'un son fondamental ou sous-fondamental, partiels affectés par le même pourcentage d'amplitude. Une couche de partiels est formée par la réunion de plusieurs partiels, choisis arbitrairement, avec des taux d'amplitude différents entre eux.



L'onde du son fondamental du prélude

La figure 4, à gauche, montre le début de l'onde du son fondamental du prélude. En écoutant le son fondamental, nous avons constaté qu'il y a une prédominance, si l'on peut dire, des sons propres à l'accord de sous-dominante. C'est-à-dire que les sons lab3 et lab4 sont très perceptibles, avec aussi, les sons mib3, fa3, sol3, do4 et ré4. Tous ces sons font partie de la couche de partiels (B) de la figure 3 ci-dessus. D'un autre côté, l'on écoute aussi des sons propres de l'accord de septième de dominante, avec les notes do3, do4 et même do2, cette dernière à faible volume, notes qui fonctionnent comme des anticipatrices ou « attractrices » de la tonalité de *do* du prélude.

Nous écoutons aussi, dans un autre plan sonore, moins fort les sons graves de la couche de partiels (C). Nous recommandons d'écouter le son : Exemple-14 lequel contient ce son fondamental. Ce qu'il faut dire, pour clore notre analyse perceptive du son fondamental, est que **l'on a constaté dans le son fondamental la caractéristique essentielle du prélude.** Nous voulons dire par là que la **particularité instable**, dans le point de vue harmonique du prélude, apparaisse aussi dans la sonorité du son fondamental. Les changements constants de la structure harmonique du prélude se sont transcrits parfaitement dans la sonorité de son son fondamental.

Figure 4

3.2.3. La segmentation ondulatoire naturelle

La segmentation naturelle du prélude est aisément percevable car, comme nous le savons, ce prélude est monophonique ou homophonique. Il n'y a pas des structures polyphoniques dans cette œuvre. Nous sommes donc en présence d'une construction très linéale, si l'on peut dire, à une dimension. C'est pour cela que nous commencerons l'analyse directement par la segmentation naturelle et non pas par la trajectoire ondulatoire du prélude.

		Segmentation ondulatoire naturelle															
	1	<i>O</i>	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
	2	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
	3	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
	4	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1
	5	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
M	6	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
e	7	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
s	8	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
u	9	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
r	10	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1
e	11	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1
s	12	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1
	13	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1
	14	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1
	15	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
	16	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1
	17	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1
	18	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1

Figure 5 (a) : Segmentation naturelle de la première page du prélude

		Segmentation ondulatoire naturelle															
19		-1	+1	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1	-1	+1	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1
20		-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
21		-1	+1	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1	-1	+1	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1
22		-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
23		-1	+1	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1	-1	+1	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1
24		-1	+1	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1	-1	+1	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1
25		-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1	+1	-1	+1	<i>-I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1
M	26	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1	+1	-1	+1	<i>-I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1
e	27	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1	+1	-1	+1	<i>-I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1
s	28	-1	+1	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1	-1	+1	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1
u	29	<i>-I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1	-1	+1	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1
r	30	-1	+1	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1	-1	+1	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1
e	31	-1	+1	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1	-1	+1	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1
s	32	-1	+1	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1
33		-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
34		-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>
		<i>-I</i>	+1	<i>-I</i>	<i>-I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>
		<i>-I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>							
35		<i>-I</i>	<i>-I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1	-1	+1	-1	+1	<i>-I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>
36		<i>-I</i>	+1	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1	-1	+1	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1
37		-1	+1	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	-1
38		<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	-1	<i>+I</i>	<i>+I</i>	<i>+I</i>	-1	+1	<i>-I</i>	<i>-I</i>	<i>-I</i>	+1			

Figure 5 (b) : Segmentation naturelle de la deuxième page du prélude

Dans presque tout le prélude, la partie conférée à la main gauche, ou plutôt à la clef de fa, est celle qui contient les donnes ondulatoires de la segmentation naturelle, (cf. la figure 1

précédente). En effet, de la mesure 1 à la mesure 26, c'est la partie de la main gauche qui contient ces données. Dans la mesure 27, à partir de la quatrième double-croche, c'est la clef de sol qui contient les données, et dans la mesure 28 à partir de la deuxième double-croche. Pour le reste des mesures, les données ondulatoires se partagent entre la clef de sol et celle de fa (cf. la partition du prélude, figure 1 précédente).

Les figures 5 (a et b) des pages précédentes montrent la segmentation naturelle du prélude. La figure 5 (a) montre la segmentation naturelle de la première page du prélude (mesures 1 à 18). La figure 5 (b) montre la segmentation naturelle de la deuxième page du prélude (mesures 19 à 38). Nous avons placé du côté gauche des graphes les chiffres qui indiquent les mesures du prélude. Il faut lire les tableaux de gauche à droite en commençant par le haut en allant vers le bas. Ainsi nous avons dans la figure 5 (a), premièrement, la lettre *O* (en italique) qui indique l'origine de la segmentation naturelle du prélude. Deuxièmement, nous pouvons observer que la première mesure du prélude est construite à partir de la répétition d'une même figure ondulatoire. Cette figure est la plus utilisée dans ce prélude, il s'agit de la structure (+1 -1) répétée plusieurs fois.

De la première mesure jusqu'à la troisième, seulement ces deux mouvements ondulatoires sont utilisés. À partir de la troisième double-croche de la quatrième mesure, il y a une nouvelle figure ondulatoire qui apparaisse, il s'agit de la structure ondulatoire formée par les données +1 +1 -1 -1. Nous avons dessiné ces données en italique foncées et nous les avons encadrées. Les mesures 5 à 9 sont construites avec la première figure ondulatoire du début, c'est-à-dire +1 -1. De la mesure 10 à la 14, Bach mélange les deux structures ondulatoires (+1 -1) et (+1 + -1 -1). La mesure 15 est construite avec la première figure ondulatoire.

Et enfin, dans les mesures 16 à 18, les deux figures ondulatoires sont utilisées une fois de plus. Il est important de souligner, à propos de la segmentation naturelle de cette première page du prélude, que l'agencement de la segmentation naturelle présente des symétries notables. À propos de cela, nous avons trouvé une structure ondulatoire formée par les données (-1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1). Cette structure ondulatoire de caractère répétitive, va justement donner encore plus de statisme à l'ostinato rythmique des

double-croches. L'autre structure ondulatoire est formée par les données ondulatoires que voici (-1 +1 -1 +1 +1 -1 -1 +1 -1 +1 -1 +1 +1 -1 -1 +1).

Cette deuxième structure fonctionne comme une sorte de variation de la première. Nous rappelons que, dans cette structure, se trouvent les premières répétitions de mouvements ascendants et descendants de l'œuvre (+1 +1 et -1 -1). En effet, cette deuxième structure ondulatoire (-1 +1 -1 +1 +1 -1 -1 +1 -1 +1 -1 +1 +1 -1 -1 +1) se présente comme une nouvelle proposition de mouvance ondulatoire qui à son tour sera aussi développée. Nous verrons cela plus tard dans la deuxième page du prélude.

En revenant à la notion de symétrie, dans la première page ou partie du prélude, nous avons trouvé que chacune des deux structures ondulatoires est utilisée neuf fois. Cela veut dire, à notre point de vue, que le processus ondulatoire musical dans cette partie est très équilibré en ce qui concerne le dosage des mouvements ascendants et descendants.

En conclusion, nous pensons que, la division du prélude en deux parties, (la première étant celle qui va de la première mesure à la dix-huitième) est valable. Nous avons donc, pour cette première partie, 18 mesures agencées par deux structures ondulatoires, à son tour ces structures 1 et 2 apparaissent chacune 9 fois (nous verrons plus tard, quand nous appliquerons la segmentation ondulatoire analytique, si cette division s'avère être adéquate ou non). Nous constaterons plus bas que la deuxième partie présente un agencement des structures ondulatoires moins symétrique.

Dans la deuxième page du prélude, la segmentation naturelle comporte une articulation ondulatoire plus variée. Dans la figure 5 (b) précédente, nous pouvons constater que la première structure ondulatoire qui domine dans la première page du prélude est utilisée très peu ici dans cette deuxième partie. En effet, cette structure (-1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1), n'est présente que dans les mesures 20, 22 et 33. Nous verrons plus tard l'importance qui acquiert l'utilisation de cette première structure ondulatoire à la fin du Presto, c'est-à-dire à la mesure 33. Pour le reste du processus ondulatoire musical, nous avons vu que Bach opère un traitement de variation à cette première structure ondulatoire dont nous venons de parler. Nous pensons que ce traitement est effectif dans le sens où le compositeur arrive à « dépasser » la contrainte qu'impose l'ostinato qui domine le processus sonore du

prélude. C'est ainsi que nous assistons à une mise en place des répétitions de mouvements ascendants et descendants en grand nombre. Nous recommandons de se rapporter à la figure 5 (b) précédente. La mesure 19 du prélude contient justement la deuxième structure ondulatoire que nous avons trouvée précédemment (-1 +1 -1 +I +I -I -I +1 -1 +1 -1 +I +I -I -I +1). Nous trouverons cette deuxième structure dans les mesures 19, 21, 23, 24, 28, 30 et 31 (cf. la figure 5 (b) précédente).

En ce qui concerne les autres mesures de cette deuxième partie, nous constatons que, dans la mesure 25, la répétition de mouvements ascendants est de 4, ainsi que pour les mouvements descendants. Nous avons encadré ces données ondulatoires dans le tableau de la figure 5 (b) (mesure 25). Dans cette mesure 25, nous avons une nouvelle structure ondulatoire que nous allons nommer troisième. Cette structure est constituée par les données (-1 +I +I +I +I -I -I +I +I -1 +1 -I -I -I -I +1). Nous pouvons vérifier sur la figure 5 (b) que cette troisième structure apparaisse dans les mesures 25, 26 et 27.

Une autre structure ondulatoire très intéressante est celle qui apparaisse dans la mesure 32. Elle comporte la figure ondulatoire du début (+1 -1) et la deuxième figure ondulatoire (+1 +1 -1 -1). Cette deuxième figure est donc répétée trois fois, nous avons encadré ces données ondulatoires (cf. la figure 5 (b) précédente).

La mesure 34 qui correspond à l'Adagio du prélude comporte la plus longue répétition des mouvements ascendants. Ce nombre de répétitions s'élève à 7 (cf. la figure 5 (b)) précédente. À partir de la section Allegro (mesures 36 à 38) nous arrivons à la Coda du prélude. Dans cette section prédomine la deuxième figure ondulatoire présentée dans sa forme rétrograde inversée. Cela donne un effet de liquidation progressive de la mouvance ondulatoire très marquée par l'ostinato dont nous avons parlé précédemment.

Nous recommandons d'écouter les exemples sonores que nous avons préparés pour illustrer notre démarche analytique. Le premier exemple sonore (Exemple-15) est le prélude joué normalement. Le deuxième exemple consiste en l'exécution lente du prélude pour permettre de suivre la relation entre les différentes structures ondulatoires et leur incidence dans le processus sonore de l'œuvre (Exemple-16). Nous conseillons d'écouter cet exemple en regardant la figure 5 (a et b) des pages précédentes.

3.2.3.1. Les segments naturels

Nous avons vu déjà dans l'analyse de la segmentation naturelle ondulatoire du prélude que les mouvements ascendants et descendants se répètent jusqu'à 7 fois et jusqu'à 4 fois respectivement. Nous avons aussi remarqué qu'il n'y a pas de mouvement horizontal dans ce prélude, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de répétition consécutive d'un même son. L'on peut imaginer l'incidence qui aurait eu l'utilisation de la répétition consécutive d'un même son dans ce prélude. Vraisemblablement, Bach ne l'a pas utilisé, peut-être car la mouvance harmonique obtenue dans cette œuvre, mouvance d'ailleurs instable dans le sens où elle évolue constamment, changerait notablement si la répétition consécutive des sons avait été employée.

En ce qui concerne les segments naturels du prélude, nous les avons réunis dans les tableaux des figures 6 et 7 suivantes. Pour les mouvements ascendants, il y a 6 segments différents. La figure 6 (a) ci-dessous les montre. Nous avons mis dans le premier rangé du tableau en caractères foncés, les chiffres qui énumèrent chaque segment par ordre croissant. La deuxième rangé montre, entre parenthèses, le nombre de répétitions des mouvements qui contient le segment en question. Nous pouvons ainsi percevoir des groupes de répétitions consécutives du mouvement ascendant qui vont de 2, 3, 4, 6, et 7 fois.

1	2	3	4	5	6
(1)	(2)	(3)	(4)	(6)	(7)
+1	+1 +1	+1 +1 +1	+1 +1 +1 +1	+1 +1 +1 +1 +1 +1	+1 +1 +1 +1 +1 +1 +1

Segments naturels des mouvements ascendants du *Præludium* en do mineur de Bach

Figure 6 (a)

La figure 6 (b) ci-dessous montre que, pour les mouvements descendants, il y a 4 segments naturels. Les groupes de répétitions consécutives du mouvement descendant vont de 2, 3 et 4 fois.

1	2	3	4
(1)	(2)	(3)	(4)
-1	-1 -1	-1 -1 -1	-1 -1 -1 -1

Segments naturels des mouvements descendants du *Præludium* en do mineur de Bach

Figure 6 (b)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(1)	(1)	(2)	(2)	(3)	(3)	(4)	(4)	(6)	(7)
+1		+1 +1		+1 +1 +1		+1 +1 +1 +1		+1 +1 +1 +1 +1 +1	+1 +1 +1 +1 +1 +1
	-1		-1 -1		-1 -1 -1		-1 -1 -1 -1		

Segments naturels du *Præludium* en do mineur de Bach

Figure 7

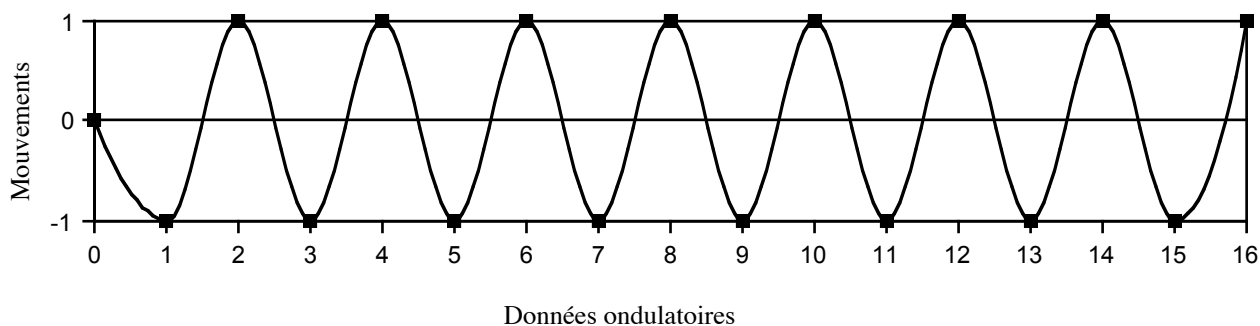
Le tableau de la figure 7 ci-dessus montre le relevé de tous les segments naturels du prélude. Comme nous pouvons le constater aisément, les segments qui contiennent les mouvements ascendants figurent en plus grand nombre.

Nous verrons plus tard dans le paragraphe dédié à la segmentation ondulatoire analytique du prélude, l'importance de chaque segment naturel dans la morphogénèse ondulatoire du prélude. Dans ce contexte analytique, les segments naturels seront transformés en segments ondulatoires.

3.2.4. La trajectoire ondulatoire

La courbe ondulatoire du prélude est presque dévoilée, car, comme nous l'avons précisé dans (3.2.3. : 199), la segmentation naturelle du prélude est aisément percevable car, comme nous le savons, ce prélude est monophonique ou homophonique. Il n'y a pas des structures polyphoniques dans cette œuvre. Nous sommes donc en présence d'une construction très linéale, si l'on peut dire, à une dimension.

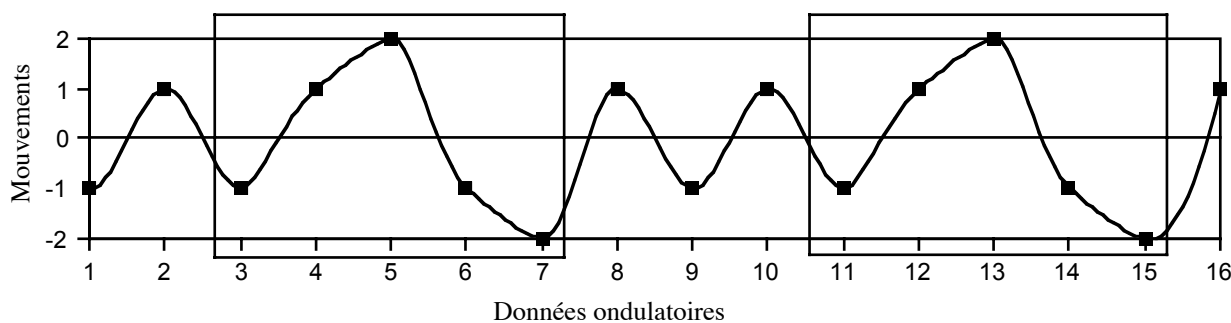
La trajectoire ondulatoire de ce prélude de Bach comporte une structure plus au moins périodique, cela concerne surtout la première partie. Nous avons vu dans le paragraphe précédent que cette première partie est construite avec deux structures ondulatoires différentes que voici.



La première structure ondulatoire du prélude

Figure 8

La figure 8 ci-dessus exhibe la première structure ondulatoire du prélude et sa représentation en forme de courbe. Cette première structure ondulatoire est présente dans les mesures 1 à 3, 5 à 9 et 15. Nous pouvons visualiser de façon nette la régularité de sa forme.



La deuxième structure ondulatoire du prélude

Figure 9

La figure 9 ci-dessus contient la courbe de la deuxième structure ondulatoire du prélude. Nous pouvons déjà observer comment sa forme est modélisée, entre autres, par deux mouvements ascendants et deux descendants, (cf. les données ondulatoires 4-5, 6-7, 12-13 et 14-15 de la figure 9 ci-dessus).

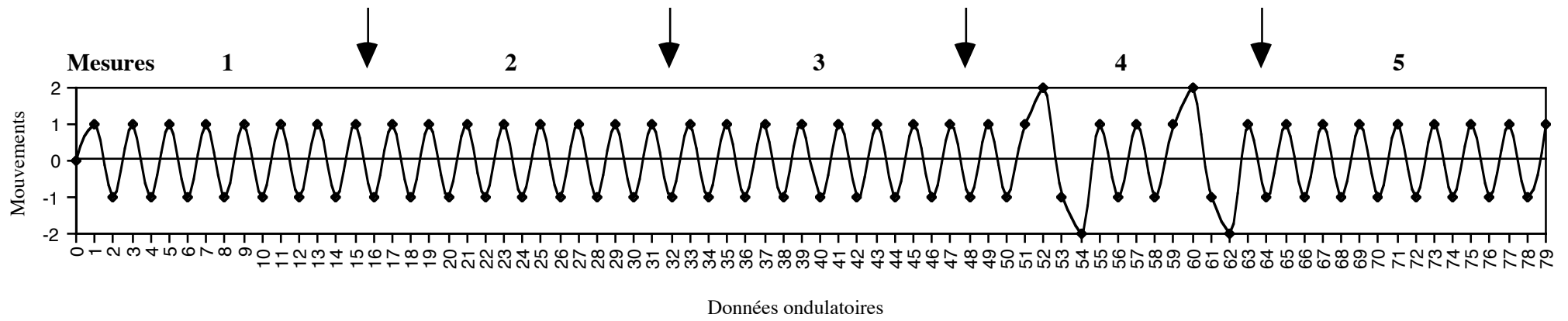


Figure 10 (a) : Trajectoire ondulatoire du *prélude* en do mineur de Bach

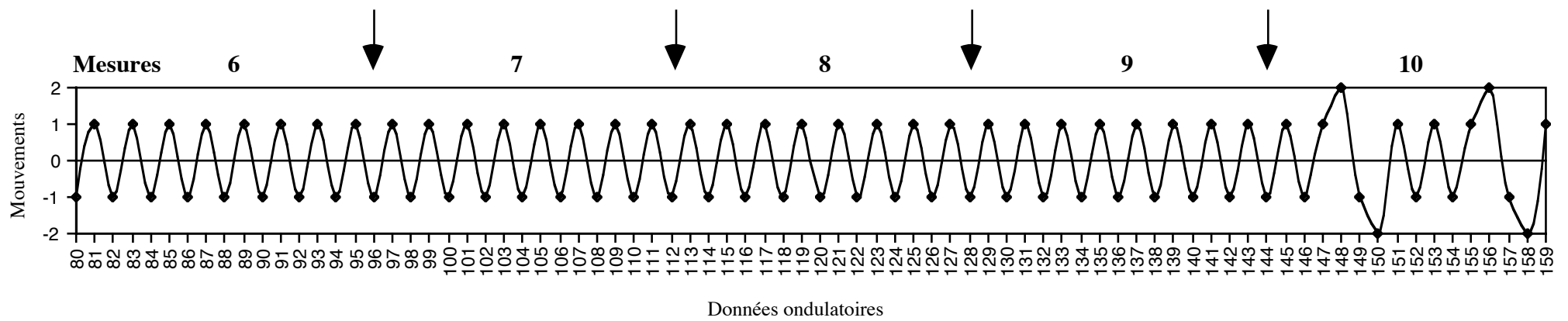


Figure 10 (b) : Trajectoire ondulatoire du *prélude* en do mineur de Bach

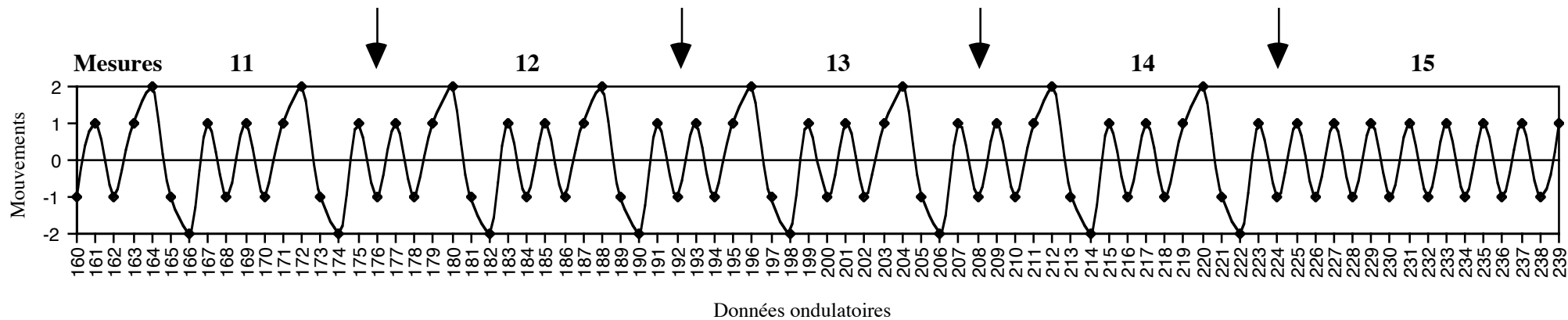


Figure 10 (c) : Trajectoire ondulatoire du *prélude* en do mineur de Bach

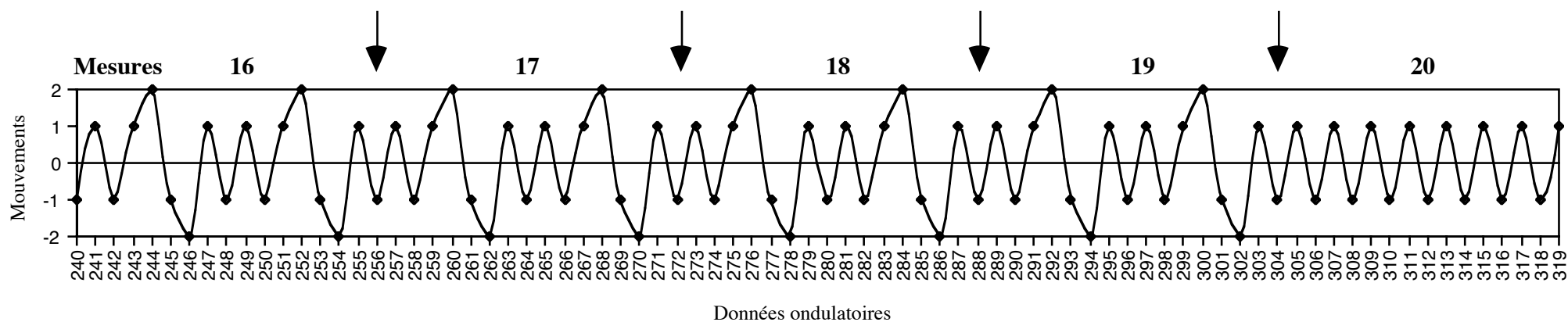


Figure 10 (d) : Trajectoire ondulatoire du *prélude* en do mineur de Bach

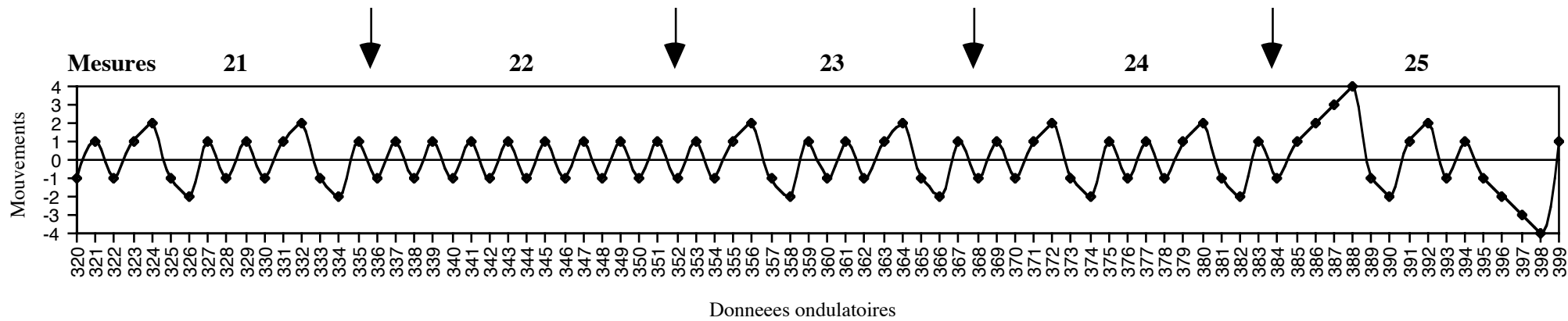


Figure 10 (e) : Trajectoire ondulatoire du *prélude* en do mineur de Bach

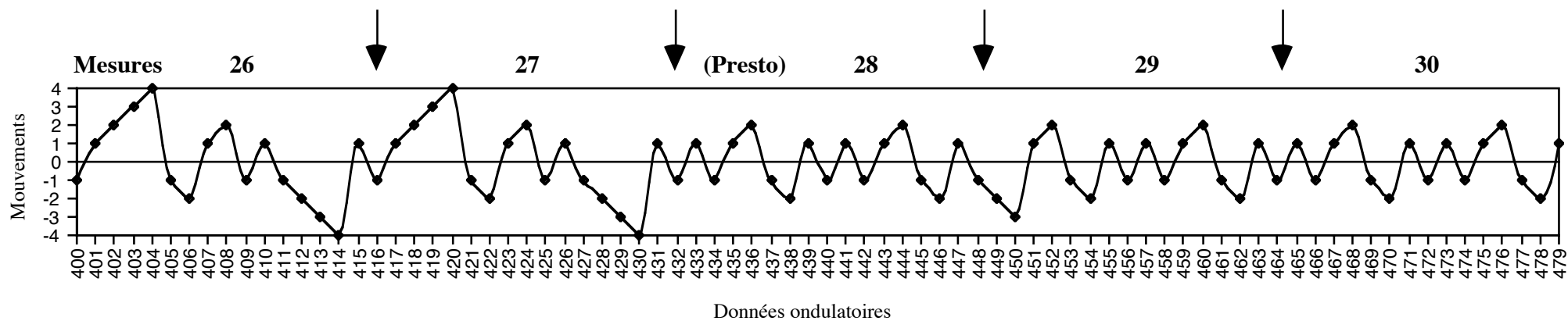


Figure 10 (f) : Trajectoire ondulatoire du *prélude* en do mineur de Bach

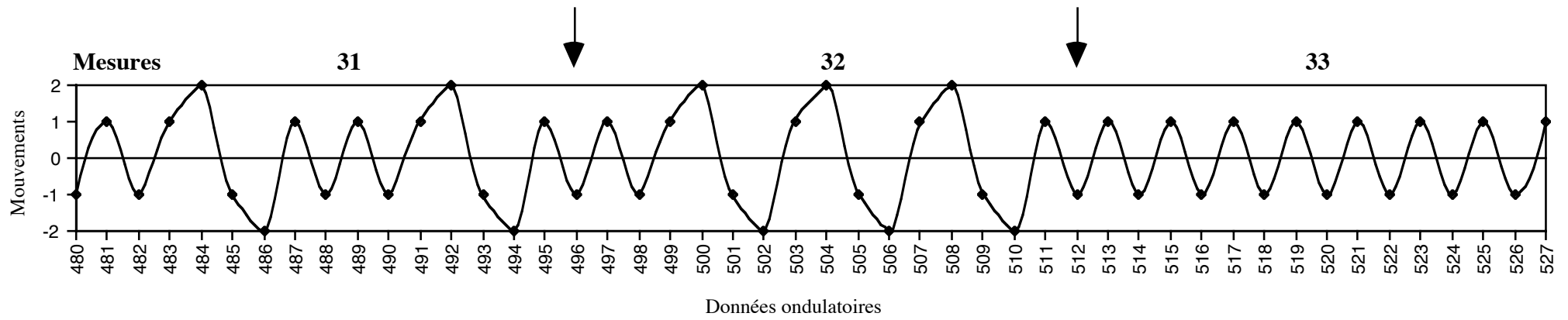


Figure 10 (g) : Trajectoire ondulatoire du *prélude* en do mineur de Bach

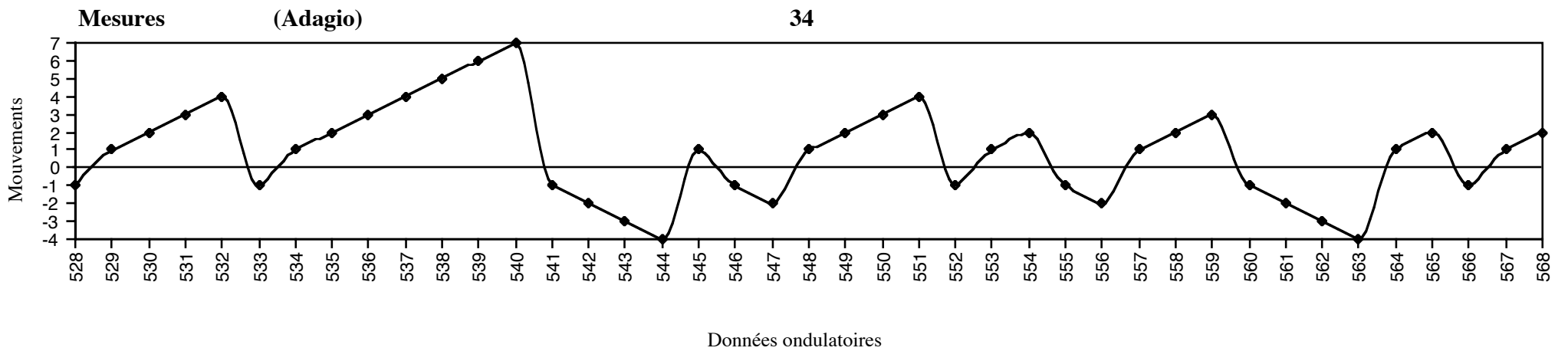


Figure 10 (h) : Trajectoire ondulatoire du *prélude* en do mineur de Bach

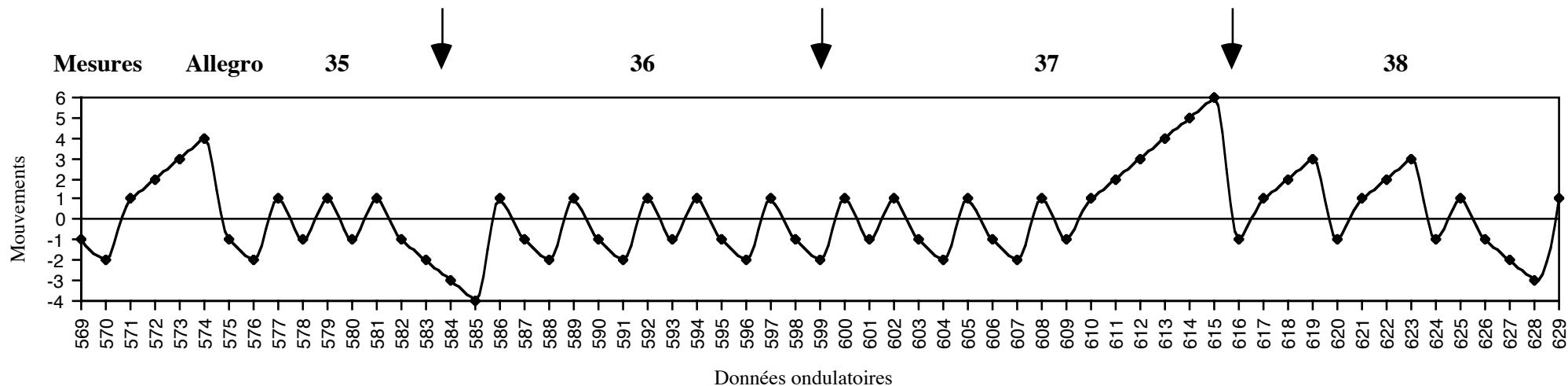


Figure 10 (i) : Trajectoire ondulatoire du *prélude* en do mineur de Bach

La figure 10 (a, b, c, d, e, f, g, h et i), montre la trajectoire ondulatoire du prélude de Bach. Nous avons mis au-dessus de chaque graphe les mesures et les changements de tempo Presto, Adagio et Allegro. Chaque flèche dénote la donnée ondulatoire avec laquelle commence une nouvelle mesure, par exemple, la mesure 36 (ci-dessus), commence dans la donnée 585 et finit dans la donnée 600.

Nous pouvons observer, en regardant la figure 10 (a, b, c, d, e, f, g, h et i), que, ce prélude est un exemple remarquable de développement ondulatoire. Ce développement opère sur l'amplitude des mouvements ascendants et descendants. Nous rappelons que, dans ce prélude, il n'y a pas de répétition successive d'un même son. En parcourant la figure 10 du début, nous constaterons qu'au commencement, la trajectoire ondulatoire est très stable. En effet, dans les mesures 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 et 9 (cf. la figure 10 (a et b) précédente) nous trouvons que la première structure ondulatoire (-1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1) est présente, structure dont nous avons parlé précédemment dans le chapitre sur la segmentation naturelle du prélude (cf. les pages 199-200). Par contre, dans la mesure 4, Bach anticipe déjà, avec la deuxième structure ondulatoire (-1 +1 -1 **+1 +1 -1 -1** +1 -1 +1 -1 **+1 +1 -1 -1** +1), le développement ondulatoire qui s'amorce réellement dans la mesure 10 jusqu'à la fin du prélude (cf. la figure 10 (c, d, e, f, g, h et i).

En ce qui concerne les symétries, c'est justement avec les graphes qui représentent la trajectoire du prélude (figure 10) que celles-ci sont encore plus visibles que dans les graphes qui représentent la segmentation ondulatoire naturelle que nous avons réalisé précédemment. En regardant les mesures 1 à 10, nous percevons parfaitement le caractère si l'on peut dire, monotone, ou plutôt uniforme, de la trajectoire ; sauf dans la mesure 4 et 10 où Bach justement anticipe, avec la deuxième structure ondulatoire du prélude, le développement ultérieur qu'il donnera à cette pièce. Dès les mesures 1 à la 10, nous avons donc premièrement, un « *pattern* » ondulatoire qui apparaisse constamment, c'est la première structure ondulatoire du prélude (-1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1), il faut noter que la première mesure comporte l'élément *O*, la lettre *O* qui symbolise le début de la trajectoire ondulatoire. Deuxièmement, un deuxième « *pattern* », la deuxième structure ondulatoire qui apparaisse deux fois. La répartition ou disposition de ces deux structures dans l'espace sonoro-temporel du prélude (mesures 1 à 10) est plutôt asymétrique.

C'est à partir de la mesure 10 jusqu'à la mesure 24, qu'un changement très intéressant, au niveau de l'agencement morphologique, s'est produit. Dans cette partie du prélude, nous trouvons que la deuxième structure ondulatoire (-1 +1 -1 +***I*** +***I*** -***I*** -***I*** +1 -1 +1 -1 +***I*** +***I*** -***I*** -***I*** +1), est utilisée de façon constante. En regardant la figure 10 (a, b et c), nous pouvons apercevoir que c'est la deuxième structure ondulatoire qui domine toute cette partie. En effet cette structure ondulatoire se répète de façon régulière de la mesure 10 à la 14. La mesure 15 comporte la première structure ondulatoire du prélude, mais, à partir de la 16ème mesure jusqu'à la 19ème, la deuxième structure est réutilisée par le compositeur.

À partir de la mesure 20, jusqu'à la mesure 24, Bach alterne de façon irrégulière les deux structures. Nous trouvons ainsi pour la mesure 20, la première structure. Pour la 21, la deuxième structure. Pour la 22, la première. Enfin, les mesures 23 et 24 sont dominées par la deuxième structure.

Nous ne pouvons pas oublier, dans l'analyse de cette partie de la trajectoire ondulatoire du prélude de Bach, l'incidence sur le plan proprement musical de ce que nous avons constaté dans la partie qui s'étale de la mesure 1 à la mesure 24. Nous avons dit précédemment que la structure harmonique du prélude peut être associée à une forme de cadence instrumentale très

homogène, c'est-à-dire que le parcours harmonique s'effectue de façon régulière comme conséquence de l'ostinato formé par les double-croches.

Or, dans le contexte ondulatoire, nous avons observé, surtout en écoutant plusieurs fois le prélude en lissant la partition et en même temps la trajectoire ondulatoire, que la première structure (-1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1) à une *fonction statique*, si l'on peut dire, dans le processus sonore du prélude.

Ce statisme contraste évidemment avec les changements de la structure harmonique que cette structure véhicule. Cela veut dire qu'une fois l'harmonie établie, à l'intérieur de cette première structure ondulatoire, elle (l'harmonie) acquiert une caractéristique stable. C'est comme si chaque fois le prélude recommençait.

Par contre, en ce qui concerne la deuxième structure ondulatoire (-1 +1 -1 +1 +1 -1 -1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1), nous avons constaté qu'elle fonctionne comme un élément qui *permet la fluidité musicale* et surtout harmonique du prélude. Nous avons observé, toujours en écoutant l'œuvre et en lissant la partition et la trajectoire ondulatoire, que cette structure, dans son devenir cinétique, a un fonctionnement totalement opposé à celui de la première structure.

Cette structure permet, en effet, une sorte de développement sur le plan musical proprement dite que la structure 1 ne peut pas offrir. Il faut dire, en même temps, que la différence entre les propriétés de développement musical de chacune de ces structures est très restreinte. Nous pensons que c'est justement à cause de cela que les deux structures peuvent s'entrecroiser.

Or, l'une des caractéristiques principales de l'agencement ondulatoire de ce prélude consiste, en une forme d'interpénétration de deux figures ondulatoires, ou de deux motifs, en termes musicaux. Ces deux figures sont, premièrement, un mouvement ascendant et un mouvement descendant, ces deux mouvements répétés deux fois consécutivement (+1 -1 +1 -1) et deuxièmement, un mouvement ascendant, deux mouvements descendants et un mouvement ascendant (+1 -1 -1 +1).

Nous avons encore trouvé des informations très pertinentes qui concernent justement, si l'on peut dire, l'une des clefs de l'agencement et de la fluidité ondulatoire de cette œuvre.

Nous avons parlé tout à l'heure de l'importance des deux structures ondulatoires dont dépend presque toute la mouvance ondulatoire du prélude. Mais, en fait ces deux structures ondulatoires sont construites à partir de ces deux figures ondulatoires dont nous venons de parler plus haut, (+1 -1 +1 -1) et (+1 -1 -1 +1).

Figure ondulatoire 2
+1 +1 -1 -1

Figure ondulatoire 1
+1 -1 +1 -1

Les deux figures ondulatoires du prélude de Bach (première mesure)

Figure 11

La figure 11 montre les deux figures ondulatoires de base du prélude. Il est intéressant de faire noter que la figure 2 apparaisse constamment dans la partie confiée à la clef de sol, de la mesure 1 jusqu'à la mesure 24 (cf. la figure 12 suivante). Dans les mesures suivantes, elle apparaît aussi mais nous nous occuperons plus tard de cela. Par contre, cette figure ondulatoire 2, n'apparaît, dans la partie confiée à la clef de fa, que dans les mesures où la structure ondulatoire 2 est présente, nous avons observé cela précédemment.

Alors, ce que nous avons constaté en ce qui concerne le rapport de ces deux figures ondulatoires est que Bach les utilise de manière simultanée. Justement, le début du prélude nous montre cela, (cf. la figure 11 ci-dessus). Cela nous rappelle l'une des règles du contrepoint, que, comme nous le savons, consiste en l'utilisation de mouvements contraires entre deux voix de façon à garantir une construction musicale cohérente ou dynamique.

Or, l'approche analytique ondulatoire permet justement de comprendre comment le résultat sonore obtenu de l'usage des certaines règles du contrepoint va se traduire en des informations qui acquièrent une signification capitale dans la constitution de la forme *ondulatoire* de l'œuvre analysée.

Praeludium II.

J.S. Bach

Musical score for Praeludium II, measures 1-15. The score is in G minor, 2/4 time, and consists of two staves (treble and bass clef). It features a continuous eighth-note pattern with various fingering indications (1, 2) above and below the notes.

Musical score for Praeludium II, measures 16-36. The score continues the eighth-note pattern. It includes dynamic markings "Presto" at measure 28 and "Adagio" at measure 34, and a tempo change to "Allegro" at measure 35. Fingering and articulation marks are present throughout.

Praeludium II en do mineur du Clavecin bien tempéré de J.S. Bach

Figure 12

La figure 12 de la page précédente, montre justement l'agencement de la quasi-totalité du prélude par les figures ondulatoires 1 et 2. Nous avons placé au-dessus ou au-dessous, selon les cas, de chaque figure ondulatoire les chiffres 1 et 2, pour les différencier.

Nous pouvons observer comment chaque figure ondulatoire, au fur et à mesure que l'œuvre avance, va acquérir une utilisation très spécifique. C'est ainsi que, la figure ondulatoire 1 peut être approchée d'une fonction de type *stabilisatrice* du déroulement ondulatoire du prélude. C'est le cas, par exemple des mesures où la première structure ondulatoire est présente, nous avons déjà constaté cela plus haut.

La deuxième figure ondulatoire a une fonction de type *expansive*, qui permet l'évolution ou développement des processus musicaux. Un exemple de cela, nous le trouvons, au moment où l'œuvre retourne pour la première fois à la tonique de do mineur (cf. la mesure 4). Il faut rappeler que, dans cette quatrième mesure, c'est la deuxième structure ondulatoire qui est employée (cf. aussi la figure 10 (a) précédente).

Un autre exemple précis de cette fonction de type expansive propre à la deuxième figure ondulatoire se trouve dans le *Presto* du prélude où cette figure est utilisée de façon répétée. Elle est employée presque toujours « en parallèle » dans les deux voix (cf. la figure 12 précédente, le *Presto*, mesures 28-33).

Pour résumer la question des implications de ces deux figures ondulatoires, nous pouvons dire que l'une des clefs de leur fonctionnement se trouve dans leur conformation ondulatoire. Nous pensons, premièrement, que le caractère stabilisant qui donne au processus sonore la figure ondulatoire 1 est en concomitance avec la disposition symétrique des mouvements qui la composent (+1 -1 +1 -1).

Ici nous nous référons à un type de symétrie en relation au temps, des périodicités temporelles. Donc, la répétition dans l'agencement des mouvements (dans le temps) prime pour la détection de symétries. Nous définirons donc par symétrie successive la conformation d'une figure ou d'une structure ondulatoires (entre autres) dans laquelle la disposition des mouvements qui la forment décrit une courbe périodique. C'est le cas de la figure ondulatoire 1 et de la structure ondulatoire 1. Cette figure ondulatoire exhibe donc une symétrie successive d'ordre 1.

Deuxièmement, nous avons repéré que la figure ondulatoire 2 (+1 +1 -1 -1) permet le développement des processus musicaux grâce à la disposition symétrique, d'ailleurs, un peu différente de la première figure ondulatoire (+1 -1 +1 -1). Il est évident que la répétition (dans le temps) de deux mouvements ascendants ou descendants procure au processus sonore la possibilité de se développer. Nous avons constaté cela sur plusieurs endroits de la partition. La figure ondulatoire 2, présente une symétrie successive d'ordre 2.

Un autre détail intéressant à souligner à propos de l'utilisation des deux figures ondulatoires dont nous venons de parler, nous le trouvons dans les mesures 32 et 33. Nous pouvons apprécier comment le compositeur utilise les deux figures de façon remarquable pour conclure le Presto du prélude. Dans la mesure 32, Bach confère à la partie en clef de sol la figure ondulatoire 1 qui va se répéter 4 fois. Pour la partie en clef de fa, Bach emploie une fois la figure ondulatoire 1 et trois fois la figure ondulatoire 2. Alors, pour la mesure 33, Bach inverse complètement la procédure compositionnelle. Il confère à la partie en clef de sol les figures ondulatoires qu'il a utilisées auparavant dans la mesure précédente pour la partie en clef de fa, c'est-à-dire les figures ondulatoires 1, 2, 2, 2. Pour la partie en clef de fa, le compositeur utilise les figures ondulatoires employées auparavant dans la partie en clef de sol de la mesure précédente, à savoir les figures 1, 1, 1, 1.

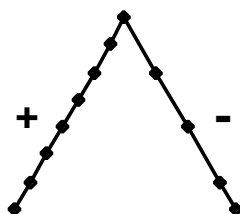
Nous pensons que c'est dans les mesures 32 et 33 que l'interaction de ces deux figures ondulatoires arrive à une sorte de point culminant ou de saturation. C'est dans ce point-là que le prélude arrive à l'Adagio. À partir de l'Adagio jusqu'à la fin du prélude (Allegro) nous assistons à une nouvelle étape dans l'utilisation des figures ondulatoires dont la plupart sont des inversions, rétrogradations ou bien de rétrogradations inversées de la première ou de la deuxième figure ondulatoire (nous étudierons cela en détail dans le chapitre consacré à la segmentation ondulatoire analytique).

En conclusion, nous pouvons affirmer que le fonctionnement de ces deux figures ondulatoires est basé sur une sorte de stratégie compositionnelle *dialectique*, si l'on peut utiliser le terme. Le croisement de ces deux figures pendant presque tout le prélude assure un bon équilibre au processus ondulatoire musical.

3.2.5. L'extension ondulatoire totale

Nous avons observé précédemment dans le paragraphe sur la segmentation naturelle du prélude qu'il n'y a pas des mouvements horizontaux. En conséquence, l'extension ondulatoire totale (EOT) du prélude ne contient pas des mouvements horizontaux.

L'extension maximale (cf. le paragraphe 2.6. : 154) des mouvements ascendants du prélude est de 7, (cf. la figure 7 précédente). L'extension maximale des mouvements descendants du prélude est de 4, (cf. la figure 7 précédente).



L'extension ondulatoire totale du *Præludium II* du *Clavecin bien tempéré* de Bach

Figure 13

La figure 13 transcrit le graphe qui nous permet de visualiser la composition de l'EOT du prélude. Nous avons, du côté droite du graphe, 8 points qui montrent les 7 mouvements ascendants. De la même façon, la partie gauche du graphe, comporte 5 points et 4 mouvements descendants. Il faut rappeler que la disposition des points, la distance des points dans le graphe, n'a aucune valeur spécifique. Les points sont donc distribués dans l'espace d'une façon plus au moins proportionnée pour garantir leur visibilité.

3.2.5.1. L'ensemble EOT

L'ensemble *EOT* de cette œuvre est constitué des données ondulatoires suivantes (+1, +1, +1, +1, +1, +1, -1, -1, -1, -1). L'ensemble *EOT*, ce que se lit « Extension Ondulatoire Totale » du prélude de Bach est définie en extension par :

$$EOT = \{(+1)_1, (+1)_2, (+1)_3, (+1)_4, (+1)_5, (+1)_6, (+1)_7, (-1)_1, (-1)_2, (-1)_3, (-1)_4\}$$

		Données Ondulatoires														Ensembles $M1, \dots, M18$		
M e s u r e s	1	<i>O</i>	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	$M1 = \{(+1), (-1)\}$
	2	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	$M2 = \{(+1), (-1)\}$
	3	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	$M3 = \{(+1), (-1)\}$
	4	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	$M4 = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2\}$
	5	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	$M5 = \{(+1), (-1)\}$
	6	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	$M6 = \{(+1), (-1)\}$
	7	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	$M7 = \{(+1), (-1)\}$
	8	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	$M8 = \{(+1), (-1)\}$
	9	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	$M9 = \{(+1), (-1)\}$
	10	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	$M10 = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2\}$
	11	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	$M11 = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2\}$
	12	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	$M12 = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2\}$
	13	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	$M13 = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2\}$
	14	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	$M14 = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2\}$
	15	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	$M15 = \{(+1), (-1)\}$
	16	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	$M16 = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2\}$
	17	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	$M17 = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2\}$
	18	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	$M18 = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2\}$

Les ensembles qui composent chaque mesure du *Praeludium II.* en do mineur du Clavecin bien tempéré de J.S. Bach

Figure 14 (a)

		Données ondulatoires														Ensembles $M19, 20, \dots, 38$			
M e s u r e s	19	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	$M19 = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2\}$	
	20	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	$M20 = \{(+1), (-1)\}$	
	21	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	$M21 = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2\}$	
	22	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	$M22 = \{(+1), (-1)\}$	
	23	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	$M23 = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2\}$	
	24	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	$M24 = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2\}$	
	25	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	$M25 = \{(+1)_1, (+1)_2, (+1)_3, (+1)_4, (-1)_1, (-1)_2, (-1)_3, (-1)_4\}$	
	26	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	$M26 = \{(+1)_1, (+1)_2, (+1)_3, (+1)_4, (-1)_1, (-1)_2, (-1)_3, (-1)_4\}$	
	27	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	$M27 = \{(+1)_1, (+1)_2, (+1)_3, (+1)_4, (-1)_1, (-1)_2, (-1)_3, (-1)_4\}$	
	28	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	$M28 = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2\}$	
	29	-1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	$M29 = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2, (-1)_3\}$	
	30	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	$M30 = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2\}$	
	31	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	$M31 = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2\}$	
	32	-1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	$M32 = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2\}$	
	33	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	$M33 = \{(+1), (-1)\}$	
	34	-1	+1	+1	+1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	$M34 = \{(+1)_1, (+1)_2, (+1)_3, (+1)_4, (+1)_5, (+1)_6, (+1)_7, (-1)_1, (-1)_2, (-1)_3, (-1)_4\}$
		-1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	+1		
		-1	-1	-1	-1	+1	+1	-1	+1	+1									
35	-1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	$M35 = \{(+1)_1, (+1)_2, (+1)_3, (+1)_4, (-1)_1, (-1)_2, (-1)_3\}$		
36	-1	+1	-1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	-1	+1	$M36 = \{(+1), (-1)_1, (-1)_2\}$		
37	-1	+1	-1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	$M37 = \{(+1)_1, (+1)_2, (+1)_3, (+1)_4, (+1)_5, (+1)_6, (-1)_1, (-1)_2\}$		
38	+1	+1	+1	-1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	+1				$M38 = \{(+1)_1, (+1)_2, (+1)_3, (-1)_1, (-1)_2, (-1)_3\}$		

Figure 14 (b) : Les ensembles qui composent chaque mesure du *Praeludium II*. en do mineur du Clavecin bien tempéré de J.S. Bach

La figure 14 (a) et (b) ci-dessus nous renseigne, dans un point de vue ensembliste, de la disposition des mouvements ascendants et descendants (données ondulatoires) de chaque mesure. Nous pouvons apprécier que les ensembles $M1, M2, M3, M5, M6, M7, M8$ et $M15$, comportent les mêmes éléments, à savoir, $((+1), (-1))$. D'un autre côté, les ensembles $M4, M10, M11, M12, M13, M14, M16, M17$ et $M18$, comportent aussi les mêmes éléments entre eux, à savoir, $((+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2)$.

Nous avons donc, d'abord, un premier ensemble que nous dénommerons $PIEOT$, ce que se lit « Partie un de l'ensemble EOT » (cf. le paragraphe 3.1.5.1. ci-dessus), qui comporte les éléments $((+1), (-1))$.

$$PIEOT = \{(+1), (-1)\}$$

Nous pouvons cependant remarquer que les éléments de l'ensemble $PIEOT$ sont donc présents dans les ensembles $M1, \dots, M3, M5, \dots, M8, M15$. **L'élément O** de la première mesure, c'est-à-dire, **l'origine de la trajectoire ondulatoire**, est un élément de la trajectoire ondulatoire **mais il n'est pas considéré un élément de l'ensemble, car cet élément (O) n'est pas une donnée ondulatoire**.

Ensuite, un deuxième ensemble que nous dénommerons $P2EOT$, ce que se lit « Partie deux de l'ensemble EOT », qui comporte les éléments $((+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2)$.

$$P2EOT = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2\}$$

De la même façon, les éléments de l'ensemble $P2EOT$ constituent les ensembles $M4, M10, \dots, M18$. Il est aussi pertinent de faire noter que l'ensemble $PIEOT$ est inclus dans $P2EOT$. Alors l'ensemble $PIEOT$ est un sous-ensemble de $P2EOT$.

En continuant l'étude des ensembles de données ondulatoires du prélude, nous vérifions, dans la figure 14 (b) précédente, que, les ensembles $M19, M21, M23, M24, M28, M30, \dots, M32$, qui constituent les mesures 19, 21, 23, 24, 28, 30 à 32 respectivement, comportent les mêmes éléments de l'ensemble $P2EOT$ que nous avons défini auparavant :

$$P2EOT = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2\}.$$

Nous pouvons déceler de la même façon que les ensembles $M20$, $M22$, $M33$, $M36$ qui correspondent aux mesures 20, 22, 33 et 36 respectivement, contiennent les mêmes éléments de l'ensemble $PIEOT$ que nous avons défini auparavant (cf. la figure 14 (b) précédente) :

$$PIEOT = \{(+1), (-1)\}$$

Un troisième ensemble, que nous dénommerons $P3EOT$ ce que se lit « Partie trois de l'ensemble EOT » comporte les données ondulatoires $(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2, (-1)_3$, donc, $P3EOT = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2, (-1)_3\}$. Cet ensemble $P3EOT$ est égal à l'ensemble $M29$ de la mesure 29 du prélude ; donc, $P3EOT = M29$.

L'ensemble de la dernière mesure du prélude $M38$ contient trois mouvements ascendants et trois mouvements descendants. Cet ensemble constitue la quatrième partie de l'ensemble EOT que voici, $P4EOT = \{(+1)_1, (+1)_2, (+1)_3, (-1)_1, (-1)_2, (-1)_3\}$.

Un nouvel ensemble qui constitue la cinquième partie de l' EOT du prélude que nous dénommerons $P5EOT$ comporte les données ondulatoires $(+1)_1, (+1)_2, (+1)_3, (+1)_4, (-1)_1, (-1)_2, (-1)_3$. Cette ensemble se trouve dans la mesure 35 du prélude (cf. l'ensemble $M35$). Alors, l'ensemble $M35$ est égal à l'ensemble $P5EOT$, donc, $M35 = P5EOT$.

Nous avons constitué une sixième partie de l' EOT du prélude qui comporte 4 mouvements ascendants et 4 mouvements descendants. L'ensemble $P6EOT$ qui constitue cette sixième partie est définie en extension par :

$$P6EOT = \{(+1)_1, (+1)_2, (+1)_3, (+1)_4, (-1)_1, (-1)_2, (-1)_3, (-1)_4\}$$

Les ensembles $M25$, ... , $M27$ sont égaux à cet ensemble $P6EOT$, (cf. la figure 14 (b) précédente).

Dans la mesure 37, nous trouvons une disposition des éléments de l'ensemble EOT qui comporte six mouvements ascendants consécutifs et de deux mouvements descendants consécutifs, (cf. la figure 14 (b), mesure 37 et l'ensemble $M37$).

Cet ensemble $M37$ constitue en même temps l'ensemble $P7EOT$ qui concerne la septième partie de l'EOT du prélude.

Dans la mesure 34 du prélude, celle qui correspond à l'Adagio contient tous les mouvements de l'EOT. Nous avons donc un dernier ensemble $P8EOT$, qui concerne la huitième partie de l'EOT du prélude, que voici :

$$P8EOT = \{(+1)_1, (+1)_2, (+1)_3, (+1)_4, (+1)_5, (+1)_6, (+1)_7, (-1)_1, (-1)_2, (-1)_3, (-1)_4\}$$

L'ensemble $P8EOT$ contient les mêmes éléments de l'ensemble EOT .

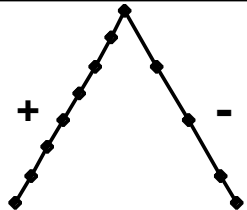
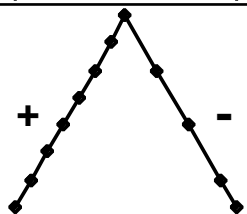
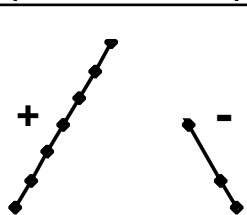
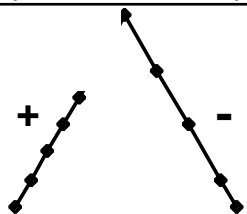
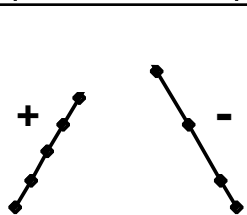
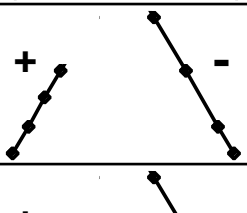
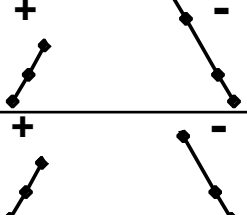


3.2.6. Conclusion

Nous voudrions justifier notre démarche centrée sur la formalisation ensembliste des données ondulatoires qui constituent l'EOT, car cette méthode nous a permis de valoriser d'une manière systématique leur développement et organisation dans l'espace sonore de l'œuvre. Nous avons remarqué que ce que nous avons précisé auparavant sur le traitement compositionnel que Bach emploie dans ce prélude, traitement marqué par une stratégie basée sur ce que l'on nomme communément, économie des moyens, s'était avérée très révélateur.

La division en plusieurs parties que nous avons opérée à l'EOT a été réalisée à partir des informations que nous avons trouvées dans chaque mesure du prélude.

Nous avons sectionné l'EOT en fonction du nombre de répétitions *consécutives* des mouvements ascendants et descendants.

Le tableau de la figure 15 de la page suivante nous donne une idée du sectionnement de l'EOT du prélude. L'évidence avec laquelle les ensembles $P1EOT$, $P2EOT$, $P3EOT$, $P4EOT$, $P5EOT$, $P6EOT$ et $P7EOT$ sont des sous-ensembles de l'ensemble EOT est montrée de manière très visible.

$EOT = \{(+1)_1, (+1)_2, (+1)_3, (+1)_4, (+1)_5, (+1)_6, (+1)_7, (-1)_1, (-1)_2, (-1)_3, (-1)_4\}$	
$P8EOT = \{(+1)_1, (+1)_2, (+1)_3, (+1)_4, (+1)_5, (+1)_6, (+1)_7, (-1)_1, (-1)_2, (-1)_3, (-1)_4\}$ (L'ensemble $P8EOT$ contient tous les éléments de l'ensemble EOT).	
$P7EOT = \{(+1)_1, (+1)_2, (+1)_3, (+1)_4, (+1)_5, (+1)_6, (-1)_1, (-1)_2\}$	
$P6EOT = \{(+1)_1, (+1)_2, (+1)_3, (+1)_4, (-1)_1, (-1)_2, (-1)_3, (-1)_4\}$	
$P5EOT = \{(+1)_1, (+1)_2, (+1)_3, (+1)_4, (-1)_1, (-1)_2, (-1)_3\}$	
$P4EOT = \{(+1)_1, (+1)_2, (+1)_3, (-1)_1, (-1)_2, (-1)_3\}$	
$P3EOT = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2, (-1)_3\}$	
$P2EOT = \{(+1)_1, (+1)_2, (-1)_1, (-1)_2\}$	
$PIEOT = \{(+1), (-1)\}$	

Relation des ensembles qui sectionnent l'EOT du prélude

Figure 15

La figure 15 ci-dessus exhibe la relation entre les ensembles qui sectionnent l'EOT du prélude. Nous pouvons apprécier que l'ensemble $PIEOT$ est un sous-ensemble des ensembles

P2EOT, P3EOT, P4EOT, P5EOT, P6EOT, P7EOT, P8EOT et *EOT*. L'ensemble *P2EOT* est un sous-ensemble des ensembles *P3EOT, P4EOT, P5EOT, P6EOT, P7EOT, P8EOT* et *EOT*. L'ensemble *P3EOT*, est un sous-ensemble des ensembles *P4EOT, P5EOT, P6EOT, P8EOT* et *EOT*.

L'ensemble *P4EOT* est un sous-ensemble des ensembles *P5EOT, P6EOT, P8EOT* et *EOT*. L'ensemble *P5EOT* est un sous-ensemble des ensembles *P6EOT, P8EOT* et *EOT*.

L'ensemble *P6EOT* est un sous-ensemble de *P8EOT* et de *EOT*. L'ensemble *P7EOT* est un sous-ensemble de *P8EOT* et de *EOT*. Enfin, l'ensemble *P8EOT* est égal à l'ensemble *EOT*.

L'outil ensembliste permet grâce à la formalisation des données ondulatoires d'une œuvre et plus précisément, du prélude de Bach, la mise en évidence de manière simple et efficace de l'organisation de l'espace ondulatoire que l'œuvre véhicule dans son devenir.

3.2.7. Segmentation ondulatoire analytique du prélude en do mineur de Bach

3.2.7.1. Les segments ondulatoires

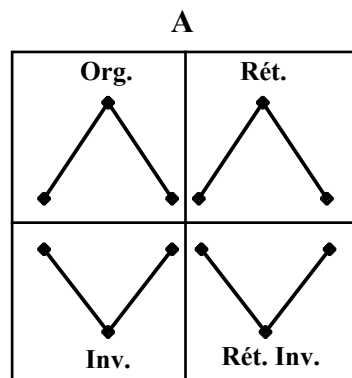
Nous avons établi une segmentation de la trajectoire ondulatoire qui comporte sept segments ondulatoires. Il est intéressant de noter que, par rapport à la disposition ensembliste des mouvements de la trajectoire ondulatoire du prélude que nous venons de réaliser, le nombre de segments ondulatoires coïncide avec les ensembles qui divisent l'EOT. Nous avons opéré 8 divisions, mais nous rappelons que le huitième ensemble (*P8EOT*) est égal à l'ensemble *EOT*. **Nous avons donc 7 segments ondulatoires et 7 ensembles diviseurs de l'EOT.**

Ce que nous venons de dire nous intéresse sur le point de vue de symétries. Nous pensons que ce prélude comporte une architecture basée principalement sur des structures symétriques très souples qui se manifestent sur plusieurs plans. Nous pensons aussi que, les symétries que nous avons trouvées, en ce qui concerne le nombre d'ensembles et de segments ondulatoires, vérifie une partie de cette constatation.

Nous verrons dans ce qui va suivre, premièrement, dans l'*extraction* et deuxièmement, dans l'*analyse des segments ondulatoires*, comment la forme (ondulatoire) du prélude est articulée par des « jeux » de symétries et aussi, évidemment, par des brisures de symétries très diverses.

3.2.7.1.1. Le segment ondulatoire A

Le segment ondulatoire A de ce prélude de Bach est formé par deux mouvements, un ascendant et un descendant.



Le segment ondulatoire A et ses 4 formes de rotation

Figure 16

Nous pouvons observer dans la figure 16 ci-dessus que le segment ondulatoire A n'a que deux permutations réelles (original et inversion), cela est dû aux deux mouvements qui le forment. La rétrogradation du segment est égale à sa forme originale et la rétrogradation inversée est égale à l'inversion. Nous verrons plus bas que le segment A est utilisé dans ce prélude de Bach dans sa forme originale et inversée.

Nous voulons rappeler que, dans les paragraphes que nous avons dédié à la segmentation ondulatoire naturelle et à la trajectoire ondulatoire, nous avons parlé de l'importance de la figure ondulatoire I (+1 -1 +1 -1) dans la structure du processus ondulatoire

musical du prélude. Alors nous constatons maintenant que, en réalité, la figure ondulatoire *I* est le segment ondulatoire *A* qui se répète deux fois.

De la même manière, la structure ondulatoire *I* dont nous avons parlé auparavant (-1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1 -1 +1) devient maintenant une structure façonnée aussi par ce premier segment ondulatoire *A*.

Or, le segment ondulatoire *A* est véritablement l'un des éléments clefs du prélude premièrement, à cause des mouvements qui le composent. Ici, il faut que nous nous arrêtons pour un moment pour parler de l'importance de ce type de segment ondulatoire. Le segment *A* comporte deux des trois mouvements qui forment la *structure ondulatoire fondamentale* dont nous avons parlé précédemment dans le paragraphe (2.6 : 150). Le mouvement qui n'est pas présent dans ce segment ondulatoire est l'horizontal. Les deux mouvements de base de toute musique et même de toute onde sonore sont, en effet, ces deux mouvements-là.

Dans le domaine des hauteurs, le mouvement horizontal représente la répétition d'un même son. Dans une trajectoire ondulatoire, la répétition d'une donnée ondulatoire (mouvement horizontal) implique que les données concernées ont la même fréquence grave qui se répète, mais l'ensemble des fréquences qui se trouvent au-dessus de cette fréquence grave (fondamentale) peut varier d'un point à l'autre point du mouvement horizontal.

Dans le cas d'une onde sonore, ce qui se répète – grosso modo – est la même valeur numérique de la fonction ou de l'algorithme qui crée le son, ce qui donne dans la représentation de la courbe de l'onde la répétition d'un même point.

Or, ce qui nous intéresse ici, c'est la fonction de la *répétition en musique*. La répétition qui se matérialise, dans une trajectoire ondulatoire ou dans une sous-trajectoire ondulatoire, par des répétitions des points horizontaux ou diagonaux ascendants ou descendants, de la courbe. Or, la répétition horizontale implique sur le plan musical la réutilisation de quelque chose qui peut varier. Là, nous pouvons faire référence à la *Danses des Adolescents* du *Sacre du Printemps* de Stravinsky ou bien, à la deuxième pièce des *Six Petites pièces* pour piano opus 19, de Schönberg. Mais, peut-être, au fond, la répétition horizontale maintient-elle une

certaine propriété d'être la « même chose », mais tout en étant modifiée ou déplacée dans l'espace temporel de l'œuvre. D'un autre côté, la répétition d'un ou plusieurs mouvements ascendants ou descendants implique, logiquement, une reproduction du mouvement précédent, donc, une répétition mais ce qui se répète c'est le mouvement et non pas l'événement sonore, car la (ou les) fréquences (les sons) changent.

Nous voici en présence de deux entités fondamentales qui interviennent dans la structure de toute musique. Nous parlons là de deux types de répétitions, l'horizontale que nous pouvons assimiler à quelque chose de statique, et la répétition non horizontale, c'est-à-dire ascendante ou descendante, que nous pouvons approcher d'une notion de dynamique, de développement ou de prolifération.⁷

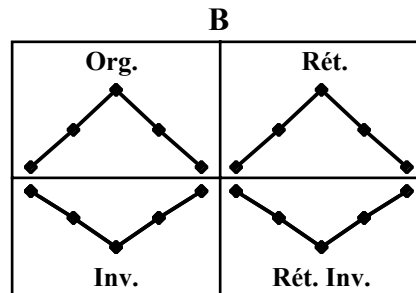
En revenant aux deux éléments qui composent le segment ondulatoire *A*, nous pouvons affirmer que Bach dans ce prélude n'emploie que des répétitions non horizontales justement pour permettre à l'œuvre de se développer sur un plan nettement dynamique. Nous rappelons que la stratégie des répétitions employées par le compositeur comporte 7 mouvements ascendants et 4 descendants (cf. le paragraphe (3.2.5. : 218) précédent). En même temps, nous pouvons observer qu'il y a une autre forme de statisme qui est produite par la structure harmonique (en termes musicaux) du prélude. Nous verrons plus loin, dans l'étude des autres segments ondulatoires, comment Bach arrive à construire une forme ondulatoire qui s'articule justement sur un déploiement des mouvements consécutifs ascendants ou descendants où le développement musical est en parfaite adéquation avec le nombre de répétitions consécutives de mouvements ascendants ou descendants.

À partir de cette constatation, nous pouvons sentir la règle ou le mécanisme fondamental qui s'applique ici dans ce prélude et peut-être dans toute musique, à savoir que **le développement musical est concomitant avec la répétition consécutive ou non des mouvements ascendants et descendants**. Cela n'exclut pas l'utilisation des mouvements horizontaux, mais il est évident que les mouvements horizontaux devraient être interpolés aux ascendants ou descendants.

⁷ À propos des notions de répétition statique et dynamique, nous recommandons l'ouvrage de Gilles Deleuze, *Différence et Répétition* (cf. [Deleuze, 1987 : 32]).

3.2.7.1.2. Le segment ondulatoire *B*

Le segment ondulatoire *B* est formé par quatre mouvements, deux mouvements ascendants consécutifs et deux mouvements descendants consécutifs.



Le segment ondulatoire *B* et ses 4 formes de rotation

Figure 17

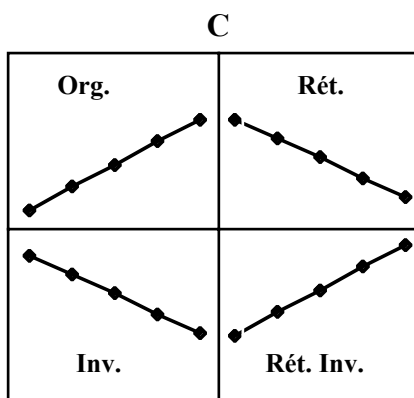
Nous pouvons observer dans la figure 17 ci-dessus que le segment ondulatoire *B* n'a que deux permutations réelles (original et inversion), cela est dû à la répétition consécutive des deux mouvements ascendants et de deux mouvements descendants. La rétrogradation du segment est égale à sa forme originale et la rétrogradation inversée est égale à l'inversion.

Ici, nous constatons que le segment *B* est un exemple précis d'utilisation de la répétition exacte des éléments qui conforment le segment *A* que nous avons évoqué précédemment. Dans le segment *B* nous avons donc un premier exemple de développement du segment *A*.

Nous verrons plus bas que le segment *B* est utilisé dans ce prélude de Bach dans sa forme originale et inversée.

3.2.7.1.3. Le segment ondulatoire *C*

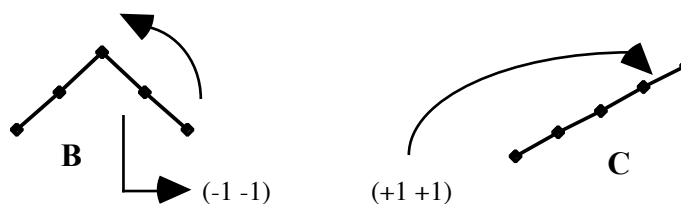
Nous avons localisé un troisième segment ondulatoire dans ce prélude de Bach, c'est le segment *C*. Ce segment est constitué de 4 mouvements ascendants consécutifs.



Le segment ondulatoire *C* et ses transformations quadratiques

Figure 18

Le segment ondulatoire *C* est un cas très intéressant de développement du segment ondulatoire *B* (cf. la figure 17 précédente). Ce segment peut-être vu comme le résultat de l'inversion de la partie supérieure du segment ondulatoire *B*.



Représentation graphique de l'inversion de la partie supérieure du segment ondulatoire *B* pour obtenir le segment ondulatoire *C*

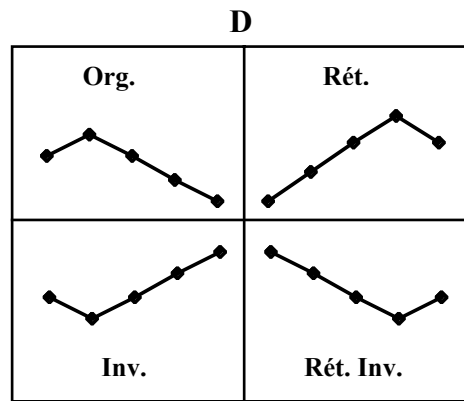
Figure 19

La figure 19 ci-dessus montre symboliquement la transformation (rotation de 90°) de la partie supérieure du segment ondulatoire *B* (les deux derniers mouvements descendants) pour devenir 2 mouvements ascendants (segment ondulatoire *C*). Il faut faire noter que la rétrogradation du segment est égale à sa forme inversée et que la forme rétrograde inversée est égale à l'originale. Il faut noter aussi que la forme inversée de ce segment ondulatoire *C* comporte l'extension maximale des mouvements descendants du prélude, à savoir, quatre mouvements descendants (cf. le paragraphe (3.2.5. : 218) précédent).

3.2.7.1.4. Le segment ondulatoire *D*

Le quatrième segment ondulatoire, le segment *D*, est le premier segment dont ses éléments forment une dissymétrie par rapport à la répartition de ses mouvements.

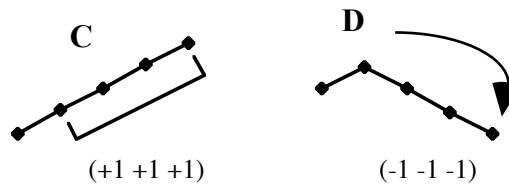
En effet, le segment *D* est formé par un mouvement ascendant et trois mouvements descendants. Il est aussi le premier segment de la trajectoire ondulatoire du prélude qui peut supporter les trois transformations à savoir, inversion, rétrogradation et la rétrogradation de l'inversion.



Le segment ondulatoire *D* de la trajectoire ondulatoire du prélude et ses 4 formes de rotation

Figure 20

Le segment ondulatoire *D* peut-être représenté comme une transformation de la partie la plus grande du segment ondulatoire *C*, c'est-à-dire les trois derniers mouvements ascendants qui deviennent, après une rotation de 90°, trois mouvements descendants.



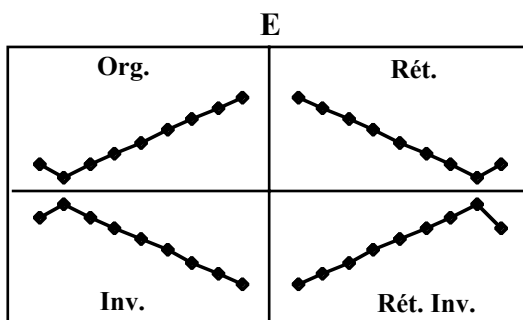
Représentation graphique de l'inversion de la partie supérieure du segment ondulatoire *C* pour obtenir le segment ondulatoire *D*

Figure 21

La figure 21 ci-dessus (page précédente) montre la représentation graphique de cette transformation. Nous verrons, dans le paragraphe dédié à l'analyse de la segmentation de la trajectoire ondulatoire de cette œuvre, que le segment ondulatoire *D* apparaît dans la forme originale, inversée, rétrograde et rétrograde inversée.

3.2.7.1.5. Le segment ondulatoire *E*

Le segment ondulatoire *E* est formé par un mouvement descendant et par tous les mouvements ascendants de l'EOT de cette œuvre, c'est-à-dire, 7 mouvements.



Le segment ondulatoire *E* et ses 4 formes de rotation

Figure 22

Nous pouvons observer dans la figure 22 ci-dessus que le segment ondulatoire *E* peut supporter les trois rotations (inversion, rétrograde et rétrograde de l'inversion), cela est dû à la dissymétrie de sa structure.

Le segment ondulatoire *E*, nous le rappelons, est celui qui contient tous les mouvements ascendants du prélude, n'apparaît qu'une seule fois. C'est dans l'Adagio, après l'arpège du commencement de la mesure 34, qu'il est utilisé. Ce segment contient donc les notes mi⁴, do⁴, ré, mi⁴, fa⁴, sol⁴, la⁴, sib⁴, do⁵.

Il est intéressant de faire noter que c'est justement là dans cette mesure que l'EOT du prélude atteint son extension maximale du point de vue des mouvements ascendants. C'est aussi là que tout le travail sur le développement des mouvements ascendants acquiert son maximum d'expression. Nous pensons qu'il est intéressant de noter que c'est précisément dans l'Adagio que Bach décide de placer cet événement.

En même temps c'est dans l'Adagio, Adagio qui ne comporte qu'une seule mesure, que l'ostinato de double-croches est, pour ainsi dire, coupé. Nonobstant, il est vrai que Bach reprend immédiatement cet ostinato pour l'étendre jusqu'à la fin de l'œuvre.

Le segment ondulatoire *E* n'est utilisé dans le prélude que dans sa forme originale.

3.2.7.1.6. Le segment ondulatoire *F*

Nous avons trouvé un sixième segment ondulatoire lequel contient un mouvement ascendant et deux descendants. Ce segment ressemble de très près au segment ondulatoire *D*, en effet le segment *D*, comporte un mouvement descendant de plus que le segment ondulatoire *F*.

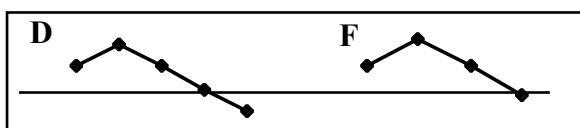


Figure 23 (a)

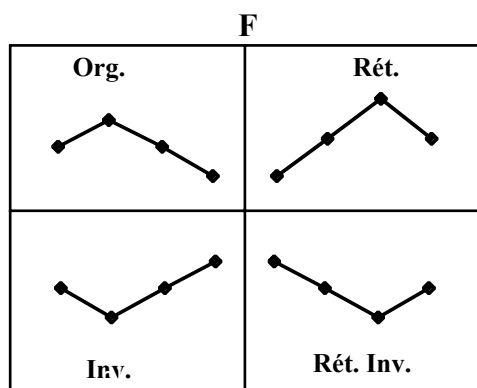


Figure 23 (b)

La figure 23 (a) montre la différence qui existe entre les segments ondulatoires *D* et *F*. Le segment *D* comporte dans sa structure un mouvement descendant de plus par rapport au segment ondulatoire *F*. La figure 23 (b) décrit le segment ondulatoire *F* avec ses trois transformations ou rotations. Nous verrons plus loin, dans l'analyse de la segmentation de la

trajectoire ondulatoire du prélude, que le segment F est utilisé dans sa forme originale, inversée et rétrograde inversée.

3.2.7.1.7. Le segment ondulatoire G

Enfin, nous arrivons au dernier segment ondulatoire de ce prélude en do mineur de Bach. Le segment G comporte six mouvements ascendants consécutifs. Comme dans le cas des segments D et F , le segment G ressemble de très près au segment ondulatoire C , en effet, le segment G , comporte deux mouvements ascendants de plus que le segment ondulatoire C .

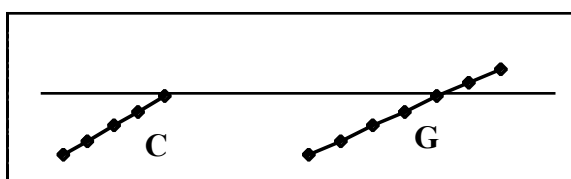


Figure 24 (a)

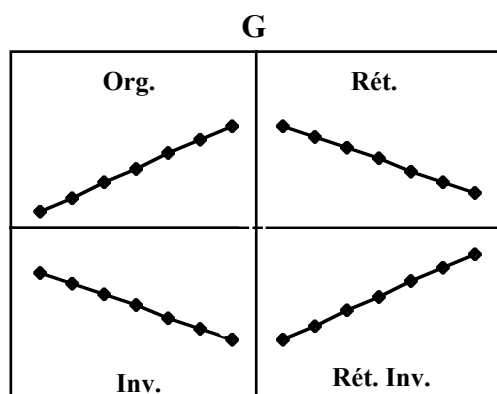


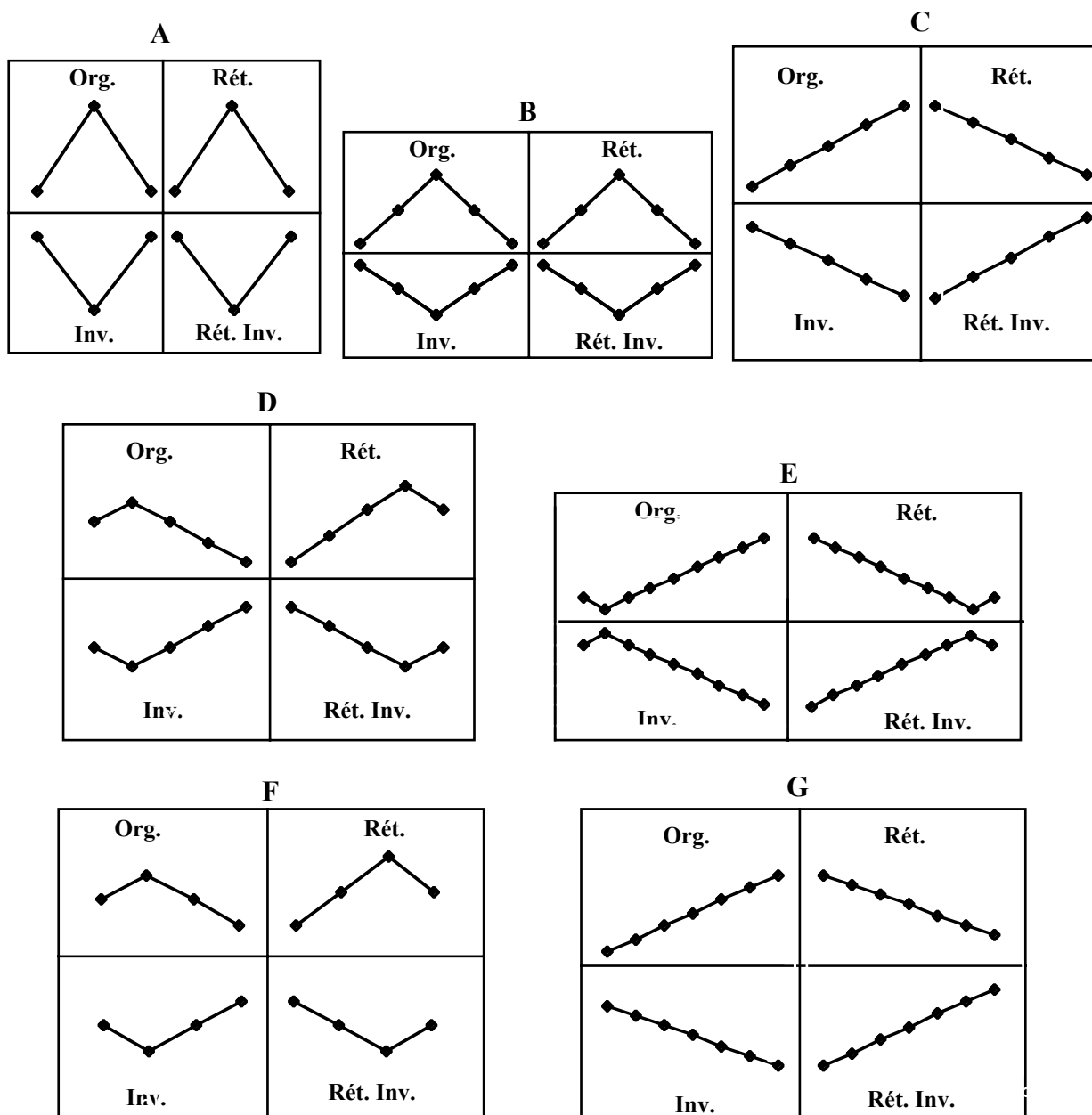
Figure 24 (b)

La figure 24 (a) montre la différence qui existe entre les segments ondulatoires C et G . Le segment C comporte dans sa structure deux mouvements ascendants de moins par rapport au segment ondulatoire G . La figure 24 (b) exhibe le segment ondulatoire G avec ses trois transformations ou rotations. Nous verrons plus loin, dans l'analyse de la segmentation de la trajectoire ondulatoire du prélude, que le segment G est utilisé seulement dans sa forme originale.

Nous pouvons observer dans la figure 24 (b) ci-dessus que le segment ondulatoire G n'a que deux permutations réelles (original et inversion), cela est dû à la répétition consécutive des mouvements, tous ascendants. La rétrogradation du segment est égale à sa forme inversée et la rétrogradation inversée est égale à l'originale.

3.2.8. Segmentation et analyse de la trajectoire ondulatoire du prélude

Une fois les segments ondulatoires localisés, nous sommes en condition de pouvoir enfin analyser la forme de la trajectoire ondulatoire, donc de l'œuvre-son. C'est ici que l'approfondissement de la segmentation ondulatoire analytique va enfin permettre d'aborder en détail la construction de l'œuvre et son fonctionnement. C'est ici aussi que nous décèlerons de façon précise la fonction assignée à chaque segment ondulatoire dans la structure de l'œuvre.



Les sept segments de la trajectoire ondulatoire du prélude en *Do* mineur de Bach

Figure 25

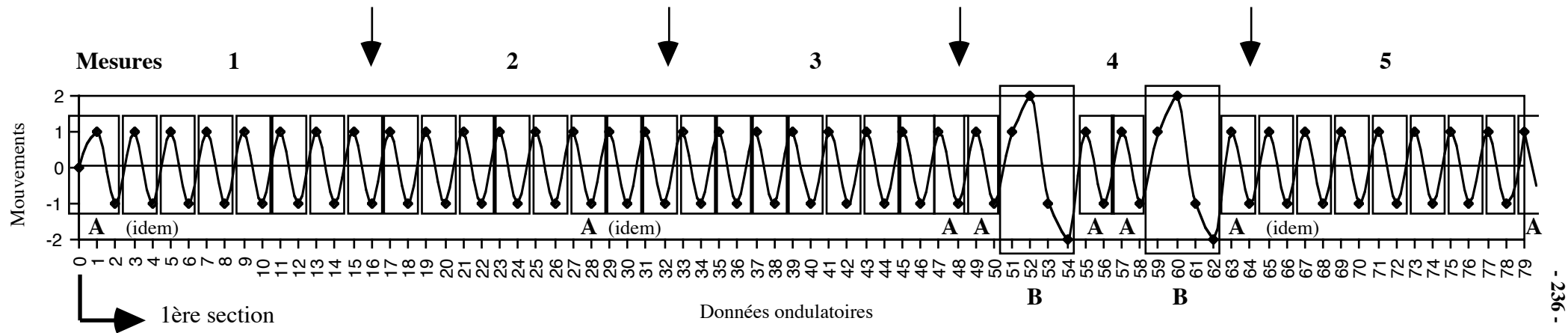


Figure 26 (a)

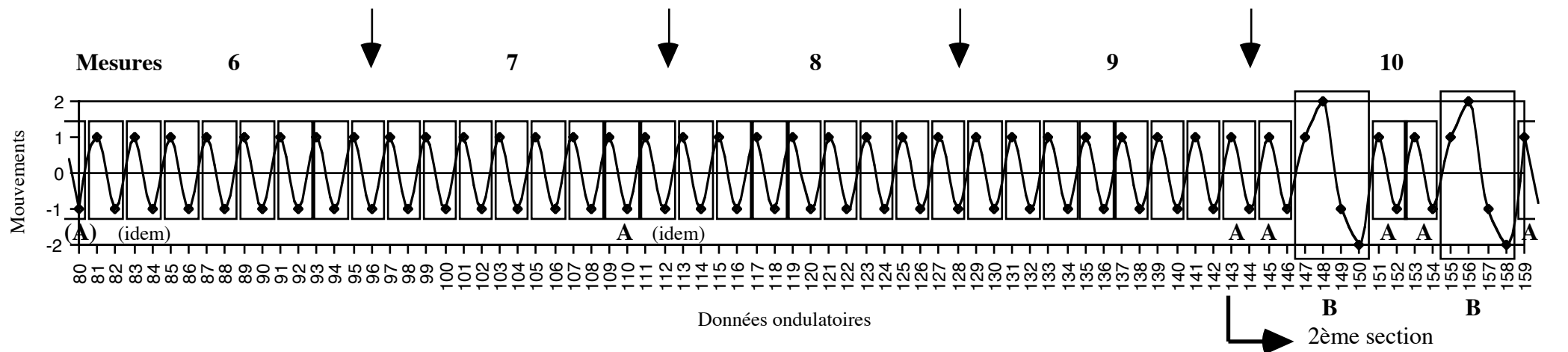


Figure 26 (b)

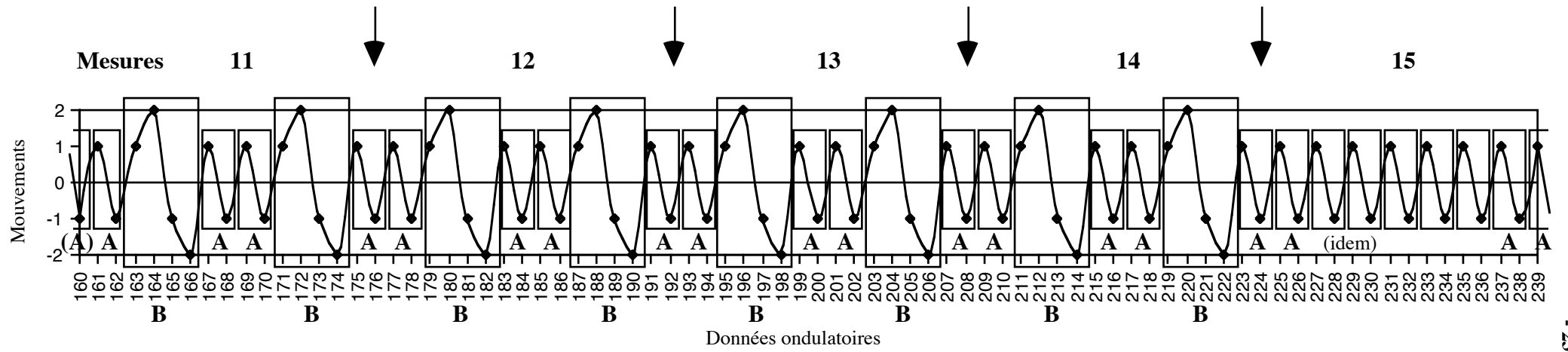


Figure 26 (c)

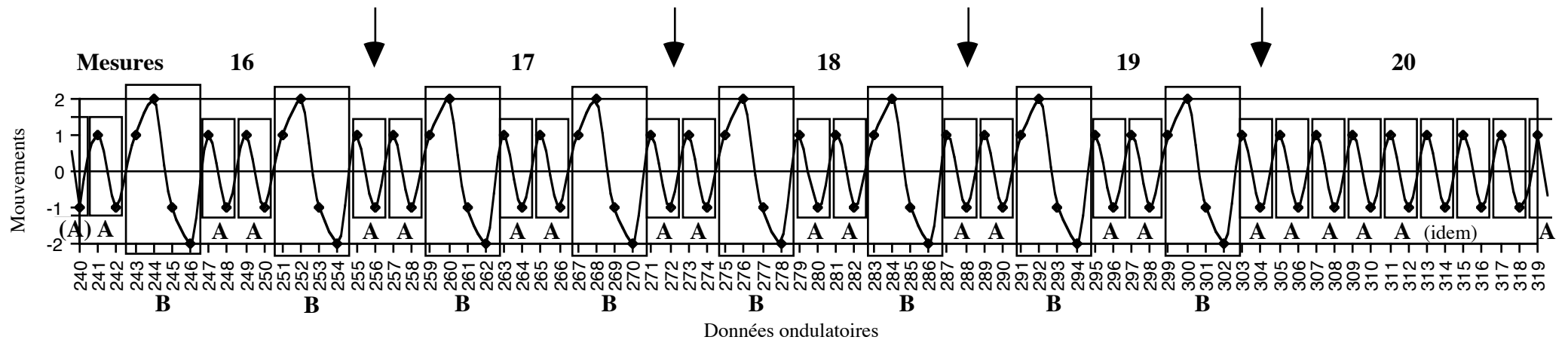


Figure 26 (d)

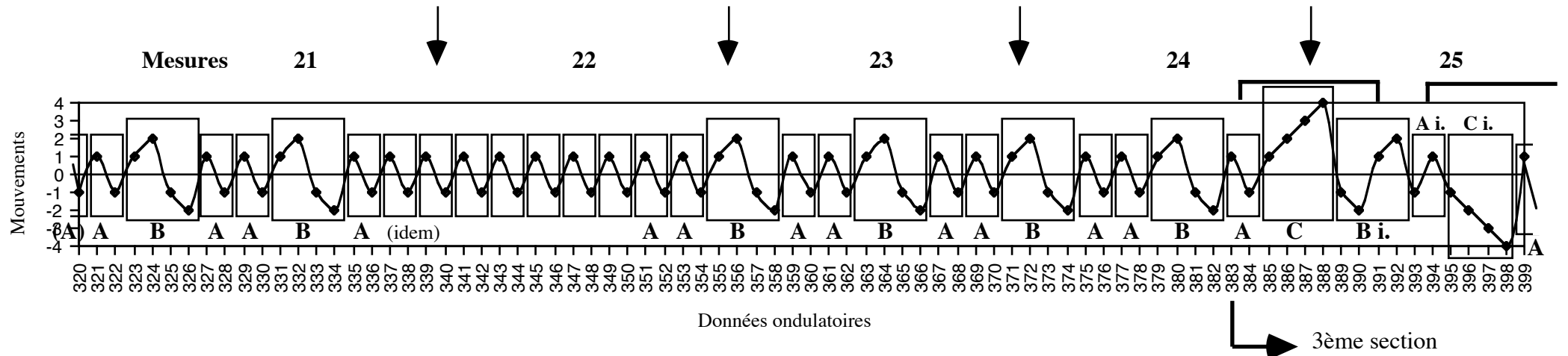


Figure 26 (e)

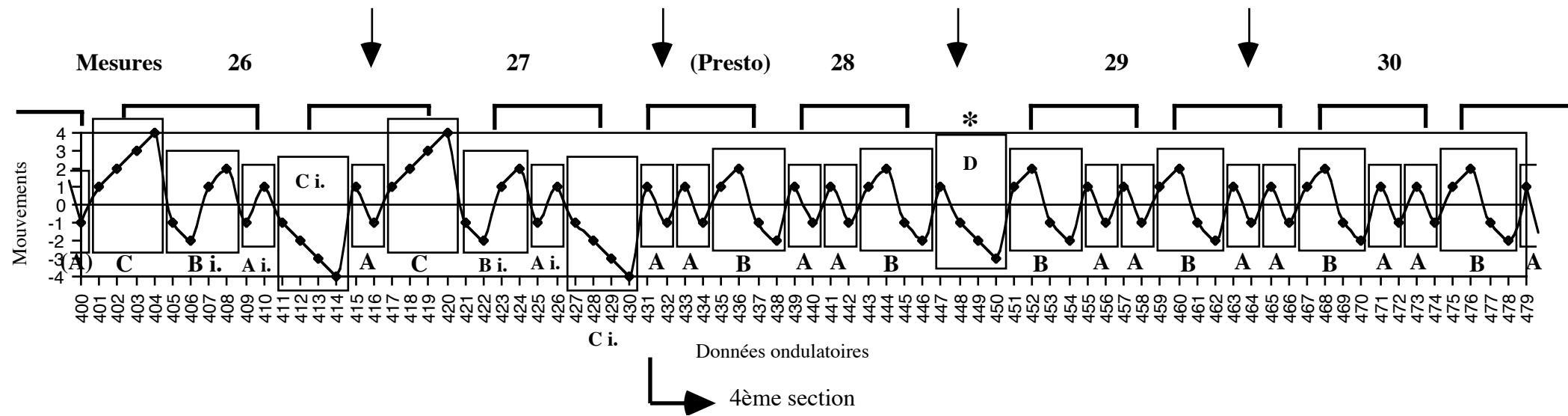


figure 26 (f)

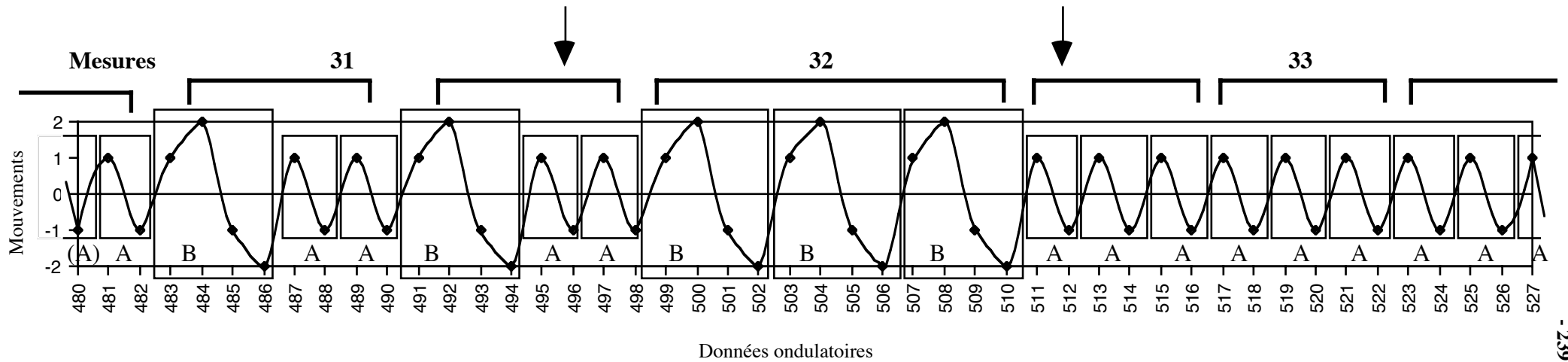


Figure 26 (g)

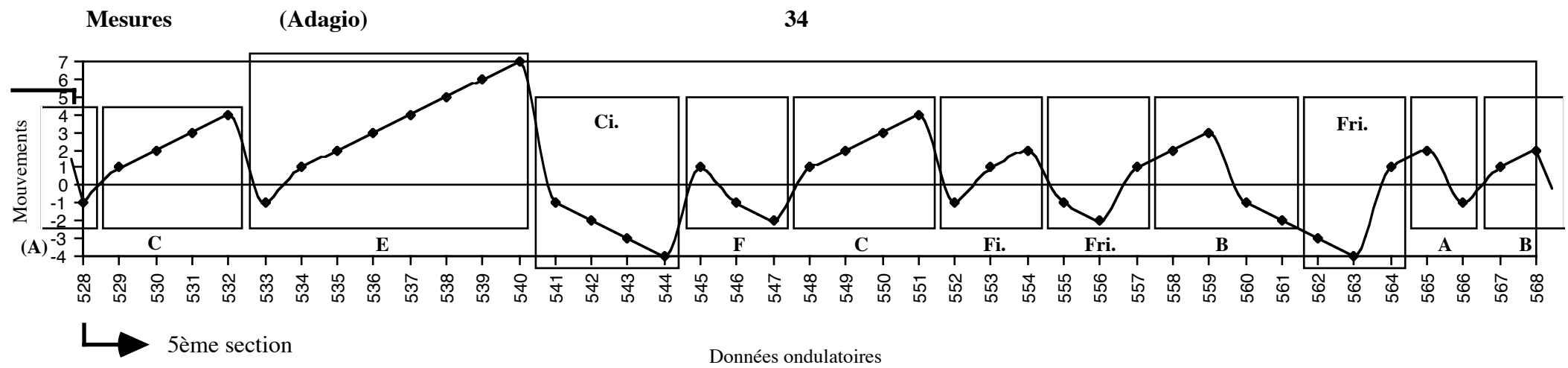


Figure 26 (h)

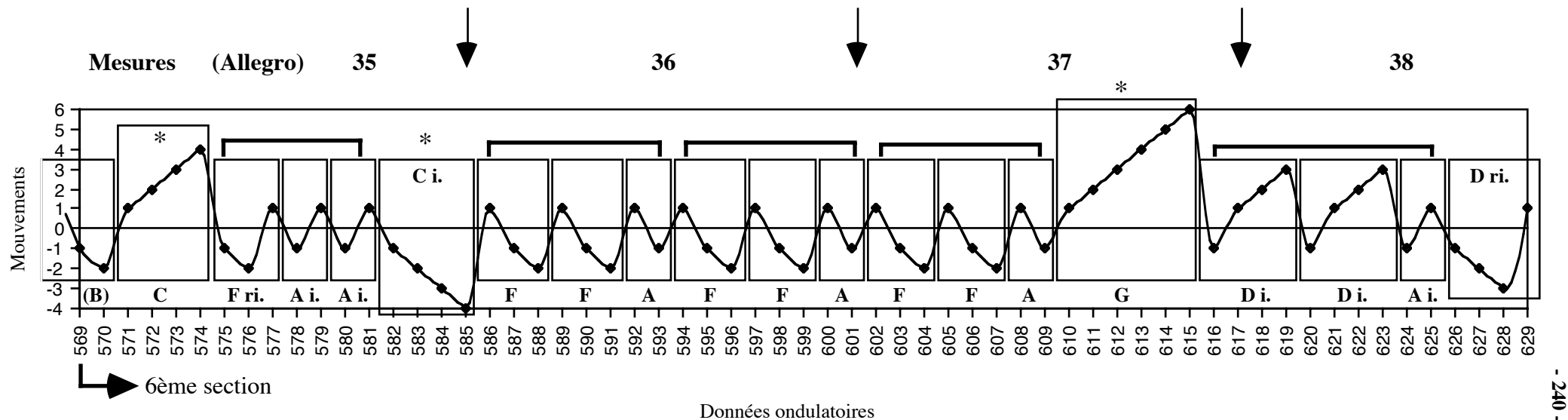


Figure 26 (i)

La figure 26 ci-dessus (a, b, c, d, e, f, g, h et i), montre la segmentation de la trajectoire ondulatoire du prélude de Bach. Nous avons encadré les segments ondulatoires pour faciliter leur visibilité. Les lettres i, r et ri, symbolisent la transformation d'un segment ondulatoire. Par exemple, le segment (A i) veut dire segment ondulatoire A dans sa forme ou transformation inversée (cf. les données ondulatoires 578 et 579 (-1 +1) de la figure 26 (i) ci-dessus).

En regardant dans sa globalité la segmentation de la trajectoire ondulatoire du prélude, plusieurs choses nous semblent importantes à souligner. Premièrement, l'évolution de la mouvance ondulatoire, deuxièmement, les symétries et dissymétries, troisièmement, les régularités, irrégularités, périodicités etc. que présente cette structure. Le mécanisme ondulatoire de l'œuvre son est dorénavant rendu visible grâce à l'application de la segmentation ondulatoire analytique et sa représentation graphique. Dès maintenant, nous sommes en capacité d'analyser en profondeur la forme de l'œuvre et aussi de pouvoir comprendre la fonction de chaque segment ondulatoire dans le devenir cinétique de ce prélude.

Nous disons cela, car avant, dans le paragraphe que nous avons dédié à la segmentation naturelle, nous avons établi une description de la forme du prélude. Nous pensons que cette description est valable partiellement, car elle a été formulée à partir d'une analyse qui partait de l'étude de certaines données encore pas trop approfondies. En effet, ces analyses ont été faites en partant de l'observation des segments naturels de la trajectoire ondulatoire (cf. par exemple, le paragraphe (3.2.3. : 99) et suivantes.

Or, c'est à partir du moment que la segmentation ondulatoire analytique est opérée sur l'œuvre choisie que nous pouvons entrer vraiment au terrain où la structure de l'œuvre, sa forme, son mécanisme etc. peuvent être dévoilés efficacement.

Nous avons justement donné auparavant certaines précisions concernant la forme du prélude, en sachant justement qu'au fur et à mesure que l'analyse avance, les points de vue sur la forme de l'œuvre analysée changent par logique. Nous l'avons fait, en fait, pour montrer d'une certaine façon le fonctionnement par étapes de la démarche analytique ondulatoire.

3.2.8.1. La structure segmentée de la trajectoire ondulatoire du prélude

Comme nous l'avons dit précédemment, en regardant dans sa globalité la segmentation de la trajectoire ondulatoire du prélude, plusieurs choses nous semblent importantes à souligner. Premièrement, l'évolution de la mouvance ondulatoire, deuxièmement, les symétries et dissymétries, troisièmement, les régularités, irrégularités, périodicités etc. que présente cette structure.

Nous avons vérifié que la mouvance ondulatoire pendant tout le prélude est dominée par une sorte de **continuum ondulatoire** formé par les segments ondulatoires *A* et *B*. En observant les mesures 1 à 9, (cf. la figure 26 (a) et (b)) nous constatons que c'est le segment ondulatoire *A* qui prédomine largement. Dans cette section (mesures 1 à 9), le segment ondulatoire *B* n'apparaît que 2 fois, par contre, le segment ondulatoire *A* est présent 68 fois. Si l'on écoute l'œuvre, tout en suivant la trajectoire segmentée, nous observerons, premièrement, que le segment *A* a une fonction presque statique dans le processus sonore. Deuxièmement,

les moments où le segment ondulatoire *B* apparaisse, la mouvance ondulatoire acquiert une caractéristique expansive très nette et percevable à l'écoute. Nous recommandons d'écouter l'exemple sonore 16 (Exemple-16).

Il faut remarquer que, dans les sections suivantes, nous verrons que les segments ondulatoires *A* et *B* ont des fonctions dynamiques différentes de celles que nous avons trouvées pour les mesures 1 à 9.

Un autre détail très important concernant les segments *A* et *B*, est la séquence de segments ondulatoires qui se forme avec ces deux éléments. Cette séquence comporte le segment *A* qui se répète deux fois, suivies par le segment ondulatoire *B*, ce dernier utilisé une seule fois. Nous pouvons noter cette séquence de la manière suivante :

(A A B)

Nous constaterons plus loin, dans les sections suivantes de la trajectoire ondulatoire du prélude, la valeur sur le point de vue formel de cette séquence de trois segments ondulatoires.

Une deuxième section commence à partir de la mesure 10, jusqu'à la mesure 24 (cf. la figure 26 (b), (c), (d) et (e)). Cette deuxième section est déjà une preuve de la manière progressive dans laquelle la mouvance ondulatoire se développera. Nous pouvons observer que la séquence (AAB) est employée dans les mesures 10 à la 14. Il est évident que la première séquence (AAB) qui se trouve dans la mesure 4 est une sorte d'anticipation de la deuxième section (cf. la figure 26 (a), celle-ci constituée, presque totalement, par cette séquence (AAB).

Dans la mesure 15, (cf. la figure 26 (c)), le segment ondulatoire *A*, fonctionne comme une sorte de réinitialisation du *continuum ondulatoire* dont nous avons parlé précédemment. Nous trouvons, d'ailleurs, cette même situation dans la mesure 20. Dans la mesure 21 la forme retrouve la séquence (AAB). La mesure 22 comporte une fois encore le continuum qui produit le segment ondulatoire *A*.

Une situation formelle très intéressante à souligner est celle qui se trouve dans la fin de la mesure 22 jusqu'à la mesure 24. Ici, la forme de la trajectoire est construite avec la répétition de la séquence (AAB), quatre fois, donc, (AAB) (AAB) (AAB) (AAB). Cette

partie, située à la fin de la mesure 22 jusqu'à la mesure 24, est celle qui clôture la deuxième section de la trajectoire ondulatoire. Il est surprenant de constater que, dans cette fin de section, le processus ondulatoire structuré par cette séquence (AAB) (AAB) (AAB) (AAB), renforce la tension créée par la texture harmonique (accord de septième diminuée, notes si, ré, fa, lab avec pédale sur sol2).

La troisième section commence avec la donnée ondulatoire 383 de la fin de la mesure 24 et s'étend jusqu'à la mesure 27 (cf. la figure 26 (e) et (f) ci-dessus). Dans cette troisième section, il y a plusieurs changements qu'il faut prendre en considération. Premièrement, dans ces trois mesures 25, 26 et 27 l'ostinato des double-croches tourne en quelque chose de différent, même si c'est la même structure des durées (cf. la figure 1 précédente). Ici, la pédale sur la dominante (sol) est développée par le compositeur de façon plutôt linéale qu'homophonique, comme dans la fin de la section précédente. C'est comme si la pédale harmonique sur la dominante se transformait en une petite cadence, il faut noter que l'écriture est monophonique ou monodique dans cette section.

Deuxièmement, sur le point de vue de la trajectoire ondulatoire, nous constatons que sa structure est basée sur la séquence (AAB) dont nous avons parlé tout à l'heure. Évidemment, ce qui est utilisé ou emprunté ici à cette séquence (AAB) est sa structure cardinale formée par trois éléments, trois segments ondulatoires.

La structure de cette séquence est donc formée par trois segments ondulatoires.

1	2	3	4	5
A	A i	B i	C	C i

Les segments ondulatoires de la troisième section de la trajectoire ondulatoire du prélude

Figure 27

La figure 27 ci-dessus montre les segments ondulatoires qui apparaissent dans la troisième section de la trajectoire ondulatoire du prélude. Il est intéressant de noter que trois segments ondulatoires apparaissent pour la première fois dans ses formes inversées (Ai, Bi, et Ci). L'utilisation de segments ondulatoires dans ses formes inversées indique, entre autres,

l'état de développement de la forme de la trajectoire ondulatoire et donc du prélude. À ce sujet, l'on peut observer justement que les mouvements ascendants et descendants s'étendent jusqu'à quatre de part et d'autre (cf. la figure 26 (e) et (f) ci-dessus).

Cette troisième section est en même temps une sorte d'anticipation de la vraie cadence que l'on trouvera plus tard dans la partie *Adagio* du prélude, c'est-à-dire la cinquième section de la trajectoire ondulatoire (cf. la figure 26 (e) et (f) ci-dessus).

Voici la structure des séquences de segments ondulatoires de cette troisième partie :

(A C Bi), (Ai Ci A), (C Bi Ai), (Ci A C), (Bi Ai Ci). Nous avons marqué, dans le graphe, chaque séquence de cette structure des séquences de segments ondulatoires avec des crochets (lignes foncées) (cf. la figure 26 (e) et (f) ci-dessus).

C'est justement dans cette troisième section que nous pouvons remarquer que les segments ondulatoires *A* et *B* ont une fonction différente, dans la mouvance de la trajectoire ondulatoire, de celle que nous avons observée dans les sections précédentes. En effet, le segment ondulatoire *A* et *Ai* précède toujours un segment ondulatoire *C* ou *Ci* (cf. la figure 26 (e) et (f) ci-dessus). Nous pensons que cette constatation est très pertinente car le *segment A initialise le groupe de mouvements ascendants ou descendants*, selon le cas, du segment ondulatoire *C* :

Lorsque le segment ondulatoire *A* est dans sa forme originelle, le segment ondulatoire *C*, l'est aussi, la direction de la trajectoire ondulatoire est ascendante de 4 mouvements consécutifs.

De la même manière, Lorsque le segment ondulatoire *A* est dans sa forme inversée (*Ai*), le segment ondulatoire *C*, l'est aussi (*Ci*), la direction de la trajectoire ondulatoire est descendante de 4 mouvements consécutifs (cf. la figure 26 (e) et (f) ci-dessus).

En ce qui concerne la fonction du segment ondulatoire *Bi*, il sert à modifier la direction ascendante, 4 mouvements ascendants consécutifs produits par le SO *E*, de la trajectoire ondulatoire en la tournant vers la direction descendante, deux mouvements descendants consécutifs et puis deux mouvements ascendants consécutifs.

Il y a un autre détail très pertinent à faire noter par rapport à ce que nous venons d'indiquer : Les 4 mouvements ascendants du segment *C* sont, grâce à la structure du segment ondulatoire *Bi*, transformés en 2 mouvements descendants et 2 mouvements ascendants.

Le segment ondulatoire *Bi*, est, en même temps, un réinitialisateur du continuum de la trajectoire ondulatoire aussi comme le segment *A* et *Ai*. Nous pouvons observer que quand le SO *Bi* apparaît cette réinitialisation se produit par étapes. En effet, la trajectoire comporte 2 mouvements descendants consécutifs, puis, 2 mouvements ascendants consécutifs (SO *Bi*), tout de suite après, 1 mouvement descendant et 1 mouvement ascendant (SO *Ai*).

Le segment *Bi* apparaît dans la trajectoire ondulatoire de cette troisième section seulement après un segment ondulatoire *Ci*. Le tableau de la figure 28 ci-dessous montre graphiquement l'enchaînement des SO et le fonctionnement de cette troisième section.

I	A	C	Bi	Ai	Ci	A	C	Bi	Ai	Ci	A	C	Bi	Ai	Ci
II	i+	4+	transf	i-	4-	i+	4+	transf	i-	4-	i+	4+	transf	i-	4-
III	A	C	Bi	Ai	Ci	A	C	Bi	Ai	Ci	A	C	Bi	Ai	Ci

Mécanisme des enchaînements des segments ondulatoires de la troisième section de la trajectoire ondulatoire

Figure 28

La figure 28 ci-dessus permet d'avoir un aperçu formaliste de l'enchaînement des segments ondulatoires (cf. la rangée *I*). Nous avons placé des lignes verticales foncées pour mieux différencier les séquences de trois segments ondulatoires. Dans la rangée *II*, nous avons placé des signes, au-dessous des segments ondulatoires qui symbolisent leur fonction spécifique dans la mouvance de la trajectoire ondulatoire.

Le signe **i+** placé au-dessous du SO *A*, symbolise l'initialisation des mouvements ascendants (+) du segment ondulatoire *C* suivant. Le signe **i-** placé au-dessous du SO *Ai*, symbolise l'initialisation des mouvements descendants (-) du segment ondulatoire *C* suivant (*Ci*).

Le signe **4+** placé au-dessous du SO *C*, symbolise les 4 mouvements ascendants (4+) du segment ondulatoire *C*. De la même manière, le signe **4-** placé au-dessous du SO *C_i*, concerne ou symbolise les 4 mouvements descendants (4-) du segment ondulatoire *C_i*.

Enfin, le signe **transf** symbolise la *transformation* par le SO *B_i* des 4 mouvements ascendants du segment ondulatoire *C* en 2 mouvements descendants et 2 mouvements ascendants.

Dans la rangée *III*, nous montrons, avec un encadré foncé, les segments ondulatoires *B_i* et *A_i*, la *réinitialisation* par étapes du *continuum* de la trajectoire ondulatoire dont nous avons parlé plus haut (cf. le commencement de la page précédente).

La quatrième section concerne toute la partie *Presto* du prélude (cf. la figure 26 (f) et (g) ci-dessus). Il est fort intéressant de voir qu'ici, la trajectoire ondulatoire retourne, pour ainsi dire, à une structure de séquences de segments ondulatoires qui a été déjà présente justement dans la deuxième section du prélude. Il s'agit de la séquence (AAB) (cf. la figure 26 (b), (c), (d) et (e) ci-dessus). En regardant en termes musicaux cette quatrième section de la trajectoire ondulatoire, l'on pourrait affirmer qu'il s'agit d'une forme de réexposition des éléments qui constituent les premières deux sections du prélude.

Dans la mesure 28 nous avons la séquence (AAB) qui se répète deux fois (cf. la figure 26 (f) ci-dessus). À la fin de la mesure 28 et le commencement de la mesure 29 nous trouvons un segment ondulatoire (D) (marqué avec un astérisque). Ce segment ondulatoire est le seul élément qui est, pour ainsi dire, étranger au reste de la structure (AAB) de cette quatrième section. Nous appellerons ce type d'inclusion d'un segment ondulatoire, vraisemblablement étranger à une structure ondulatoire donnée, un **déviateur** de la cinétique ondulatoire.

Dans le cas précis de cette quatrième section, le segment ondulatoire *D*, en tant que *déviateur*, comporte deux fonctions particulières. Premièrement, il s'interpose dans la séquence de segments ondulatoires (AAB) de façon à couper la continuité de la séquence. Deuxièmement, cette interposition, provoque la rotation de l'ordre de la séquence, de (AAB) à (BAA) (cf. la figure 26 (f) et (g) précédente).

Il faut signaler un détail, d'ailleurs très marquant, qui concerne cette section *Presto*. C'est ici que le prélude arrive à son climax en ce qui concerne la présence du continuum ondulatoire constitué par les segments ondulatoires *A* et *B*. Sur le plan musical, ici, à la fin de cette section, Bach reprend la figure d'ostinato de base du prélude mais la vitesse est plus prononcée (*Presto*). La sensation sonore produite par cette fin de section peut évoquer une forme de liquidation musicale de l'ostinato comme figure paradigmatique prépondérante jusqu'à là, nous recommandons d'écouter l'exemple sonore 17 (Exemple-17).

Le mécanisme de liquidation de l'ostinato et par logique du *continuum ondulatoire* de cette fin de section s'accroît par la séquence de segments ondulatoires qui en résulte. C'est ainsi que, dans la mesure 32 nous assistons à une autre modification de la séquence (AAB) en (BBB) (cf. la figure 26 (g) ci-dessus). De la même façon, dans la mesure 33, la fin de la quatrième section, nous avons la séquence (AAB) transformée en une autre séquence (AAA). Les séquences (AAA) et (BBB) maintiennent la structure cardinale de cette première séquence (AAB) formée par trois éléments, trois segments ondulatoires.

La séquence (AAA) se répète trois fois ce qui donne la structure ondulatoire (AAA) (AAA) (AAA). En termes musicaux, la séquence (AAA) peut être vue comme une forme d'imitation de la séquence (BBB) (cf. la figure 26 (g) ci-dessus, mesures 32 et 33).

Dans un contexte ondulatoire musical, cette quatrième section est, une fois de plus, un exemple très pertinent de la façon dont vont se refléter dans la trajectoire ondulatoire les différents processus musicaux. Dans le cas précis de cette fin de la quatrième section du prélude, nous avons constaté que, la méthode d'extinction ou de liquidation musicale utilisée par Bach pour finir cette partie importante de l'œuvre, est reproduite dans la structure de la trajectoire ondulatoire de façon surprenante.

La cinquième section de la trajectoire ondulatoire concerne tout l'*Adagio* du prélude. Cette section est celle où l'on assiste à la mise en place d'une cadence courte dans laquelle se met en évidence la liquidation du continuum ondulatoire qui dominé dans les sections

précédentes. Nous pouvons apercevoir que le prélude se trouve, dans un point de vue musical, dans un autre territoire sonore, et cela se démontre, entre autres, dans la structure des durées qui désarticule complètement le continuum des durées (double-croches) des sections précédentes. Un autre détail intéressant est celui des arpèges. Les arpèges servent aussi à donner plus de poids ou présence à cette section qui se caractérise par être à l'opposé de la démarche ondulatoire des sections précédentes.

Cette cinquième section commence justement avec un arpège de septième de dominante – do3, sol3, sib3, do4, mi4 – (Do majeur vers Fa mineur) (cf. le premier segment ondulatoire (C) de cette section, la figure 26 (h) précédente). Cette cinquième section se divise justement en deux parties dans lesquelles les arpèges fonctionnent comme déclencheurs de chacune de deux parties.

En regardant globalement cette section, nous constatons que le SO *F* est le plus utilisé dans cette partie de la structure de la trajectoire ondulatoire. Cette section comporte onze segments ondulatoires. Le segment ondulatoire *A* est employé 1 fois, *B* est utilisé 2 fois, *C* apparaît 3 fois, *E* est employé 1 fois et *F* 4 fois.

C'est dans cette section que l'on trouve l'extension ondulatoire totale du prélude (EOT) pour la première et unique fois. L'EOT se trouve dans les segments ondulatoires *E* (deuxième SO de la trajectoire), pour les sept mouvements ascendants consécutifs, et dans *Ci* (troisième SO de la trajectoire), pour les quatre mouvements descendants consécutifs. Les quatre mouvements descendants consécutifs sont aussi présents à la fin de cette section, entre les segments *B* et *F* ri.

L'on pourrait dire que cette section émerge comme une sorte de surface très contrastante par rapport à la mouvance ondulatoire des parties précédentes. Nous insistons sur cette évidence car, la fluidité téléologico-ondulatoire de cette partie est très marquante. Cette fluidité, bien que courte (une mesure), est un exemple de la capacité du compositeur de détourner complètement le devenir du prélude qui avant, dans les sections précédentes, était très marqué par une mouvance ondulatoire, certes évolutive, mais, en même temps assujéti par l'ostinato de durées égales (double-croches).

Or, la combinaison de deux entités musicales, à savoir, la structure de durées, laquelle est relativement instable, surtout avec les arpèges qui en font partie, et, la diversité des segments ondulatoires qui comporte cette cinquième section, contribue efficacement à la fluidité dont nous parlons.

À la fin de la cinquième section, les segments ondulatoires *A* et *B* ont une fonction capitale dans l'achèvement de cette section et pour le début de la sixième (*Allegro*). En effet, les SO *A* et *B* fonctionnent comme éléments attracteurs du continuum ondulatoire précédent, mais, l'apparition ou l'enchaînement du segment ondulatoire *C*, bifurque cette dernière tentative d'un possible retour au continuum ondulatoire des sections précédentes (cf. les derniers SO *A* et *B* de la cinquième section et le segment ondulatoire *C* du commencement de la sixième section, les figures 26 (h) et (i) précédentes). Donc, le SO *C*, est un déviateur comme l'est aussi le segment ondulatoire *D* qui lui apparaisse dans la quatrième section (cf. la figure 26 (f) et (g) précédente).

Alors, le segment ondulatoire *C* brise la mouvance ondulatoire en la menant à monter de 4 mouvements ascendants. Ainsi, le mécanisme de la trajectoire ondulatoire redémarre avec la séquence (AAB) de sections précédentes mais avec les SO (Fri Ai Ai) (cf. la figure 26 (i) précédente).

Ensuite, nous avons que le segment ondulatoire *C*_i apparaisse dans la structure pour encore dévier la mouvance ondulatoire vers la direction descendante (4 mouvements descendants consécutifs). C'est là que la fin du prélude trouve sa particularité ondulatoire propre, cette particularité consiste en un type de mouvement, si l'on peut dire, *en sens inverse* de la mouvance ondulatoire des sections précédentes (cf. la fin de la mesure 35, et les mesures 36 et la moitié de la mesure 37 de la figure 1 précédente).

Cette particularité de mouvement *en sens inverse* est structurée par une suite de segments ondulatoires formée par la séquence (FFA) qui se répète trois fois (cf. la figure 26 (i) précédente). Nous rappelons que cette séquence de segments ondulatoires (FFA) maintient la structure cardinale, le même modèle, de la première séquence (AAB). Après cette suite formée par la séquence (FFA), nous avons de nouveau un SO qui réinitialise la marche

ondulatoire de la fin du prélude. Il s'agit du segment ondulatoire *G* qui est lui aussi un déviateur tout comme les SO *C* et *Ci* précédents.

Dans cet endroit, la mouvance ondulatoire change brusquement pour atteindre six mouvements ascendants consécutifs (cf. le SO *G* de la dernière mesure du prélude, la figure 26 (i) précédente). C'est à partir de ce segment ondulatoire *G* que le prélude se situe dans une sorte de petite coda. Dans un point de vue dynamico-ondulatoire, cette coda, fonctionne comme un mécanisme rebondissant, qui équilibre la suite de séquences précédente (FFA) (FFA) (FFA). En effet, la dernière partie de cette dernière section, renvoie la direction de la trajectoire ondulatoire vers des mouvements ascendants (cf. les segments ondulatoires *Di*, de la figure 26 (i) précédente).

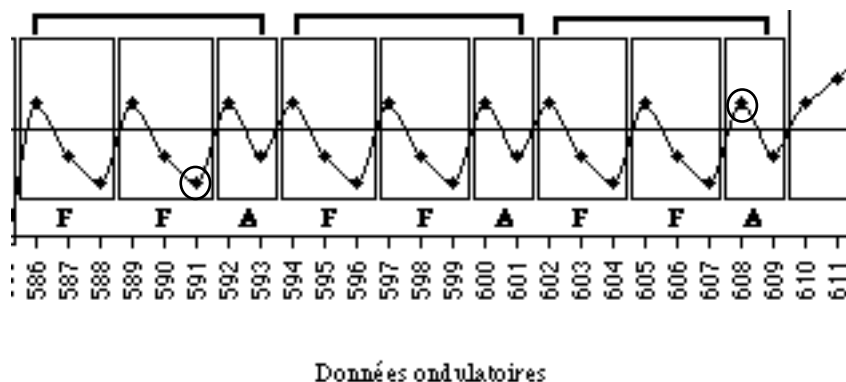
Nous rappelons que les 4 derniers segments ondulatoires maintiennent la structure cardinale, le même modèle, de la première séquence (AAB), donc, (*Di Di Ai*) (*Dri*).

Le dernier SO *Ai* a une fonction très particulière dans la fin du prélude. Ce dernier segment ondulatoire *A* inversé montre de façon éclairante que le continuum qu'il avait produit n'est plus présent. Là, l'on constate une forme de réminiscence très rapide du continuum ondulatoire mais qui reste déjà dans le passé. Le continuum est, pour ainsi dire, coupé dans son possible redémarrage par le dernier segment ondulatoire *Dri*.

Mais, en même temps, il anticipe, dans sa forme inversée (*Ai*), avec trois notes (do5, si5, do5) une partie du sujet de la fugue qui suit le prélude (cf. les données ondulatoires 623 à 625 de la figure 26 (i) précédente). Il est vrai que, lorsque nous écoutons les derniers sons du prélude, l'on pourrait dire, que sa caractéristique essentielle, sa mouvance très marquée, son continuum ondulatoire, n'est plus présente et que la petite coda (à partir du segment ondulatoire *G*) est presque déjà dans la mouvance de la fugue qui suit.

Par rapport à ce que l'on a dit à propos de l'anticipation du sujet de la fugue dans cette dernière section du prélude, un autre détail très significatif apparaît dans la suite des séquences (FFA) de cette dernière section.

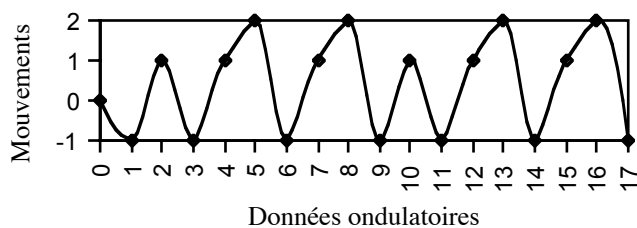
C'est à partir de la donnée ondulatoire 591 jusqu'à la 608 que l'on trouve la trajectoire ondulatoire du sujet de la fugue. Parmi les 20 notes qui le forment, 18 se trouvent dans cette partie de la trajectoire ondulatoire du prélude. Nous avons entouré, dans la figure 29 ci-dessous, les données ondulatoires qui concernent le début et la fin de la trajectoire ondulatoire du sujet de la fugue.



La trajectoire inversée du sujet de la fugue II *du Clavecin bien tempéré* de Bach

Figure 29

Alors, la trajectoire du sujet de la fugue se trouve *inversée* dans cette partie de la trajectoire du prélude. En inversant cette trajectoire (cf. la figure 30 ci-dessous) nous obtenons donc la courbe qui dessine les premières 18 données ondulatoires qui correspondent à la trajectoire ondulatoire qui dégagent, cette fois-ci, les 18 notes du sujet de la fugue. La figure 30 ci-dessous montre la trajectoire ondulatoire du sujet de la fugue (18 notes), dans sa forme originale, après avoir effectué la transformation de la trajectoire ondulatoire de la figure 29 ci-dessus.



La trajectoire originale (18 notes) du sujet de la fugue II *du Clavecin bien tempéré* de Bach

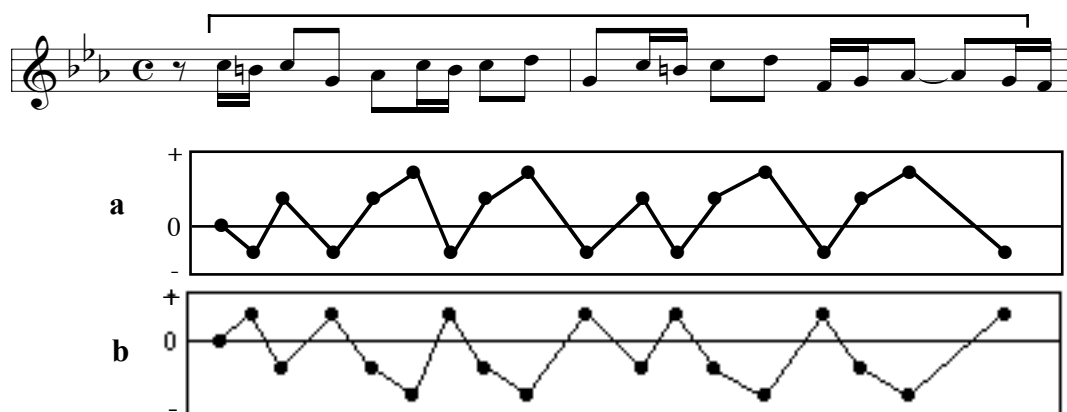
Figure 30

Trajectoire ondulatoire du prélude	A	F	F	A	F	F	(A)
	(O +1 -1)	(+1 -1 -1)	(+1 -1 -1)	(+1 -1)	(+1 -1 -1)	(+1 -1 -1)	(+1)
Trajectoire ondulatoire du sujet de la fugue (18 notes)	Ai	Fi	Fi	Ai	Fi	Fi	(Ai)
	(O -1 +1)	(-1 +1 +1)	(-1 +1 +1)	(-1 +1)	(-1 +1 +1)	(-1 +1 +1)	(-1)

Tableau comparatif des deux trajectoires ondulatoires

Figure 31

Enfin la figure 31 ci-dessus exhibe les chiffres qui correspondent aux deux trajectoires ondulatoires. La première d'entre elles est celle qui parvient de la dernière section du prélude qui contient les segments ondulatoires dans ces formes originales. La deuxième trajectoire est la même trajectoire ondulatoire, mais inversée de façon à mieux montrer l'autre trajectoire qui correspond aux 18 notes du sujet de la fugue que cette trajectoire occulte.



La trajectoire ondulatoire du sujet de la fugue II du *Clavecin bien tempéré de Bach* (a), et la trajectoire ondulatoire de laquelle elle est originaire (b)

Figure 32

Finalement, dans la figure 32 ci-dessus, l'on peut comparer d'une façon plus précise, la partie de la trajectoire ondulatoire du prélude avec celle du sujet de la fugue II et le sujet lui-même en notation musicale. La trajectoire ondulatoire (b) est la partie de la trajectoire du prélude dans sa forme originale, celle qui *occulte* le sujet de la fugue et enfin l'autre trajectoire (a) est la même trajectoire (du prélude), mais dans sa forme inversée donc, qui dévoile le sujet de la fugue II.






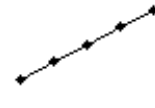








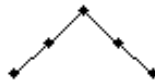
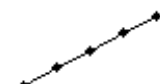






Nous voici à la fin de l'analyse de la structure segmentée de la trajectoire ondulatoire de ce prélude de Bach. Il faut préciser que les règles d'engendrement de la trajectoire ondulatoire d'une œuvre-son sont déjà prêtes à être formulées à partir du moment que l'analyse de la segmentation de la trajectoire est achevée. Nous n'allons pas énoncer ces règles maintenant, car nous réaliserons cette opération après avoir énoncé le modèle ondulatoire du prélude.

3.2.8.2. La structure du modèle ondulatoire

Nous voudrions rappeler que la réalisation des modèles ondulatoires et algorithmiques d'une œuvre-son est seulement possible à partir du moment que l'analyse de la trajectoire ondulatoire est achevée.⁸ Les segments ondulatoires trouvés dans la trajectoire ondulatoire du morceau, une fois effectuée la segmentation ondulatoire analytique, seront utilisés comme des véritables outils analytiques qui permettront la construction des modèles ondulatoires et algorithmiques.

Le modèle ondulatoire du prélude comporte une structure agencée en deux parties. La première est configurée par onze *modules ondulatoires* et la deuxième partie est constituée de dix segments ondulatoires. Dans tous les modules ondulatoires (Modo), les segments ondulatoires *A* ou *B* sont présents. Ces segments nous les trouveront parfois ensemble et parfois mélangés avec d'autres segments ondulatoires. Cela nous rappelle l'importance structurelle de ces segments *A* et *B*. Le tableau de la figure 33 (ci-dessous) montre un premier aperçu de la première partie de la structure du modèle ondulatoire du prélude.

⁸ Nous rappelons que la notion de modèle *ondulatoire* ainsi que d'autres types des modèles ont été expliqués dans le paragraphe (2.22. : 179-180).

Modules ondulatoires	SO	Nombre de fois consécutives	SO	Nombre de fois consécutives	SO	Nombre de fois consécutives
Modo 1	A 	3, ... n	B 	1		
Modo 2	A 	2	B 	1		
Modo 3	A 	1	C 	1		
Modo 4	Bi 	1	Ai 	1	Ci 	1
Modo 5	B 	1	A 	2		
Modo 6	B 	3				
Modo 7	A 	3				
Modo 8	A 	1	B 	1	C 	1
Modo 9	Fri 	1	Ai 	2		
Modo 10	F 	2	A 	1		
Modo 11	Di 	2	Ai 	1		

La première partie (modules ondulatoires) de la structure du modèle ondulatoire du prélude

Figure 33

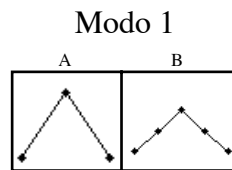
La figure 33 ci-dessus montre la première partie de la structure en modules du modèle ondulatoire du prélude. Nous pouvons apprécier en haut du tableau les différentes rangées qui nous aident à comprendre leur organisation. La rangée *Modules ondulatoires* indique le nom

de chaque module. La rangée *SO* se réfère aux segments ondulatoires qui forment le module en question. La rangée *Nombre de fois* indique le nombre de fois **consécutives** que se répète un segment ondulatoire dans un module.

La deuxième partie de la structure du modèle du prélude est formée par les segments ondulatoires : A, B, Ci, D, Di, Dri, E, F, Fi, Fri, et G. Nous verrons plus bas que certains de ces segments ondulatoires vont se mélanger dans la structure du modèle avec les modules ondulatoires. Nous pouvons constater que la deuxième partie de la structure du modèle ondulatoire de ce prélude comporte des segments ondulatoires qui n'ont pas été *mis en module* parce que nous n'avons pas trouvé aucune instance qui permettrait de les grouper. Alors cela veut dire qu'il n'y a pas de répétition consécutive de certains segments ondulatoires, comme nous l'avons constaté dans l'analyse de la trajectoire ondulatoire que nous avons effectuée précédemment.

3.2.8.2.1. Représentation des modules ondulatoires du modèle

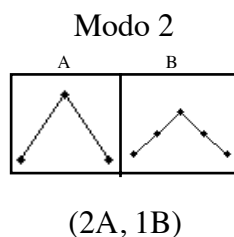
Ici, nous allons expliciter certains aspects de la nomenclature dont nous allons nous servir pour représenter les modules du modèle ondulatoire. Comme nous l'avons expliqué précédemment (figure 33 précédente), le module ondulatoire 1 (Modo 1) comporte deux segments ondulatoires. Le segment A qui peut se répéter de forme séquentielle de 3 à n fois et le segment ondulatoire B qui lui apparaît une seule fois dans ce module. L'exemple de la figure 34 ci-dessous montre le Modo 1 dans lequel le segment ondulatoire A est répété 25 fois consécutives et le SO B qui apparaît une seule fois ($25A, 1B$).



(25A, 1B)

Représentation d'un module ondulatoire

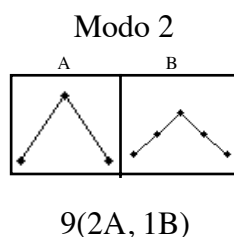
Figure 34



Représentation du Module ondulatoire 2

Figure 35

La figure 35 ci-dessus montre un autre exemple d'un module ondulatoire. Cette fois-ci, il s'agit du Modo 2, lequel est formé par le segment ondulatoire A qui se répète deux fois et le segment ondulatoire B qui apparaît une fois (*2A, 1B*).



Représentation du Module ondulatoire 2 qui se répète 9 fois consécutives

Figure 36

Nous pouvons déceler que la figure 36 ci-dessus représente le Modo 2 mais cette fois-ci le chiffre 9 indique que ce module se répète 9 fois consécutives – *9(2A, 1B)* –, c'est-à-dire, (*2A,1B*), (*2A,1B*), (*2A,1B*), (*2A,1B*), (*2A,1B*), (*2A,1B*), (*2A,1B*), (*2A,1B*), (*2A,1B*).

3.2.9. Le modèle ondulatoire du prélude II en do mineur de Bach

Le modèle ondulatoire de ce prélude de Bach va enfin nous permettre de nous placer sur un stade où toute la cinétique ondulatoire de l'œuvre sera visible de façon évidente et précise. Toutes les formes de symétries et d'autres modalités de la structure de l'œuvre-seront mises en relief donc dévoilées grâce à la simplicité dans la représentation que le modèle ondulatoire procure.

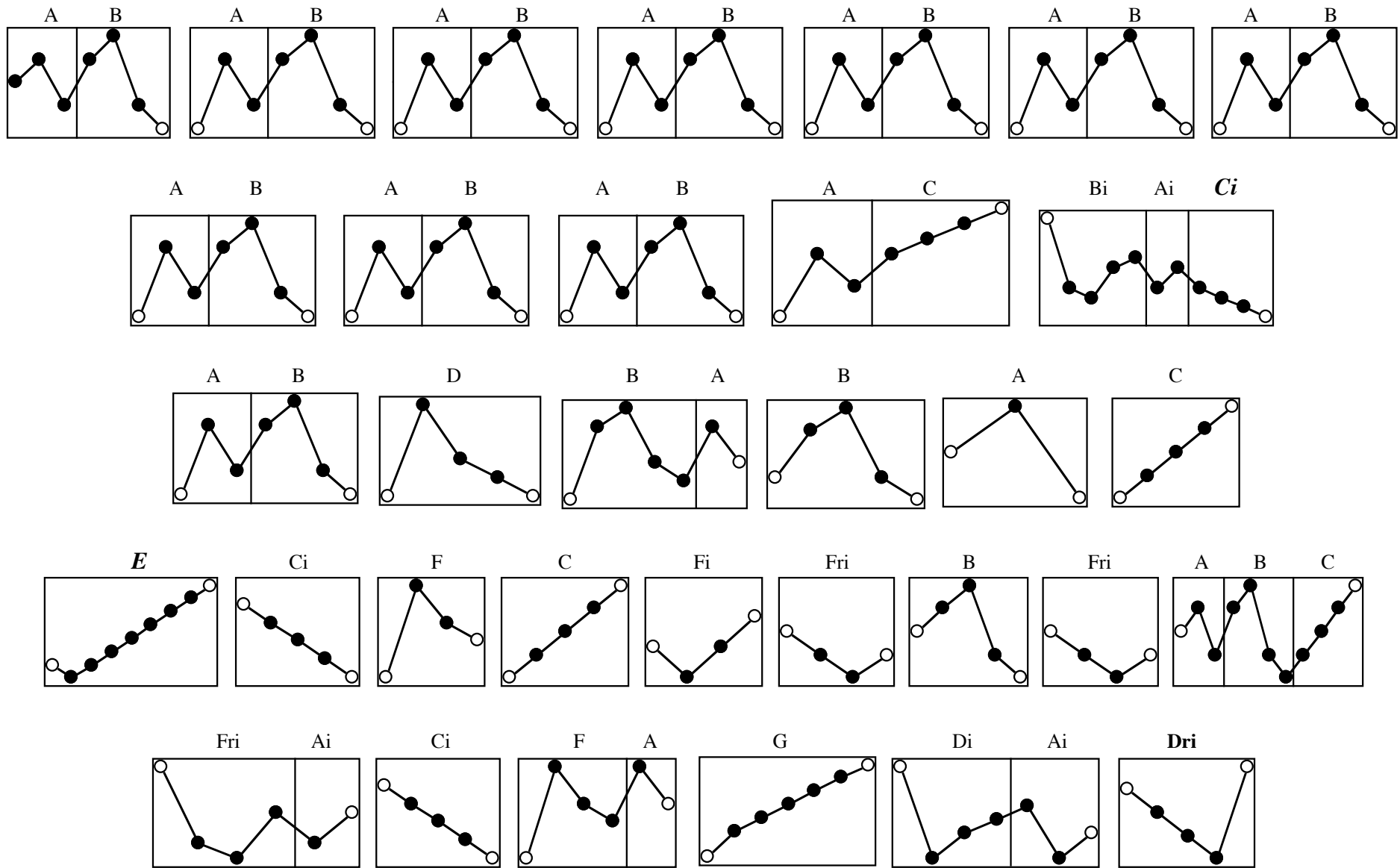


Figure 37 : Le modèle ondulatoire (*blanc*) du Prélude II en do mineur de Bach

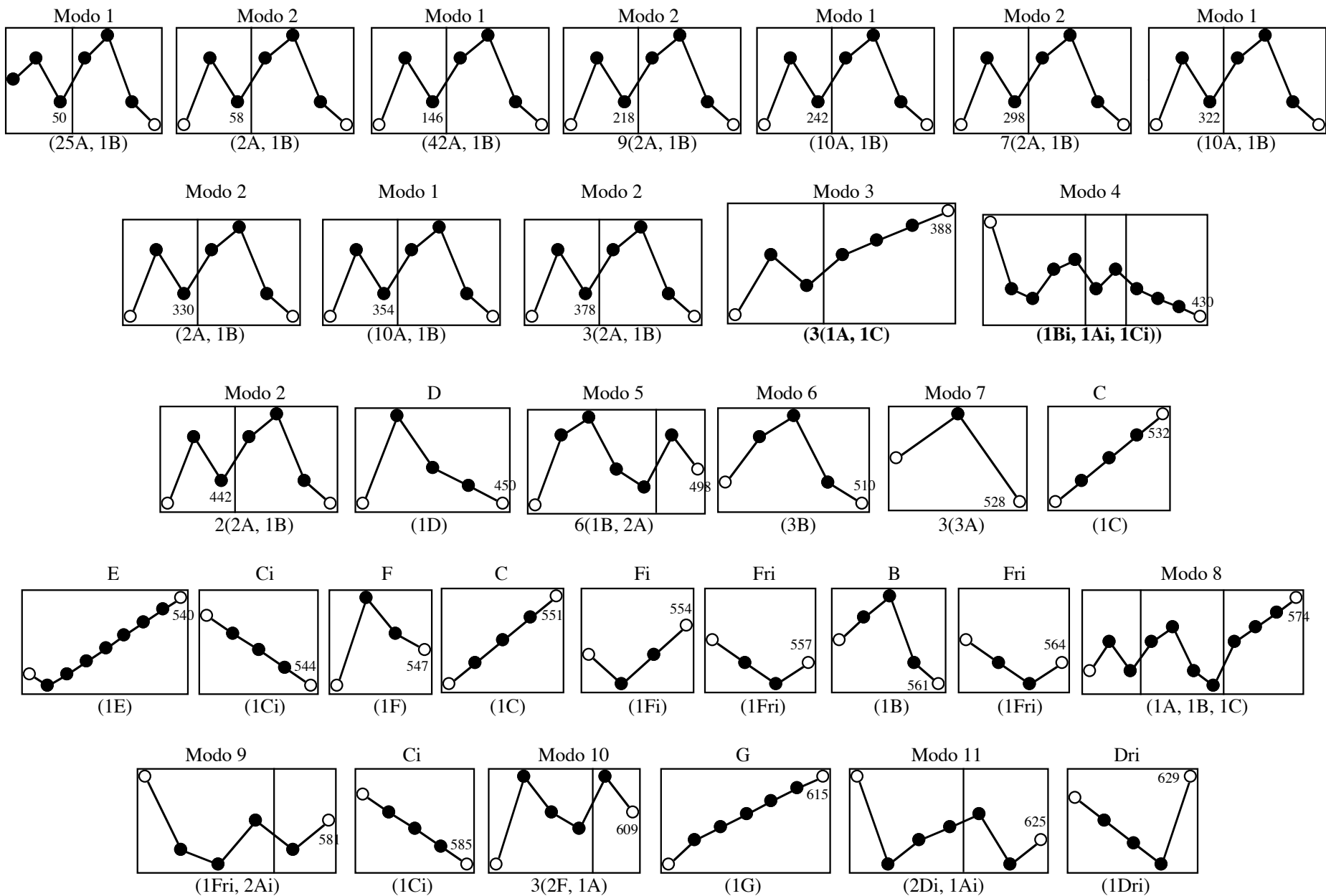
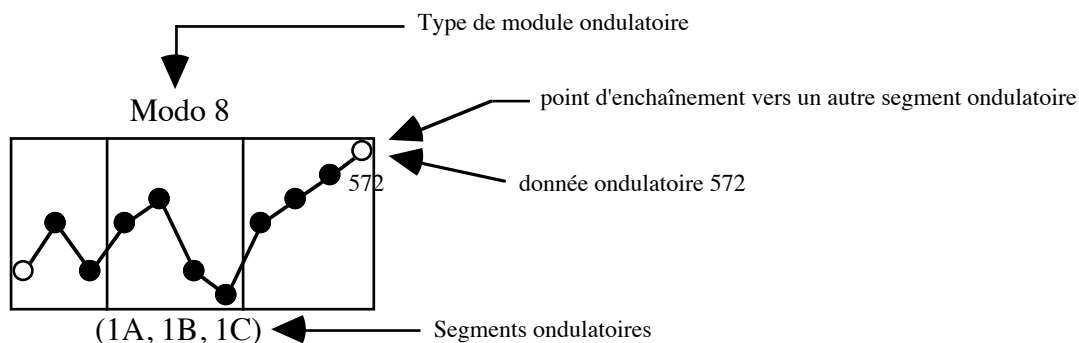


Figure 38 : Le modèle ondulatoire (*général*) du Prélude II en do mineur de Bach

Les figures 37 et 38 des pages précédentes montrent le modèle ondulatoire du prélude de Bach. Nous rappelons qu'il faut lire ces modèles de gauche à droite en partant de la zone supérieure du graphe vers le bas. Le modèle ondulatoire *blanc* nous permet d'avoir un aperçu global et très net de la cinétique ondulatoire du prélude. Nous pouvons observer que, dans le modèle *blanc*, certains des points des segments ondulatoires sont transparents pour symboliser la continuité ou l'enchaînement des segments ondulatoires. L'enchaînement des segments ondulatoires est présenté dans ce type de modèle, d'une manière claire ; nonobstant, les incidences d'apparition de ceux-ci ne sont pas répertoriées.

Le modèle *blanc* procure déjà une introduction aux représentations modélisées plus complètes qui vont suivre.

Le modèle ondulatoire *général* de la figure 38 (précédente) montre de manière très détaillée les modules ondulatoires, les segments ondulatoires, les chiffres correspondants à chaque donnée ondulatoire. Nous pouvons percevoir aussi les chiffres, placés au-dessous des rectangles, qui nous renseignent sur l'incidence d'apparition de chaque segment ondulatoire. Nous pouvons apprécier également les chiffres qui symbolisent les points des segments ondulatoires avec ses respectives données ondulatoires. La figure 39 ci-dessous permet de visualiser en détail les informations qui émanent de chaque rectangle du modèle de la figure 39 précédente.



Les informations contenues dans un module ondulatoire

Figure 39

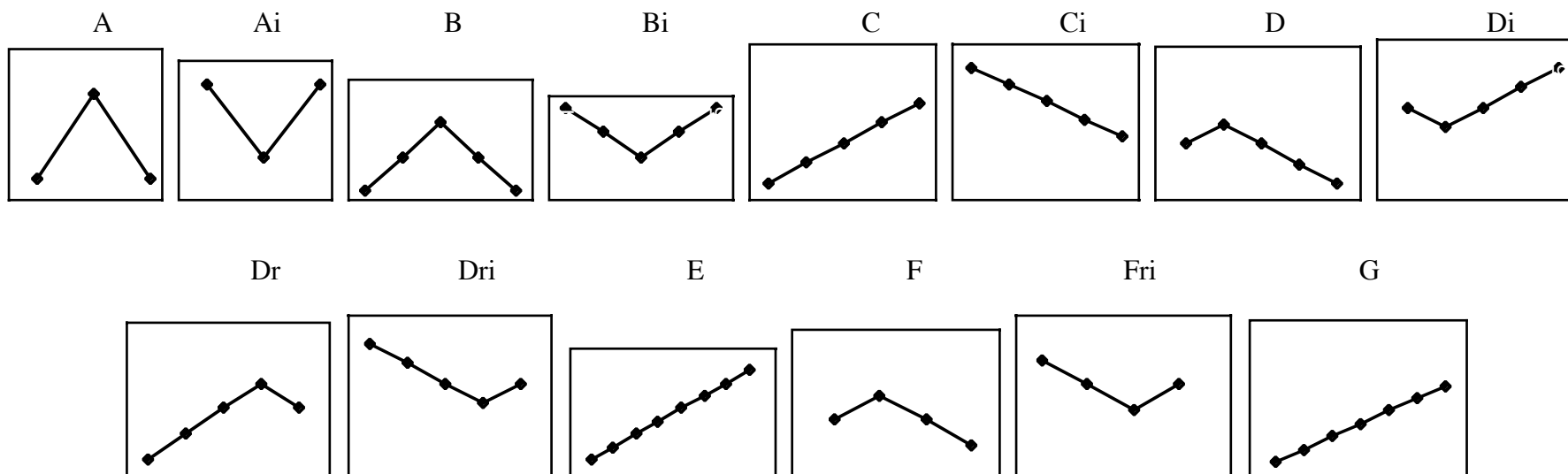
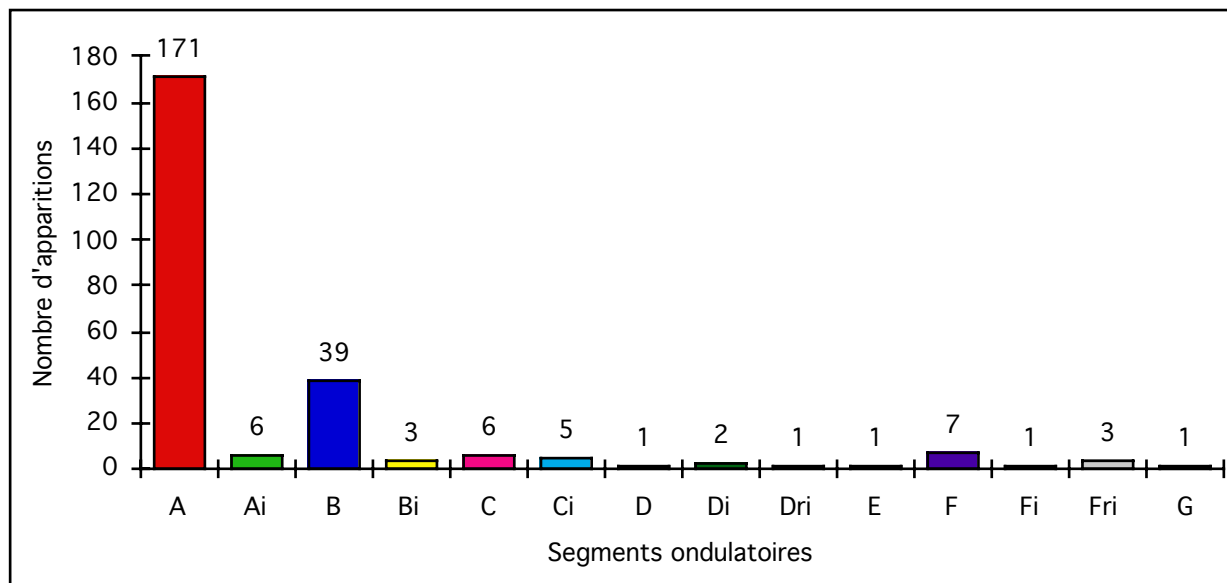


Figure 40 : Relation de l'utilisation des différents segments ondulatoires dans le prélude II en do mineur de Bach

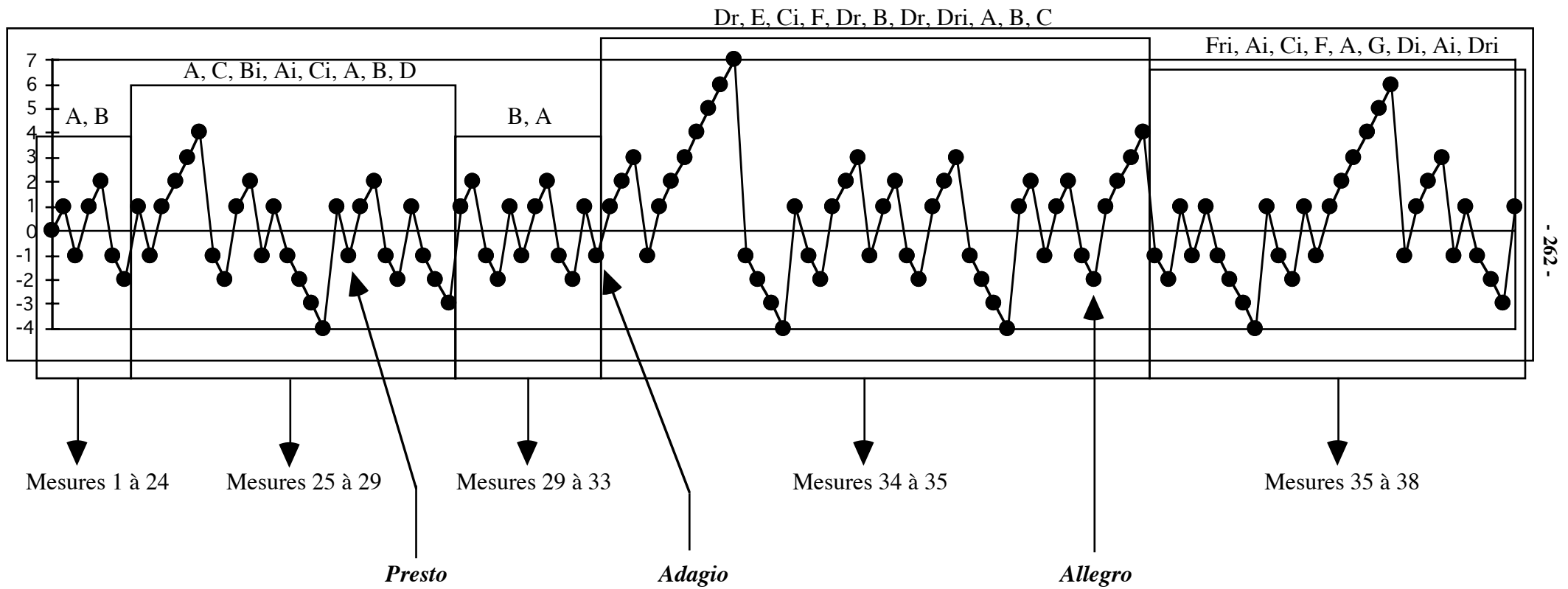
La figure 40 de la page précédente fait un relevé de l'utilisation des segments ondulatoires. Le *continuum ondulatoire* dont nous avons parlé dans l'analyse de la trajectoire ondulatoire apparaît ici dans le graphe de la figure 40 de manière explicite. Nous pouvons repérer que les segments A et Ai apparaissent 171 et 6 fois respectivement. Les segments ondulatoires B et Bi, pour sa part, ont une incidence d'apparition de 39 et 3 fois respectivement. Les segments ondulatoires C et Ci, apparaissent 6 et 5 fois respectivement. Les segments D, Di, et Dri, apparaissent 1, 2 et 1 fois respectivement. Le segment ondulatoire E apparaît une fois. Les segments ondulatoires F, Fi et Fri sont utilisés 7, 1 et 3 fois respectivement, et enfin le segment G apparaît une seule fois.

L'information statistique que dégage le graphe (de la figure 40) précédent permet aussi de corroborer d'une façon plus directe l'emploi presque systématique des segments ondulatoires A et B. Ce tableau nous indique aussi que les autres segments ondulatoires (à savoir, de C jusqu'à G), à part du fait qu'ils sont utilisés très peu dans le prélude, l'activité de prolifération ondulatoire est minime ou en tout cas très focalisée dans certains endroits.

Alors, les segments ondulatoires C à G nous confirment – chose que nous avons supposée précédemment – que ces segments sont placés dans des endroits où leur présence accentue ou articule remarquablement la structure du processus ondulatoire musical du prélude.

3.2.9.1. Le modèle ondulatoire restreint

Le modèle ondulatoire *restreint* du prélude va nous permettre d'avoir un aperçu résolument global et définitif du processus ondulatoire du prélude de Bach. La figure 41 de la page suivante nous montre d'une façon très synthétique la cinétique ondulatoire du morceau. **Le modèle nous permet d'observer toute la morphologie dynamico-ondulatoire de l'œuvre dans une seule ligne graphique.** Il est intéressant de noter que, par ce fait, la modélisation ondulatoire acquiert ici son maximum d'expression.



Modèle ondulatoire (*restreint*) du prélude II en do mineur du clavecin bien tempéré de Bach

Figure 41

En effet, le modèle restreint du prélude symbolise, d'une manière parfaitement souple et dynamique, son parcours cinétique qui se dessine dans un énoncé téléologique parfaitement reconnaissable du début à la fin. Nous avons encadré les différentes sections ou régions de la trajectoire ondulatoire du modèle de la figure 41 de la page précédente.

Le premier rectangle concerne les mesures 1 à 24. Nous pouvons observer que, dans ce long espace de temps (24 mesures) seuls les segments ondulatoires A et B sont utilisés. Encore une fois nous rappelons que le *continuum ondulatoire* du prélude est construit avec ces deux segments.

Dans la seconde partie du modèle, mesures 25 à 29, le prélude commence à proliférer en amplitude ondulatoire. Observons que les mouvements ascendants vont jusqu'à 4 et de façon symétrique du côté descendant, 4 mouvements descendants, l'extension maximale descendante (segments ondulatoires C et Ci). Cette section est façonnée, par ordre d'apparition, par les segments ondulatoires A, C, Bi, Ai, Ci, A, B et D.

La troisième section (une partie du *Presto*) du modèle est constituée par les segments B et A. Nous rappelons que, dans cette partie, le segment D de la section précédente est un *déviateur* du continuum A B qui le transforme en son miroir B A. Les sections 1 à 3 comportent de façon manifeste la partie la plus symétrique du prélude. Nous pouvons observer que, à part les 4 mouvements consécutifs ascendants et descendants (segment ondulatoire C et Ci) et les 3 mouvements descendants qui font partie du segment ondulatoire D, la forme ondulatoire de l'œuvre est parfaitement dominée par les segments A et B.

La section suivante, la quatrième, concerne l'*Adagio* du prélude. Nous apercevons l'amplitude maximale de la trajectoire ondulatoire (7 mouvements ascendants) du segment E. Il est intéressant de rappeler qu'avec le segment ondulatoire E et le Ci suivant, la trajectoire ondulatoire dessine l'*extension ondulatoire totale* du prélude. Tous les segments ondulatoires sont présents dans cette section sauf les segments D et G. Cette section s'étale de la mesure 34 à la 35.

La dernière section correspond à l'*Allegro* du prélude. Cette partie ressemble à la précédente, mais elle est plus longue, en effet, elle comporte plus de 4 mesures. Les segments B et E ne sont pas présents. Cette section est dominée par les segments ondulatoires A, Ai et F, (cf. la figure 26i précédente). La symétrie locale de la **fin** de cette section est dominée par les segments ondulatoires Di et Dri.

Dans l'espace sonore qui s'étale de la mesure 34 jusqu'à la fin du prélude, la courbe ondulatoire est en constant mouvement. Ce mouvement présente des symétries ainsi que des brisures de symétries différentes à celles que nous avons trouvées dans les mesures précédentes.

Si bien, la périodicité symétrique des sections 1 à 3 est façonnée par les segments ondulatoires A et B, dans la mesure 34 et une partie de la mesure 35, c'est sont les segments ondulatoires C, Ci ; F, Fi et Fri qui dominent dans la structure morphologique. Les segments C apparaissent 3 fois et les segments F apparaissent 4 fois.

Globalement, le modèle ondulatoire *restreint* permet aussi d'observer de manière éloquente comment la tension sonore et musicale du prélude va se refléter de manière très explicite dans certains segments ondulatoires de la trajectoire ondulatoire du modèle.

Ainsi, par exemple, dans la deuxième section du modèle restreint, mesures 25 à 29, nous observons que l'utilisation de 4 mouvements ascendants et descendants consécutifs a une incidence très visible aussi dans le modèle : Dans la partition, Bach opère, avec ces 4 mouvements ascendants et descendants (cf. la figure 42 ci-dessous) une première coupure de l'ostinato sonore générale et aussi, par conséquence, le continuum sonore. Cette coupure est réalisée avec les segments ondulatoires C et Ci. Nous pouvons observer cela de façon explicite dans le modèle ondulatoire restreint (cf. figure 41 précédente), voir aussi la figure 39 précédente, le modèle général, Modos 3 et 4 de la deuxième ligne.



Coupure du continuum ondulatoire par les segments ondulatoires C et Ci

Figure 42

Également, un détail encore très révélateur qui montre comment le modèle traduit l'incidence de certaines données musicales d'importance, nous le trouvons dans la troisième section du modèle (mesure 34), cf. la figure 41 précédente. Ici, nous pouvons déceler clairement, grâce à la trajectoire ondulatoire du modèle ondulatoire restreint, que, chaque fois que Bach opère une extension de l'énoncé sonore du prélude, cela se manifeste dans le prélude par, aussi, une extension de la trajectoire ondulatoire. Ce n'est pas une coïncidence si dans le modèle restreint, cela se traduit justement par l'énonciation de l'extension ondulatoire totale du prélude, précisément là dans la cadence lente (Adagio), cf. la figure 43 ci-dessous.



L'énonciation de l'extension ondulatoire totale du prélude (segments ondulatoires E et Ci)

Figure 43

3.2.9.2. Conclusion

Le modèle ondulatoire permet de visualiser le processus ondulatoire musical de l'œuvre analysée de façon concise. Contrairement de la structure segmentée de la trajectoire ondulatoire, laquelle, comme nous l'avons vu précédemment, peut s'étaler sur un nombre considérable de pages, le modèle ondulatoire synthétise de façon claire et efficace la forme ondulatoire de l'œuvre, cette fois-ci dans un espace graphique très réduit. La morphogénèse ondulatoire, c'est-à-dire, le développement des structures (ondulatoires) caractéristiques dans le cas du prélude de Bach, est mise en évidence grâce à la simplicité et en même temps à la synthèse visuelle qui déploie le modèle ondulatoire dans ses différentes modalités : blanc, général et restreint.

Ce premier exemple de modèle ondulatoire que nous avons présenté ici dans ce travail de recherche nous a convaincus de la portée de l'outil analytique ondulatoire. Grâce à son

application, nous avons pu observer un nombre assez complet des relations formelles qui se sont dégagées à partir de l'utilisation du paradigme ondulatoire : D'abord, dans la structure segmentée de la trajectoire ondulatoire, et ensuite, de manière simplifiée dans le modèle ondulatoire.

En somme, la démarche analytique ondulatoire qui culmine – en partie – dans la présentation du modèle ondulatoire d'une œuvre musicale, nous a permis d'identifier et de vérifier dans un point de vue de la génération de formes, dans notre cas, de la morphogénèse ondulatoire, comment le résultat d'une stratégie compositionnelle donnée se dévoile à partir de sa *mise en ondulation* : d'abord dans la segmentation naturelle, ensuite dans l'application de la segmentation ondulatoire analytique à la trajectoire ondulatoire, et enfin dans les modèles ondulatoires.

Il faut rappeler qu'il existe une différence entre l'application de la segmentation analytique à la trajectoire ondulatoire, dans laquelle il est plus facile de visualiser les symétries et brisures de symétries locales et globales de l'œuvre-son analysée, ainsi que d'autres formes d'organisation, et la possibilité qui offre le modèle ondulatoire *restreint* à rendre visibles ces structures formelles locales et globales. Dans ce sens, le modèle ondulatoire *général* peut décrire la forme, symétries, brisures de symétrie etc., déjà étudiées dans la structure segmentée de la trajectoire ondulatoire mais cette fois-ci, en montrant les incidences d'apparition des segments ondulatoires par des chiffres tel que nous l'avons montré dans la figure 38.

Il est évident, comme nous l'avons vu dans la présentation du modèle ondulatoire, que les autres paramètres musicaux ne sont pas étudiés. Comme nous l'avons explicité dans l'introduction de la thèse, le modèle ondulatoire exprime le principe, le mouvement et donc la *forme sonore* dans le temps de l'œuvre analysée, c'est-à-dire, *la cinétique ondulatoire du son complexe qui est l'œuvre*. La représentation graphique de la durée écoulée de chaque point ou moment de la trajectoire ondulatoire n'est pas prise en compte.

C'est justement dans le *modèle algorithmique* que tous les autres paramètres musicaux sont abordés en détail.

3.2.10. Le mécanisme morphogénétique de la trajectoire ondulatoire du prelude II de Bach

Comme nous l'avons précisé à la fin de l'analyse de la structure segmentée de la trajectoire ondulatoire du prélude, les règles d'engendrement de la trajectoire ondulatoire d'une œuvre-son sont déjà prêtes à être formulées à partir du moment que l'analyse de la segmentation de la trajectoire ondulatoire est achevée. Cependant, dans un point de vue méthodologique, nous pensons que l'étude du mécanisme morphogénétique et des règles d'engendrement d'une trajectoire ondulatoire serait mieux placée, dans la démarche analytique, **une fois accomplie aussi l'énonciation du modèle ondulatoire**. La raison est d'ordre pratique, c'est que le modèle ondulatoire synthétise de façon plus déterminante la structure segmentée d'une trajectoire ondulatoire.

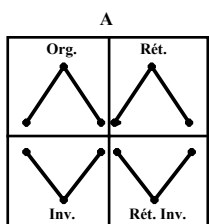
En conséquence, nous étudierons le mécanisme morphogénétique et les règles d'engendrement de la trajectoire ondulatoire du prélude à partir de la segmentation qui offre le modèle ondulatoire général, et non pas de celle qui offre la trajectoire ondulatoire segmentée complète.

Une fois donc, dévoilée la segmentation de la trajectoire ondulatoire et son modèle ondulatoire respectif, l'étude de la morphogénèse et des règles d'engendrement de l'œuvre-son est envisageable, ceci étant la dernière étape de l'analyse, de la forme (ondulatoire) de l'œuvre-son.

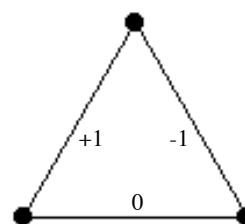
Ce prélude de Bach apparaît comme un exemple très intéressant de morphogénèse ondulatoire. Nous l'avons choisi justement à cause de l'originalité de la démarche compositionnelle implicite dans ce morceau et sa transposition en termes morphologiques ondulatoires. Cette originalité peut-être localisée dans le caractère évolutif qui présente d'une part, la cinétique ondulatoire de la trajectoire ondulatoire, et d'autre part, dans les structures du temps et surtout dans celle de durées. Nous rappelons que, en ce qui concerne ces deux structures, elles seront étudiées dans la section suivante dédiée au modèle algorithmique.

Nous avons amplement étudié dans les sections précédentes l'incidence de tous les segments ondulatoires qui structurent la trajectoire ondulatoire du prélude. Nous avons parlé aussi de l'importance du *continuum ondulatoire* formé par les segments ondulatoires *A* et *B*. À cet effet, l'on pourrait dire qu'une grande partie du processus morphogénétique de la structure ondulatoire de ce prélude serait générée par ces deux segments ondulatoires *A* et *B*.

Cependant, nous voudrions proposer une hypothèse sur le principe qui opère à l'intérieur de la morphogénèse de la trajectoire ondulatoire du prélude. Nous pensons que ce principe est celui de *prolifération*, principe dont nous avons parlé dans le paragraphe (2.6 : 150). Nous situerions l'origine de ce principe de prolifération c'est-à-dire le *noyau* où se génère le processus de développement de la trajectoire ondulatoire dans le segment ondulatoire *A*. Notre choix nous semble être pertinente car, comme nous l'avons observé tout au long de l'analyse de la trajectoire ondulatoire du prélude, le segment *A* occupe une très grande partie de la surface de la trajectoire ondulatoire (cf. la figure 40 précédente).



Le segment ondulatoire *A* du prélude en *do* mineur de Bach



Représentation géométrique de la structure ondulatoire fondamentale (cf. le paragraphe 2.4.)

Similarité entre le segment ondulatoire *A* et la structure ondulatoire fondamentale

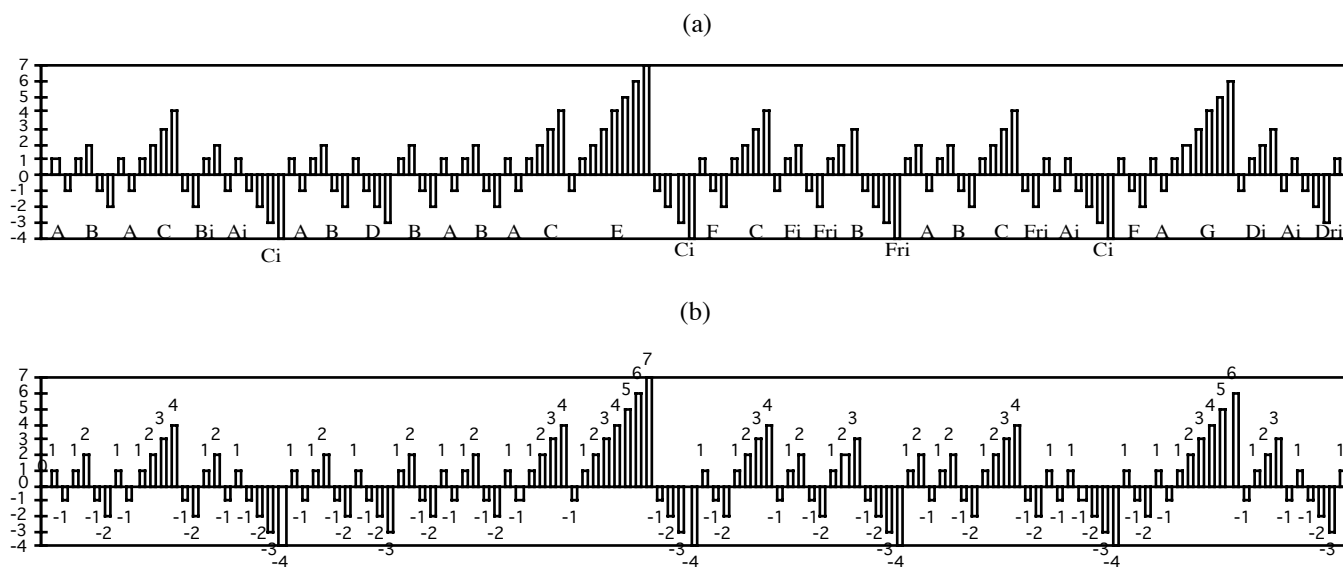
Figure 44

Il est pertinent de souligner que le segment ondulatoire *A* est formé par deux des trois mouvements qui conforment la *structure ondulatoire fondamentale*, (cf. la figure 44 ci-dessus). Le seul mouvement qui ne contient pas ce segment *A* est l'horizontale (0). Or, comme nous l'avons explicité dans le paragraphe (2.6 : 150), le concept de structure ondulatoire fondamentale émerge comme *l'élément essentiel par excellence duquel toutes les trajectoires et sous-trajectoires ondulatoires sont originaires*. C'est justement là que la trajectoire ondulatoire de ce prélude explicite de manière éloquent la **fonction morphogénétique essentielle** propre à cette notion de **structure ondulatoire fondamentale**.

Nous avons aussi dit dans (2.6 : 150), à propos de la structure ondulatoire fondamentale qu' « ... une trajectoire ou sous trajectoire ondulatoire ne serait donc autre chose qu'une structure, certes très complexe, formée à partir des processus de prolifération dans laquelle la notion de répétition est implicite. C'est justement là que cette notion de répétition (ondulatoire) acquiert donc un statut de première importance en musique et par conséquent au sein du système musical ondulatoire. » En effet, la notion de prolifération ondulatoire est fondamentalement liée à celle de répétition .⁹

3.2.10.1. Fonctionnement du mécanisme de prolifération du segment ondulatoire A

Comme l'on peut supposer, le mécanisme qui intervient dans la prolifération du segment ondulatoire A, consisterait en une série de *multiplications des éléments* qui le composent (un mouvement ascendant et un mouvement descendant +1 -1).



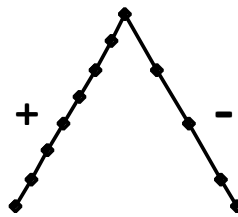
Le modèle ondulatoire restreint du prélude de Bach sous forme de graphique de barres

Figure 45

⁹ Pour plus d'information à propos des concepts de prolifération et de répétition, nous rappelons que nous avons dédié une étude approfondie à chaque concept dans les paragraphes (2.28. : 182-183).

La figure 45 précédente peut nous aider à imaginer le principe de prolifération (multiplication du segment ondulatoire *A*) qui se trouve à la base du processus d'engendrement de la trajectoire ondulatoire du prélude. Chaque barre du graphique de la figure 45 représente la grandeur des composantes (+1 ou -1) de chaque segment ondulatoire.

Ainsi, nous pouvons observer que, dans le graphique 45b, le mouvement ascendant (+1) du segment ondulatoire *A* se multiplie jusqu'à 7 fois, et de la même manière le mouvement descendant (-1) se multiplie 4 fois.



L'extension ondulatoire totale du *Præludium II* du *Clavecin bien tempéré* de Bach

Figure 46

Le mécanisme de multiplication de mouvements ascendants et descendants du segment ondulatoire *A* nous renvoie à l'extension ondulatoire totale du prélude dont nous avons parlé précédemment dans le paragraphe (3.2.5. : 218). En effet, la mise en place graphique (figure 47) du processus de multiplication des mouvements ascendants et descendants du segment ondulatoire *A*, permet de vérifier, par un moyen autre que celui que nous avons utilisé dans (3.2.5. : 218), la distribution totale de ces mouvements. C'est-à-dire, la reconstruction, dans le cas du prélude de Bach, de son extension ondulatoire totale (figure 46 ci-dessus).

S'il est bien évident que nous pouvons proposer l'hypothèse selon laquelle la morphogénèse de la trajectoire ondulatoire du prélude serait construite à partir du principe de prolifération attaché au segment ondulatoire *A*, **ce qui n'est pas possible de savoir ni d'accéder** – et d'ailleurs cela s'applique à la création musicale en général et de la même manière à d'innombrables phénomènes – **au geste fondamental qui crée une œuvre, ou bien aux processus morphogénétiques en général.**

Justement, dans le champ de la biologie du développement, les embryologistes peuvent, depuis quelques années et grâce aux progrès en biologie moléculaire, comprendre le fonctionnement des gènes qui contrôlent l'organisation de l'œuf, puis celle de l'embryon et finalement la position et différenciation des organes des Vertébrés et Invertébrés. Ces mécanismes morphogénétiques ont été mis en place depuis plus de 500 millions d'années [Le Moigne & Foucrier, 2001 : 163-164]. Les chercheurs reconnaissent aussi que la notion de *programme* est profondément liée à tous ces processus morphogénétiques. Mais comme il est bien connu de tous, l'on ne peut pas savoir où se trouve le « *geste fondamental* » à la base des morphogénèses. Dans le domaine de la création musicale, nous nous trouvons en face du même paradoxe. Dans la musique traditionnelle, le compositeur utilisait certaines « formes musicales » sonates, préludes, fugues etc. pour composer ses œuvres, mais si l'on leur demandait la source profonde du geste créateur, nous savons que la réponse ne serait pas affirmative. Le *désir* ne peut pas s'imposer comme réponse valable, à propos de cette problématique, nous conseillons de se rapporter au paragraphe 2 « *Contre le problème de l'origine* » dans *Théorie Esthétique* [Adorno, 1974 : 10-12], et aussi dans *Le style et l'idée* d'Arnold Schönberg [Schönberg, 1977 : 194-196].

Dans la composition musicale, ainsi que dans les arts en général, la notion de programme voire d'automatisme a été employée dans la création des œuvres. Peut-être, dans ces cas-là, l'on pourrait imaginer que le geste fondamental serait localisable dans le programme ou dans les règles de production implicites à ces œuvres. Cependant, un programme, des règles ou un automate émergent comme des intermédiaires qui n'arrivent pas à approcher les processus fondamentaux (*l'origine*) qui déclenchent ces œuvres. C'est pour cette raison que nous sommes conscients que l'approche analytique musicale dans toutes ces modalités doit être en mesure de reconnaître ses propres limites. Néanmoins, l'approche *processuelle morphologique* que le système musical ondulatoire propose, peut, au moins, approcher l'œuvre musicale dans sa *réalité formelle*. En vertu de cela, nous sommes d'accord avec Adorno quand il affirme que « ... l'analyse n'approche l'œuvre d'art que lorsqu'elle saisit de manière processuelle le rapport des moments entre eux, non pas lorsqu'elle la réduit, par la décomposition, en des éléments soi-disant originels. » [Adorno, 1974 : 234].

3.2.10.1.1. Simulation du processus de multiplication du segment ondulatoire *A*

Dans la perspective ondulatoire, la *simulation* du processus de multiplication des mouvements du segment ondulatoire *A* que nous avons proposé comme étant la matérialisation du principe de prolifération qui se situe à l'origine de la morphogénèse de la trajectoire ondulatoire du prélude, nous permettra de comprendre son processus de développement morphologique.

Nous proposerons d'imaginer que *toute* la trajectoire ondulatoire du prélude serait constituée totalement par des segments ondulatoires *A* c'est-à-dire, du début jusqu'à la fin. La matérialisation du principe de prolifération dans le segment ondulatoire *A* (sa multiplication) serait le résultat de l'*induction* d'une « *force extérieure* » sur la structure périodique de la trajectoire ondulatoire, celle-ci étant conformée comme nous l'avons dit plus haut, *entièrement* par des segments ondulatoires *A*. La force extérieure agissante sur le segment ondulatoire *A* provoquerait la multiplication de ses mouvements (+1 ou -1). **En conséquence, le résultat de ce phénomène d'induction se traduira dans la trajectoire ondulatoire par la naissance des nouveaux segments ondulatoires (B, C, D, E, F et G).**

À propos de ce que nous avons nommé précédemment « force extérieure », il faut préciser qu'il ne s'agit pas de quelque chose de l'ordre de la métaphysique, non, simplement, il s'agit justement d'un mécanisme qui met en évidence le geste fondamental (l'idée) qui crée l'œuvre et que l'on ne peut pas saisir. Les mécanismes morphogénétiques qui vont donner la forme à l'œuvre, celle-ci représentée dans sa trajectoire ondulatoire, sont *évidemment* pilotés par le compositeur. Cependant, grâce à la simulation de la morphogénèse de l'œuvre analysée, nous pouvons parcourir l'acte créatif en le reconstruisant à partir des *gestes inductifs* devenus **les traces du geste fondamental créatif du compositeur.**

La figure 47 suivante représente le schéma du principe de prolifération qui se situe à l'origine de la morphogénèse de la trajectoire ondulatoire du prélude. Le mécanisme de ce principe se matérialise dans la multiplication des mouvements du segment ondulatoire *A* donnant ainsi des nouveaux segments ondulatoires.

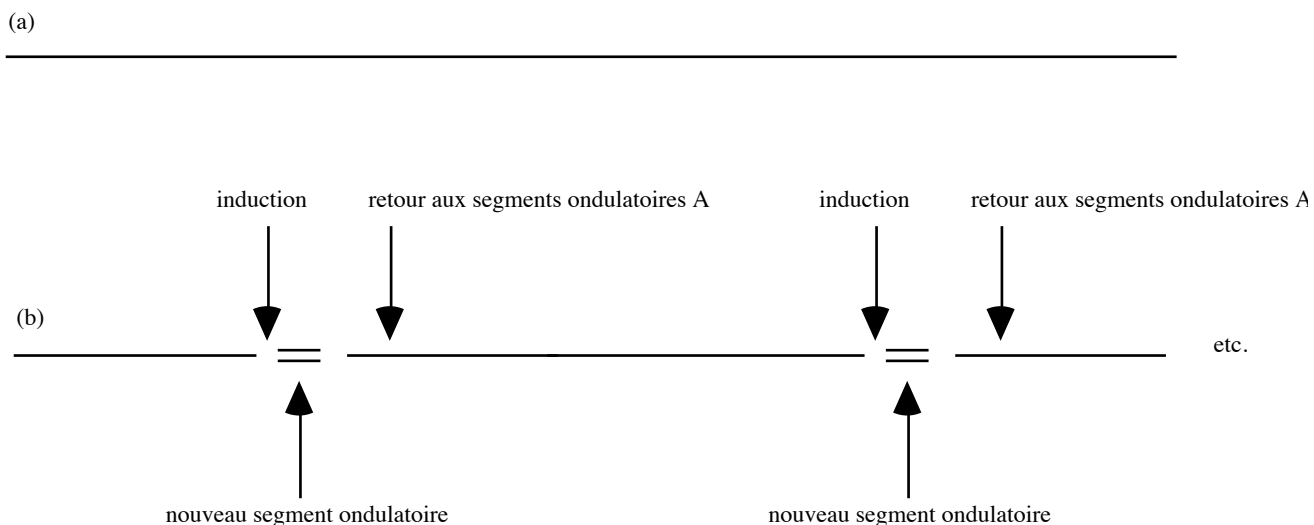


Schéma du processus de multiplication des mouvements du segment ondulatoire *A*

Figure 47

La lettre (a) de la figure 47 ci-dessus, représente le **substrat ondulatoire** du prélude tel que nous pouvons l’imaginer, constitué totalement des segments ondulatoires *A*.¹⁰ La lettre (b), symbolise le processus de multiplication par le phénomène d’induction dont nous avons parlé dans la page précédente. Une fois, l’accomplissement du processus d’induction, il produira, dans la trajectoire ondulatoire, la naissance des nouveaux segments ondulatoires. La dernière étape du processus de multiplication est le retour à la chaîne de segments ondulatoires *A*. Nous conseillons de revoir la figure 26 précédente.

3.2.10.1.2. Simulation du mécanisme de multiplication du segment ondulatoire *A*

L’accomplissement de la schématisation du processus de multiplication du segment ondulatoire *A* (figure 47 ci-dessus), va nous permettre d’aborder une nouvelle étape dans l’analyse dans laquelle nous serions en condition de comprendre son mécanisme de prolifération.

¹⁰ Nous rappelons que la notion de substrat ondulatoire est développée dans les pages 282 et suivantes.

Nous essayerons d'expliquer, d'une façon tout à fait hypothétique, le fonctionnement du mécanisme de multiplication qui subirait le segment ondulatoire *A*. Pour ce faire, nous entendrons *chaque naissance d'un nouveau segment ondulatoire, comme le résultat de l'action d'un mécanisme d'induction précis.*

Dans cette perspective, la formation de différents segments ondulatoires serait donc liée à des phénomènes inductifs aussi différents entre eux. Dans cette logique, nous pourrions établir une sorte de liste qui donnerait à chaque mécanisme inductif un nom et définirait en même temps les types de mouvements qu'il produirait.

Nous allons maintenant rappeler la notion de mécanisme inductif que nous avons déjà énoncé dans le paragraphe (2.21. : 178).

Mécanisme inductif

- Définition : Un mécanisme inductif est la représentation abstraite d'un geste morphologique, geste trouvant son origine dans la démarche créative du compositeur, ou bien dans d'autres cas, dans des programmes informatiques ou autres qui contrôlèrent la construction d'une œuvre-son. Dans le cas d'une trajectoire ondulatoire, chaque segment ondulatoire aurait comme origine un mécanisme inductif propre.

Dans la trajectoire ondulatoire du prélude en *do* mineur de Bach qui nous occupe, nous avons trouvé 7 segments ondulatoires ; donc de la même manière nous pouvons déceler que cette trajectoire ondulatoire est produite avec 7 mécanismes inductifs différents, chacun d'entre eux donnant naissance à un segment ondulatoire différent.

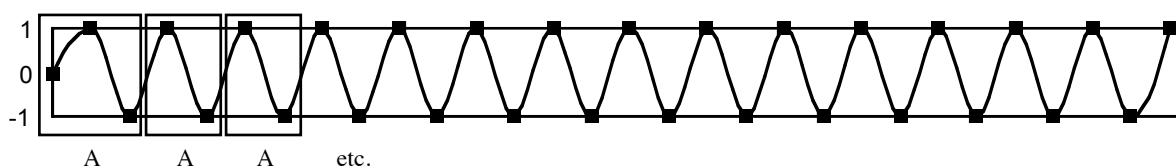
3.2.10.2. Les mécanismes inductifs qui interviennent dans la morphogénèse de la trajectoire ondulatoire du prélude

Parce que chaque mécanisme inductif donne comme résultat un segment ondulatoire précis, nous allons identifier chacun d'entre eux avec la même lettre qui identifie le segment ondulatoire créé par le mécanisme inductif.

De cette manière, le mécanisme inductif A nous rappellera qu'il donne naissance au segment ondulatoire *A* et ainsi de suite pour le reste des segments ondulatoires.

3.2.10.2.1. Le mécanisme inductif A, porteur de l'idée fondamentale du prélude

Comme nous l'avons mentionné précédemment, le segment ondulatoire *A* est celui avec lequel se forme tout le *substrat ondulatoire* du prélude. Cela veut dire que la répétition du segment ondulatoire *A* constituera une sorte d'*embasement* dans laquelle vont apparaître les autres segments ondulatoires (*B, C, D, E, F* et *G*).



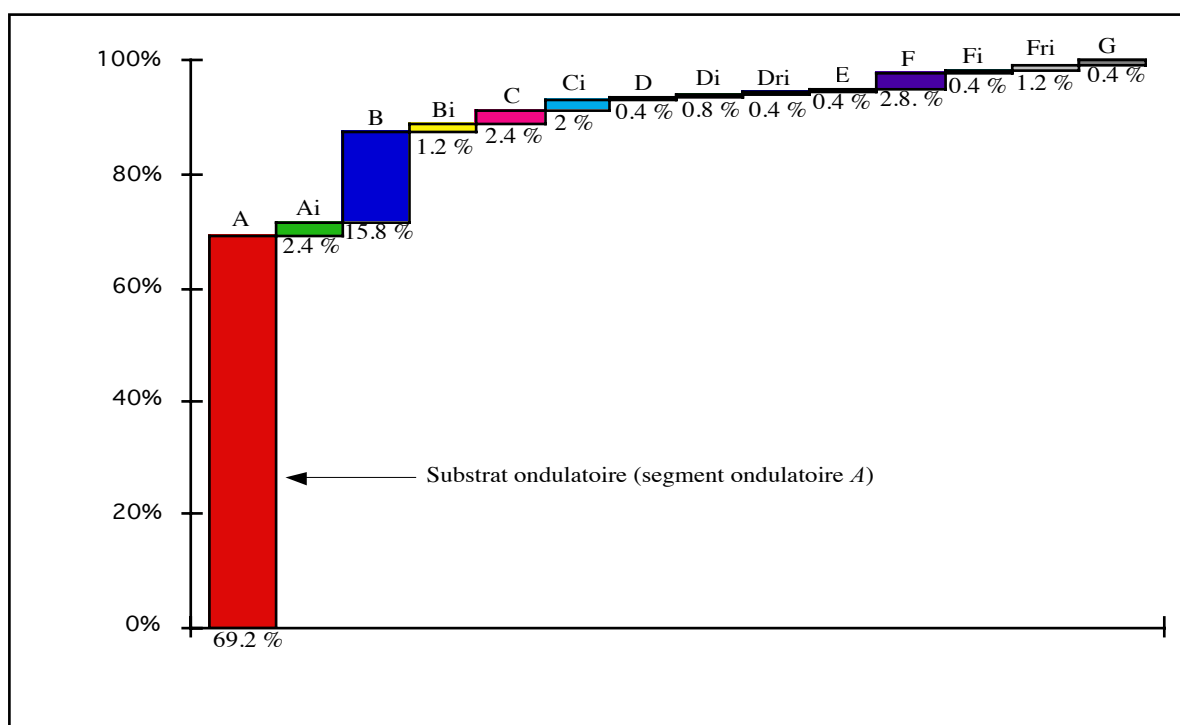
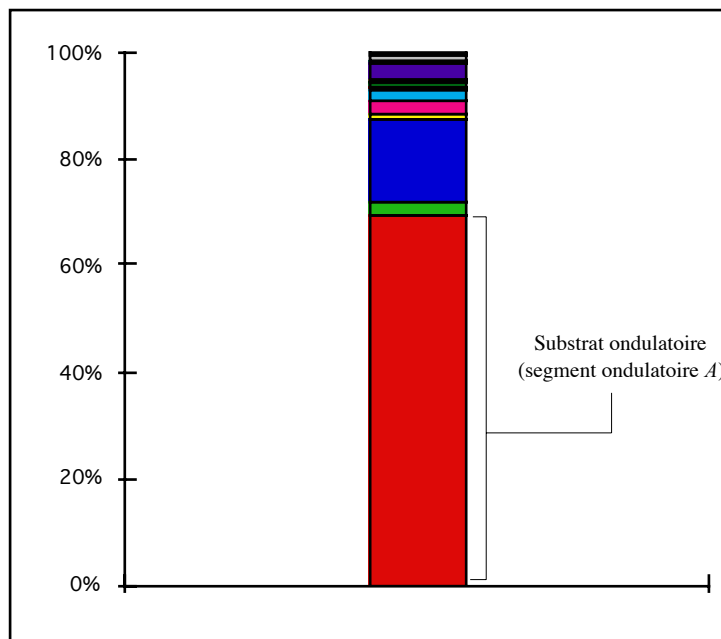
Représentation périodique du segment ondulatoire *A* constituant ainsi le substrat ondulatoire du prélude

Figure 48

Le mécanisme inductif A consisterait en la production systématique, d'une *trame ondulatoire périodique*, comportant un mouvement ascendant et un autre descendant (concaténation de segments ondulatoires *A*) cf. la figure 48 ci-dessus.

Or, la présence dans un substrat ondulatoire donné d'un ou de plusieurs segments ondulatoires impliquerait que – évidemment tout cela peut rester dans un niveau hypothétique – *l'idée fondamentale d'une œuvre*, ou bien d'un passage musical, *pourrait être établie, à partir de l'observation du comportement dynamique des segments ondulatoires qui seraient localisés à l'intérieur d'un substrat ondulatoire.*

C'est ainsi que nous pouvons déduire que l'idée fondamentale de ce prélude de Bach se cristallise dans le segment ondulatoire A. À son tour, le segment *A* est un élément générateur de première importance dans le déroulement du processus ondulatoire musical du prélude.



Distribution des segments ondulatoires du prélude en *do* mineur de Bach

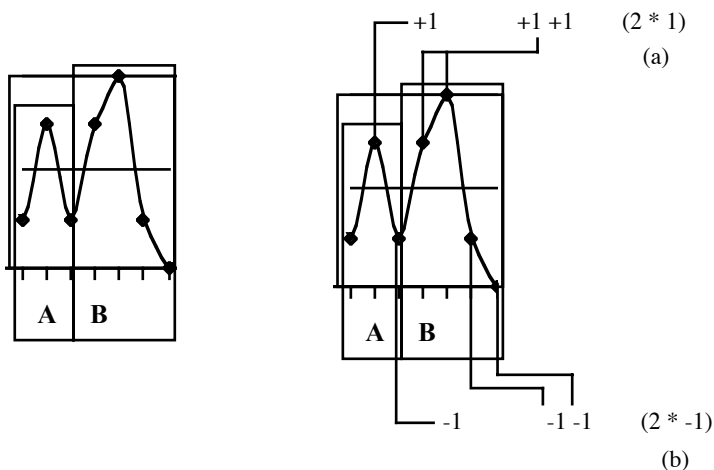
Figure 49

La figure 49 ci-dessus symbolise sous forme d'une structure verticale la distribution des segments ondulatoires qui constituent la trajectoire ondulatoire du prélude. À la base de cette structure, nous pouvons apprécier le *substrat ondulatoire* composé de

segments ondulatoires *A*. Dans le graphique inférieur (page précédente), nous pouvons apprécier, cette fois de façon plus évidente, les éléments qui conforment la représentation verticale (figure supérieure) de la structure de la trajectoire ondulatoire du prélude. À côté de chaque élément de la structure verticale qui représente les segments ondulatoires, nous avons noté leurs noms et leurs pourcentages d'apparition dans la trajectoire ondulatoire.

3.2.10.2.2. Le mécanisme inductif B

Le mécanisme inductif B, va produire la multiplication (par deux) de chaque mouvement du segment ondulatoire *A*. Le résultat de cette multiplication donne l'apparition du segment ondulatoire *B* qui comporte deux mouvements ascendants consécutifs et deux mouvements descendants consécutifs (+1 +1 -1 -1). Tel que nous l'avons vu, dans l'analyse de la trajectoire ondulatoire du prélude, le segment *B* se révèle comme une sorte d'augmentation strictement symétrique de chaque mouvement du segment ondulatoire *A* :



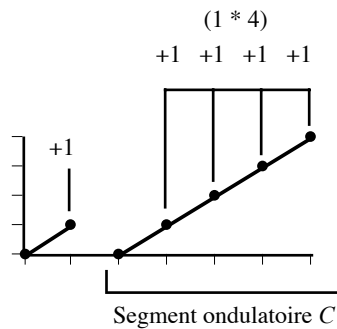
Représentation graphique de la multiplication *par deux* du segment ondulatoire *A*

Figure 50

Le mouvement ascendant (+1) multiplié par 2 (a), donne deux mouvements ascendants consécutifs (2), (+1 +1). Le mouvement descendant (-1) multiplié par 2 (b), donne deux mouvements descendants consécutifs (-2), (-1 -1), (figure 50).

3.2.10.2.3. Le mécanisme inductif C

En ce qui concerne le mécanisme inductif C, la multiplication va s'effectuer *seulement* sur le mouvement ascendant du segment ondulatoire A. En effet le mouvement ascendant du segment A, est multiplié par 4 donnant ainsi les 4 mouvements ascendants consécutifs du segment C.



Représentation graphique de la multiplication *par quatre* du mouvement ascendant (+1) du segment ondulatoire A donnant ainsi le segment C

Figure 51

3.2.10.2.4. Le mécanisme inductif D

Le mécanisme inductif D produit la répétition *simple* (multiplication *par un*) du mouvement ascendant du segment ondulatoire A et la multiplication *par trois* du mouvement descendant du segment ondulatoire A.

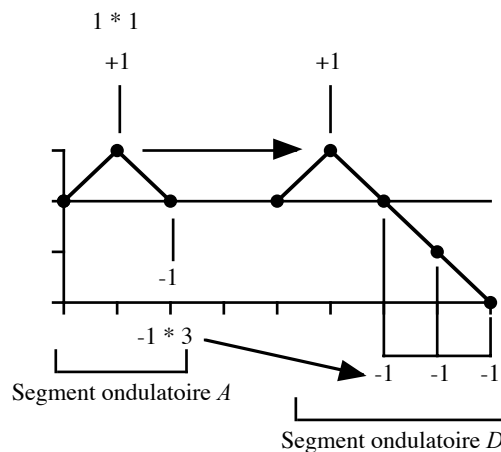
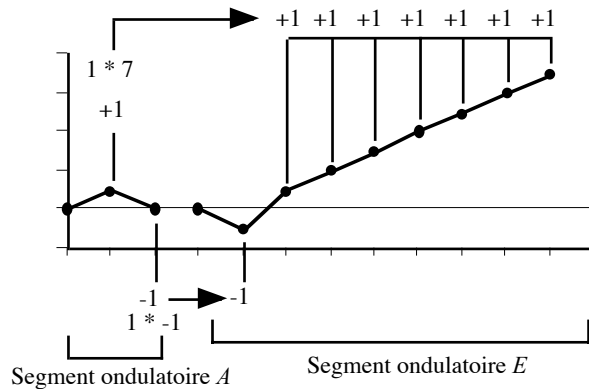


Figure 52 : Représentation graphique de la construction du segment ondulatoire D

3.2.10.2.5. Le mécanisme inductif E

Le mécanisme inductif E produit le segment ondulatoire E par la multiplication *par sept* du mouvement ascendant du segment ondulatoire A et de la répétition simple (multiplication *par un*) du mouvement descendant du segment ondulatoire A, figure 53 ci-dessous.



Représentation graphique de la construction du segment ondulatoire E

Figure 53

3.2.10.2.6. Le mécanisme inductif F

Le mécanisme inductif F produit le segment ondulatoire F par la répétition (multiplication *par un*) du mouvement ascendant du segment ondulatoire A et de la multiplication *par deux* du mouvement descendant du segment ondulatoire A, figure 54 ci-dessous.

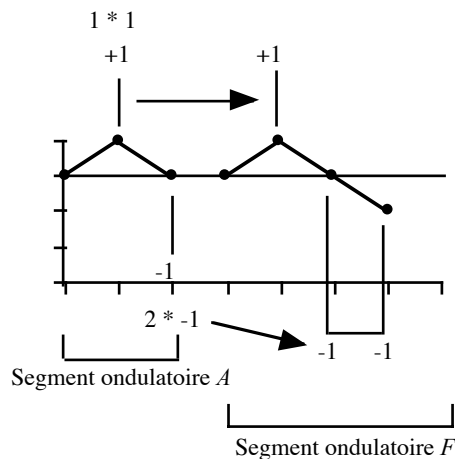
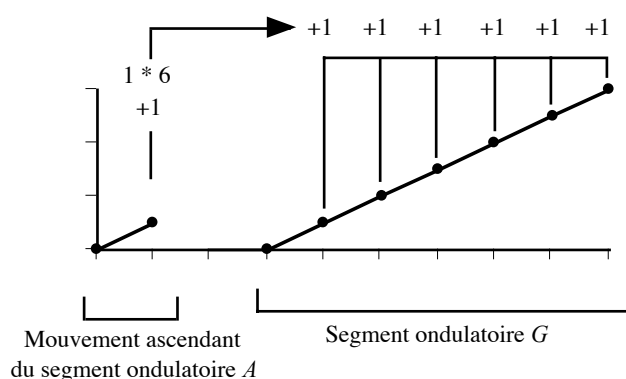


Figure 54 : Représentation graphique de la construction du segment ondulatoire F

3.2.10.2.7. Le mécanisme inductif G

Le mécanisme inductif G est le dernier à intervenir dans la formation des segments ondulatoires de la trajectoire ondulatoire. Il produit le segment ondulatoire G, par la multiplication *par six* du mouvement ascendant du segment ondulatoire A (figure 56 ci-dessous).



Représentation graphique de la construction du segment ondulatoire G

Figure 56







3.2.10.3. Conclusion

Tel que nous l'avons explicité tout au long de notre exposé, la formation et l'accomplissement de différents segments ondulatoires seraient donc liés à des mécanismes inductifs très précis. Cette *dynamique inductive*, comme nous l'avons évoqué précédemment, « ... trouverait son origine dans la démarche créative du compositeur ou bien dans d'autres cas, dans des programmes informatiques ou autres qui contrôlèrent la construction d'une œuvre-son. »

Ce qui nous semble pertinent à souligner ici, est le fait que nous avons pu donner à chaque geste créatif compositionnel, grâce à la notion de mécanisme d'induction, *une correspondance objective précise*.

C'est-à-dire que nous avons pu parcourir chaque nouvelle étape de l'acte créatif compositionnel en le traduisant en des *mécanismes inductifs* devenus *les traces du geste créatif fondamental du compositeur*. Il faut aussi souligner que toute tentative de réduire le processus morphogénétique d'une œuvre-son analysée à des données, voire à des procédures automatiques *est contraire à notre approche analytique*, sauf si l'œuvre en question était effectivement réalisée avec des procédures automatiques.

La notion de prolifération, notion si estimable dans les disciplines morphologiques en général, trouve ici, bien que modestement, son application. En effet, la notion de prolifération (ondulatoire) serait, comme nous l'avons vu, en étroite concomitance avec des processus de répétitions (multiplications) de mouvements ascendants, descendants ou horizontaux selon les cas. Le fonctionnement de la dynamique inductive de la trajectoire ondulatoire du *Prélude* en do mineur de Bach pourrait être schématisé par un tableau que voici :

Mécanismes inductifs	+1		-1		totaux	Segments ondulatoires
	x		x			
B	2	2 (+1 +1)	2	-2 (-1 -1)	(+1 +1 -1 -1)	 B
C	4	4 (+1 +1 +1 +1)			(+1 +1 +1 +1)	 C
D	1	1 (+1)	3	-3 (-1 -1 -1)	(+1 -1 -1 -1)	 D
E	7	7 (+1 +1 +1 +1 +1 +1 +1)	1	-1 (-1)	(-1 +1 +1 +1 +1 +1 +1)	 E
F	1	1 (+1)	2	-2 (-1 -1)	(+1 -1 -1)	 F
G	6	6 (+1 +1 +1 +1 +1 +1)			(+1 +1 +1 +1 +1 +1)	 G

Schématisation des sept mécanismes inductifs du segment ondulatoire A

Figure 56

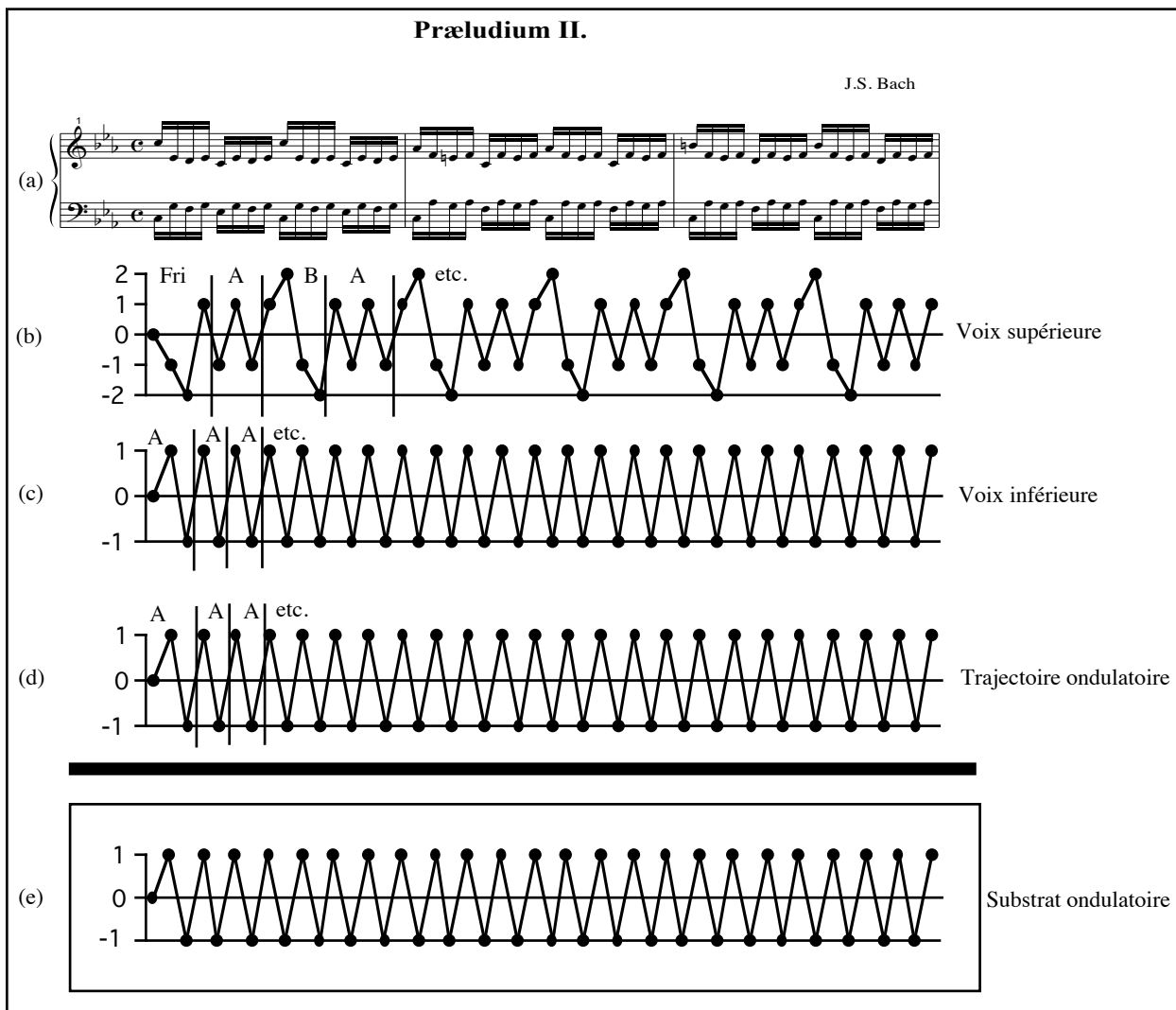
La rangée **Mécanismes inductifs** de la figure 56 précédente spécifie le nom de chaque mécanisme inductif. Ainsi, par exemple, le mécanisme inductif B multiplie par deux ($2 * +1 = 2$) le mouvement ascendant du segment ondulatoire A. Puis, il multiplie par deux ($2 * -1 = -2$) le mouvement descendant du segment ondulatoire A. Cela donne comme résultat (en termes ondulatoires) le segment ondulatoire B (dernière rangée à droite). Ainsi de suite pour les autres mécanismes inductifs (C, D, E, F et G).

La notion de substrat ondulatoire permet une approche, bien que théorique, de l'idée fondamentale d'une l'œuvre-son. La matérialisation des gestes créatifs (mécanismes créatifs) du compositeur, gestes dorénavant visibles à partir des mécanismes inductifs qui donnent naissance aux segments qui forment un substrat ondulatoire donné, devient un outil appréciable pour l'acquisition des informations formelles et même esthétiques – au sens le plus ample du terme – de l'œuvre analysée.

Le substrat ondulatoire devient en quelque sorte la représentation – peut-être la plus proche, ou la plus essentielle possible – du chantier créatif du compositeur. *L'idée fondamentale, dans le cas du prélude que nous avons étudié, pourrait être associée au mouvement de zigzag ou justement d'ondulation périodique dont nous avons parlé précédemment.*

La figure 57 suivante, donne un aperçu de l'information qui synthétise le substrat ondulatoire d'une œuvre-son. Ici, nous avons choisi les trois premières mesures du *Prélude*. Il est intéressant de noter que la voix supérieure (b) commence avec le segment ondulatoire F rétrograde inversé *Fri* (-1 -1 +1) puis, un mouvement descendant du segment A (-1) plus un segment ondulatoire A complet (+1 -1). Après, nous avons un segment ondulatoire B et deux segments A qui vont se répéter périodiquement.

Dans (c), nous observons que la voix inférieure contient seulement des segments A. La trajectoire ondulatoire résultante de la superposition des deux sous-trajectoires ondulatoires qui correspondent aux voix supérieure et inférieure est notée dans (d). Enfin, dans (e), nous avons la représentation du substrat ondulatoire du passage musical.



Représentation du substrat ondulatoire des trois premières mesures du *Prélude* en do mineur de Bach

Figure 57

Il est important de faire l'observation sur le degré de synthèse qui s'opère dans la structure d'un substrat ondulatoire quelconque. En prenant comme exemple les trois premières mesures du prélude ci-dessus, nous observons la richesse sur le plan mélodique de la voix supérieure. Nous pourrions établir quelques motifs de cette première voix :



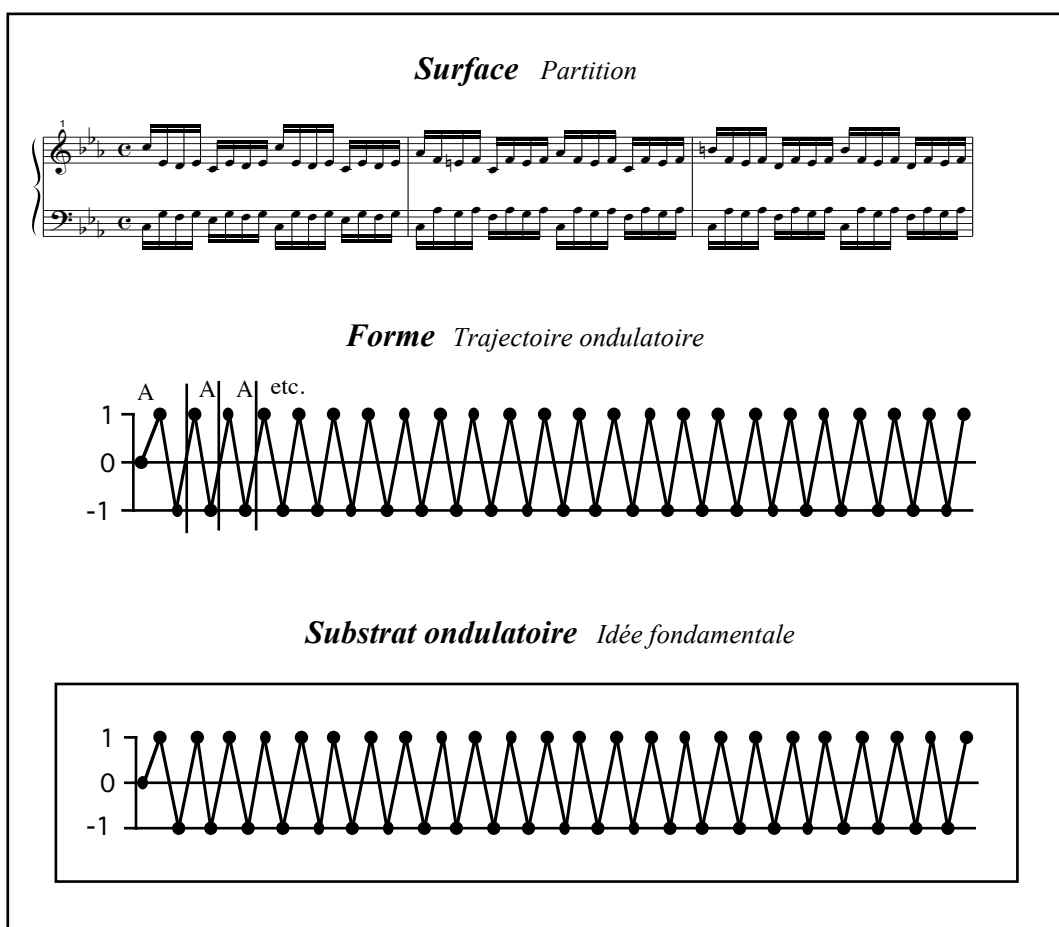
Deux motifs du *Prélude* en do mineur de Bach

Figure 58

En ce qui concerne la voix inférieure, nous observons qu'elle est construite à partir de la dernière partie du premier motif de la voix supérieure, c'est-à-dire sur les quatre dernières notes du motif (segment ondulatoire *A*). Alors si nous observons le substrat ondulatoire (e), nous constaterons que seul le segment ondulatoire *A* reste réellement percevable. *Les motifs 1 et 2 vont se fondre, pour ainsi dire, dans le substrat ondulatoire.*

Là, nous pouvons percevoir l'émergence de la différence radicale qui existe entre matériaux formels, par exemple, les motifs et l'idée fondamentale d'une œuvre.

Les motifs, phrases, périodes, thèmes etc., sont imprégnés des éléments générateurs du processus sonore tandis que *le substrat ondulatoire cristallise et véhicule à un niveau plus subissant, l'idée fondamentale de l'œuvre.* Ces éléments générateurs du processus sonore qui est l'œuvre *se situent justement à la surface.* Cette surface est mise en évidence, dans son aspect graphique, dans la partition musicale (cf. la figure 59 ci-dessous).



Représentation schématique des trois aspects principaux d'une œuvre-son

Figure 59

En résumant, nous pouvons proposer que, sur le plan le plus essentiel, la structure d'une œuvre musicale se divise en trois parties que voici :

- Nous y trouverons, premièrement : À la base, le substrat ondulatoire qui abrite l'idée fondamentale de l'œuvre-son.
- Deuxièmement : Au milieu, la forme (ondulatoire) de l'œuvre représentée par sa trajectoire ondulatoire.
- Troisièmement : Au sommet, la surface où se trouvent tous les éléments générateurs du processus sonore, à savoir : des cellules, des motifs, des durées, des timbres, des phrases, des thèmes, etc., etc.

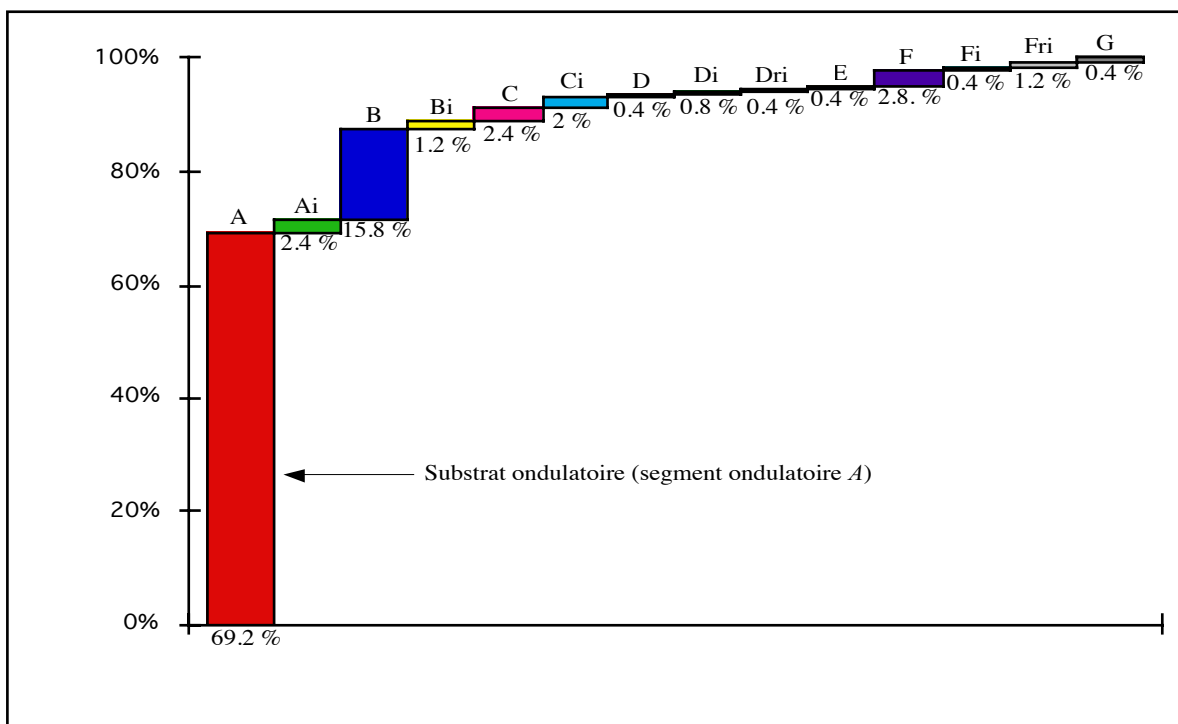
En faisant un rapprochement entre la valeur conceptuelle de la notion de son complexe en acoustique générale et celle de substrat ondulatoire dont nous venons de parler, nous observerons qu'une analogie très intéressante apparaît.

Comme nous le savons, dans le cas d'un son complexe, la fréquence fondamentale (qui est normalement la fréquence plus basse) est celle qui porte *généralement* la fréquence qui va prédominer dans l'ensemble de fréquences, c'est-à-dire en termes musicaux, *la fréquence fondamentale qui donne la note musicale*. Alors, en nous approchant de notre notion de substrat ondulatoire, nous pourrions déduire que *la fréquence fondamentale d'un son complexe équivaudrait à celle d'idée fondamentale propre du substrat ondulatoire*.

Nous avons vu précédemment que l'idée fondamentale émerge ou se cristallise dans un substrat ondulatoire comme conséquence de la prédominance d'un ou de plusieurs segments ondulatoires d'une trajectoire ondulatoire.

Donc, en comparant un *substrat ondulatoire* donné à un *son complexe*, le ou les segments ondulatoires qui forment le substrat ondulatoire, équivalent à la fréquence fondamentale du son complexe.

La figure 60 suivante peut illustrer de façon plus précise notre démarche explicative.



Graphique qui compare les structures d'un substrat ondulatoire et celle d'un son complexe

Figure 60

Dans la figure 60 ci-dessus, le graphique représente le substrat ondulatoire du *Prélude* en do mineur de Bach. Nous pouvons apprécier que, le segment ondulatoire *A*, avec lequel se constitue le substrat ondulatoire, présente un pourcentage de presque 70 %. En imaginant que ce graphique représente la structure spectrale d'un son complexe, la prédominance de segments ondulatoires *A* ; supposant qu'il s'agit de la fréquence fondamentale d'un son complexe, implique que la fréquence fondamentale de ce son complexe aurait une présence très élevée (presque 70 % d'amplitude).

Donc nous voyons que cette comparaison peut servir à mieux comprendre l'enjeu théorique et même philosophique qui porte sur les notions d'idée fondamentale et celle de substrat ondulatoire, et, une fois de plus, leurs respectives correspondances avec une réalité résolument objective comme celle de l'acoustique.

3.2.11. Introduction aux règles d'engendrement de la trajectoire ondulatoire du prélude

3.2.11.1. Organisation de la structure du modèle ondulatoire

Nous réaliserons d'abord une étude de l'agencement de chaque élément du modèle ondulatoire *général*. Dans cette perspective nous extrairons des informations préliminaires qui nous aideront à formuler les règles d'engendrement du processus morphogénétique de la trajectoire ondulatoire du prélude. Nous rappelons que « ... le modèle ondulatoire (général) du prélude comporte une structure agencée en deux parties. La première est configuré par onze *modules ondulatoires* et la deuxième partie est constituée de dix segments ondulatoires. » (cf. (3.2.8.2. : 253)).

3.2.11.1.1. Première partie de la structure du modèle général : Les modules ondulatoires

3.2.11.1.1.1. Le Modo 1

En regardant les figure 61 ci-dessous et 38 de la page 258, celle du modèle ondulatoire (général), nous constatons que le *Modo 1* (module ondulatoire 1) apparaît sous trois modalités différentes.

	Modalité	Segment A	Segment B	Apparition dans le modèle
<i>Modo 1</i>	1	25 fois	1 fois	1 fois
	2	42 fois	1 fois	1 fois
	3	10 fois	1 fois	3 fois
				Total 5 fois

Figure 61 : Représentation des trois modalités d'apparition du Modo 1

La figure 61 ci-dessus montre les trois types de modalités d'apparition du Modo 1. Dans la première modalité, le segment ondulatoire *A* apparaît 25 fois, et le segment *B* 1 fois. Dans cette première modalité, le Modo 1 apparaît une seule fois dans le modèle. Dans sa deuxième modalité, le segment *A* apparaît 42 fois, 1 fois le segment *B*. Dans cette deuxième modalité, le Modo 1 apparaît une seule fois dans le modèle. Enfin, dans sa troisième modalité, le segment *A* apparaît 10 fois et le segment *B* une seule fois. Le Modo 1, dans cette troisième modalité, apparaît trois fois dans le modèle ondulatoire (cf. la figure 62 suivante).

3.2.11.1.1.2. Le Modo 2

Le Modo 2 apparaît dans 5 modalités différentes (figure 38 précédente, page 258).

	Modalité	Segment A	Segment B	Répétition	Apparition dans le modèle
<i>Modo 2</i>	1	2 fois	1 fois	0 fois	2 fois
	2	2 fois	1 fois	9 fois	1 fois
	3	2 fois	1 fois	7 fois	1 fois
	4	2 fois	1 fois	3 fois	1 fois
	5	2 fois	1 fois	2 fois	1 fois
					Total 6 fois

Représentation des cinq modalités d'apparition du Modo 2

Figure 62

Nous voudrions expliquer le fonctionnement des relations que nous avons mis en place dans le tableau de la figure 62 et suivantes. Comme nous avons précisé tout à l'heure, la colonne **Modalité** indique la modalité d'apparition d'un module. Les colonnes **Segments** (*A*, *B*, etc.) indiquent les segments ondulatoires qui forment le module ondulatoire (Modo). La colonne **Répétition** indique le nombre de fois qui se répète (successivement) une combinaison de segments. Par exemple, dans la modalité 2 du Modo 2 ci-dessus, la suite de deux segments *A* et d'un segment *B*, se répète 9 fois, à savoir : (*A A B*), (*A A B*), (*A A B*), (*A A B*), (*A A B*), (*A A B*), (*A A B*), (*A A B*), (*A A B*). Dans la colonne **Apparition dans le modèle**, il est indiqué le nombre de fois dont une modalité apparaisse dans le modèle ondulatoire général.

3.2.11.1.1.3. Le Modo 3

Le Modo 3 apparaît dans 1 seule modalité (figure 38 précédente, page 258).

	Modalité	Segment A	Segment C	Répétition	Apparition dans le modèle
<i>Modo 3</i>	1	1 fois	1 fois	0 fois	3 fois
					Total 3 fois

Représentation de la seule modalité d'apparition du Modo 3

Figure 63

3.2.11.1.1.4. Le Modo 4

Le Modo 4 apparaît dans 1 seule modalité (figure 38 précédente, page 258).

	Modalité	Segment <i>B_i</i>	Segment <i>A_i</i>	Segment <i>C_i</i>	Répétition	Apparition dans le modèle
<i>Modo 4</i>	1	1 fois	1 fois	1 fois	0 fois	3 fois
						Total 3 fois

Représentation de la seule modalité d'apparition du Modo 4

Figure 64

3.2.11.1.1.5. Le Modo 5

Le Modo 5 apparaisse dans 1 seule modalité (figure 38 précédente, page 258).

	Modalité	Segment <i>B</i>	Segment <i>A</i>	Répétition	Apparition dans le modèle
<i>Modo 5</i>	1	1 fois	2 fois	6 fois	1 fois
					Total 1 fois

Représentation de la seule modalité d'apparition du Modo 5

Figure 65

3.2.11.1.1.6. Le Modo 6

Le Modo 6 apparaît dans 1 seule modalité (figure 38 précédente, page 258).

	Modalité	Segment <i>B</i>	Répétition	Apparition dans le modèle
<i>Modo 6</i>	1	3 fois	0 fois	1 fois
				Total 1 fois

Représentation de la seule modalité d'apparition du Modo 6

Figure 66

3.2.11.1.1.7. Le Modo 7

Le Modo 7 apparaît dans 1 seule modalité (figure 38 précédente, page 258).

	Modalité	Segment A	Répétition	Apparition dans le modèle
<i>Modo 7</i>	1	3 fois	3 fois	3 fois
				Total 3 fois

Représentation de la seule modalité d'apparition du Modo 7

Figure 67

3.2.11.1.1.8. Le Modo 8

Le Modo 8 apparaît dans 1 seule modalité (figure 38 précédente, page 258).

	Modalité	Segment A	Segment B	Segment C	Répétition	Apparition dans le modèle
<i>Modo 8</i>	1	1 fois	1 fois	1 fois	0 fois	1 fois
						Total 1 fois

Représentation de la seule modalité d'apparition du Modo 8

Figure 68

3.2.11.1.1.9. Le Modo 9

Le Modo 9 apparaît dans 1 seule modalité (figure 38 précédente, page 258).

	Modalité	Segment Fri	Segment Ai	Répétition	Apparition dans le modèle
<i>Modo 9</i>	1	1 fois	2 fois	0 fois	1 fois
					Total 1 fois

Représentation de la seule modalité d'apparition du Modo 9

Figure 69

3.2.11.1.1.10. Le Modo 10

Le Modo 10 apparaît dans 1 seule modalité (figure 38 précédente, page 258).

	Modalité	Segment F	Segment A_i	Répétition	Apparition dans le modèle
Modo 10	1	2 fois	1 fois	3 fois	3 fois
					Total 3 fois

Représentation de la seule modalité d'apparition du Modo 10

Figure 70

3.2.11.1.1.11. Le Modo 11

Le Modo 11 apparaît dans 1 seule modalité (figure 38 précédente, page 258).

	Modalité	Segment D_i	Segment A_i	Répétition	Apparition dans le modèle
Modo 11	1	2 fois	1 fois	0 fois	1 fois
					Total 1 fois

Représentation de la seule modalité d'apparition du Modo 11

Figure 71

3.2.11.1.2. Deuxième partie de la structure du modèle général : Les segments ondulatoires

La deuxième partie de la structure du modèle ondulatoire général est agencée par des segments ondulatoires qui ne se répètent pas de façon consécutive. C'est la raison pour laquelle ces segments n'ont pas été *mis en module*. La liste des segments ondulatoires (par ordre d'apparition dans le modèle) qui forment cette deuxième section de la structure du modèle ondulatoire général est la suivante :

$D, C, E, C_i, F, F_i, F_{ri}, B, G, D_{ri}$.

	Répétition	Apparition dans le modèle
<i>Segment ondulatoire D</i>	0 fois	1 fois
<i>Segment ondulatoire C</i>	0 fois	2 fois
<i>Segment ondulatoire E</i>	0 fois	1 fois
<i>Segment ondulatoire Ci</i>	0 fois	2 fois
<i>Segment ondulatoire F</i>	0 fois	1 fois
<i>Segment ondulatoire Fi</i>	0 fois	1 fois
<i>Segment ondulatoire Fri</i>	0 fois	2 fois
<i>Segment ondulatoire B</i>	0 fois	1 fois
<i>Segment ondulatoire G</i>	0 fois	1 fois
<i>Segment ondulatoire Dri</i>	0 fois	1 fois

Représentation de la relation d'apparition dans le modèle ondulatoire général des segments

D, C, E, Ci, F, Fi, Fri, B, G, Dri.

Figure 72

La figure 72 ci-dessus donne une idée précise de l'utilisation de chaque segment dans le modèle ondulatoire général. Une fois terminée l'identification des modules et des segments ondulatoires de la structure du modèle ondulatoire, la procédure d'énonciation des règles d'engendrement du processus morphogénétique de la trajectoire ondulatoire du prélude est effectivement possible.

3.2.11.1.2.1. Représentation des règles d'interaction des éléments de la trajectoire ondulatoire du prélude

En regardant le modèle ondulatoire général de la figure 38 précédente, page 258. nous pouvons constater déjà et de façon plus au moins rapide certains des propriétés intrinsèques de la morphologie de la trajectoire ondulatoire du prélude. Grâce à la *compression* des données contenues dans les modules ondulatoires du modèle, la *trace* du processus morphogénétique de la structure ondulatoire du prélude de Bach est parfaitement visible.

C'est ainsi que plusieurs formes de répétitions, de périodicités et de brisements de symétries dans la structure de la trajectoire ondulatoire se cristallisent de façon évidente dans le modèle ondulatoire général.

Nous allons d'abord présenter une matrice dans laquelle nous énoncerons de façon schématique les règles d'interaction des différents éléments du modèle ondulatoire général. Pour ce faire, nous représenterons chaque forme de modalité d'apparition d'un module ondulatoire de la manière suivante :

Pour les modules qui comportent plus d'une modalité d'apparition, nous placerons un chiffre entre parenthèses qui dénotera la modalité d'apparition :

Par exemple, M1 (2), veut dire :

Module ondulatoire (Modo) 1 (modalité d'apparition 2).

Pour les modules ondulatoires avec une seule modalité d'apparition, ils seront notés simplement comme cela : M7, qui veut dire Module ondulatoire (Modo) 7 dans son unique forme d'apparition.

Pour les segments ondulatoires ils seront notés simplement avec des lettres. Par exemple, *Ari*, veut dire, segment ondulatoire *A* rétrograde inversé.

La figure 73 suivante est la matrice qui représente de *façon schématique* les règles d'interaction des différents éléments du modèle ondulatoire du prélude de Bach qui nous occupe. En lissant la matrice de la figure 73 tout en commençant par la colonne **Précède** (à gauche de la matrice), nous obtiendrons la liste des modules ou des segments ondulatoires qui se précèdent entre eux. Par exemple, le module ondulatoire 1 (M1 (1)), dans sa première modalité d'apparition précède une fois le module ondulatoire 2 (M2 (1)) dans sa première modalité d'apparition. De la même manière, en lissant la matrice en commençant par la rangée **Succède** (en haut de la matrice), nous obtiendrons la liste des modules ou des segments ondulatoires qui se succèdent entre eux. Par exemple, le module ondulatoire 1 (M1 (3)), dans sa troisième modalité d'apparition succède une fois les modules ondulatoires (M2 (1)), (M2 (2)) et (M2 (3)) respectivement. Grâce à cette matrice, nous pouvons observer, d'une manière totalement aléatoire, les règles d'interaction de ces éléments : En effet, nous pouvons faire une lecture en partant de n'importe quel endroit du tableau.

Succède

*		M1 (1)	M1 (2)	M1 (3)	M2 (1)	M2 (2)	M2 (3)	M2 (4)	M2 (5)	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	B	C	Ci	D	Dri	E	F	Fi	Fri	G		
P	M1 (1)				1																									
	M1 (2)					1																								
	M1 (3)				1		1	1																						
	M2 (1)		1	1																										
	M2 (2)			1																										
	M2 (3)			1																										
	M2 (4)										1																			
	M2 (5)																						1							
	M3											3																		
	M4									1	2																			
	r	M5												1																
M6															1															
M7																					1									
M8																	1													
M9																						1								
M10																												1		
M11																								1						
B																												1		
C																									1		1			
Ci																		1								1				
c		D											1																	
	è	Dri																												
		E																					1							
		F																				1								
		Fi																										1		
		Fri														1					1									
		d	G																	1										
e																														

Matrice des règles d'interaction des éléments du modèle ondulatoire général du prélude en *do* mineur de Bach

Figure 73

Dans la matrice de la figure 73, toujours dans la page précédente, nous avons démarqué avec une couche grise la colonne *MI (I)* et la rangée qui correspond au segment *Dri* pour indiquer que ces deux éléments ne peuvent ni précéder ni succéder un élément quelconque (selon le cas).

C'est ainsi que nous pouvons déduire que le module ondulatoire 1 dans sa première modalité d'apparition (*M1 (1)*) (*) est le premier élément de la trajectoire ondulatoire, ainsi que le segment ondulatoire *Dri* (*) est le dernier élément de la trajectoire ondulatoire du prélude. Le modo 1 (*M I (I)*) ne peut succéder aucun élément, et de la même manière, le segment ondulatoire *Dri* ne peut précéder aucun élément.

3.2.11.1.2.2. Les règles d'engendrement des éléments du modèle ondulatoire général

Il est évident que la matrice de la figure 73 précédente peut donner un aperçu assez exact des interactions entre les éléments constitutifs de la trajectoire ondulatoire du prélude. C'est à partir de l'observation minutieuse de la matrice de cette figure 73 précédente que nous pouvons énoncer les règles d'engendrement des éléments de la trajectoire ondulatoire du prélude contenus dans le modèle ondulatoire général.

Il est intéressant de faire noter que l'énonciation des règles d'engendrement d'une structure musicale quelconque peut se faire de façon *générale* ou de façon *locale*.

- Dans le premier cas, dans la forme d'énonciation *générale*, il suffirait d'identifier les éléments qui précèdent d'autres éléments, mais sans nommer les éléments qu'ils précèdent. Cette opération peut se faire de la même manière mais avec les éléments qui succèdent aux autres éléments.

- Dans le deuxième cas, dans la forme d'énonciation *locale*, nous identifierions les éléments qui précèdent d'autres éléments, mais en nommant aussi les éléments qu'ils précèdent. Cette opération peut se faire de la même manière mais avec les éléments qui succèdent aux autres éléments.

Alors il est évident que, dans l'énonciation générale des règles, l'on pourrait songer à la *création de différentes variantes* de la trajectoire ondulatoire du prélude puisque seuls certains éléments sont nommés. Dans le cas de l'énonciation locale des règles, l'on ne peut que se référer à la morphogénèse de la structure en question puisque tous les éléments sont nommés.

Nous allons donc, donner deux listes de règles, la première, nous la dénommerons la liste de *règles générales d'engendrement* et la deuxième, nous la dénommerons la liste de *règles locales d'engendrement*.

Pour mieux comprendre la démarche énonciatrice des règles d'engendrement, nous proposons de se référer à la figure 38 ou bien à la figure 73 précédentes, si besoin est.

Voici le tableau qui symbolise la liste des règles générales d'engendrement :

Éléments	Occurrence	Précède	
		Module ondulatoire	Segment ondulatoire
M1 (1)	1	*	
M1 (2)	1	*	
M1 (3)	3	*	
M2 (1)	2	*	
M2 (2)	1	*	
M2 (3)	1	*	
M2 (4)	1	*	
M2 (5)	1		*
M3	3	*	
M4	3	*	
M5	1	*	
M6	1	*	
M7	1		*
M8	1	*	
M9	1		*
M10	1		*
M11	1		*
B	1		*
C	2		*
Ci	2		*
D	1	*	
Dri	(1)		
E	1		*
F	1		*
Fi	1		*
Fri	2		*
G	1	*	
Total	37 éléments		

Figure 74 : Tableau qui schématise la liste des règles générales d'engendrement

La figure 74 précédente représente toutes les règles générales d'engendrement de la trajectoire ondulatoire du prélude sous forme schématique. La lecture de la figure 74 permet de comprendre d'abord, l'indice d'occurrence de chaque élément du modèle ondulatoire du prélude : La colonne **Occurrence** détermine, avec un chiffre, le nombre de fois dont chaque élément apparaît dans le modèle ondulatoire général. Nous pouvons déceler par exemple que M2 (1) apparaît 2 fois.

Ensuite, la colonne **Précède**, indique si un élément quelconque précède un module ondulatoire ou un segment ondulatoire. Nous avons marqué le segment ondulatoire *Dri* avec le chiffre 1 (entre parenthèses) pour bien expliciter que ce segment est le dernier élément de la liste, donc il ne peut pas précéder aucun élément.

La lecture du tableau de la figure 74 précédente explicite les règles générales d'engendrement sous forme schématique. Nous allons transcrire ci-dessous et à manière d'exemple le résultat de quelques-unes de ces lignes.

Éléments	Occurrence	Précède	
		Module ondulatoire	Segment ondulatoire
M1 (1)	1	*	

M1 (1), apparaît une seule fois, il précède un module ondulatoire.

Éléments	Occurrence	Précède	
		Module ondulatoire	Segment ondulatoire
M1 (1)	1	*	
M1 (2)	1	*	

M1 (2), apparaît une seule fois, il précède un module ondulatoire.

Éléments	Occurrence	Précède	
		Module ondulatoire	Segment ondulatoire
M1 (1)	1	*	
M1 (2)	1	*	
M1 (3)	3	*	

M1 (3), apparaît trois fois, il précède donc trois fois des modules ondulatoires.

La figure 75 ci-dessous, offre un aperçu complet de toutes les règles locales d'engendrement. Nous pouvons observer la différence qui existe entre le tableau qui symbolise les règles générales (figure 74 précédente) et celui de règles locales. En effet la densité au niveau des informations qui s'observe dans le second tableau est éloquent. À juste titre, le second tableau (figure 75 ci-dessous), présente toutes les règles locales d'engendrement mais aussi, la séquence du processus, c'est-à-dire, l'ordre d'apparition de chaque élément du modèle, donc, une forme de tracé du processus morphogénétique de la trajectoire ondulatoire du prélude de Bach, évidemment, sous forme schématique.

Éléments	Occurrence	Précède	Succède	Ordre	
M1 (1)	1	M2 (1)		1	M1 (1)
M1 (2)	1	M2 (2)	M2 (1)	3	M1 (2)
M1 (3)	3	M2 (3), M2 (1), M2 (4)	M2 (2), M2 (3), M2 (1)	5, 7, 9	M1 (3)
M2 (1)	2	M1 (2), M1 (3)	M1 (1), M1 (3)	2, 8	M2 (1)
M2 (2)	1	M1 (3)	M1 (2)	4	M2 (2)
M2 (3)	1	M1 (3)	M1 (3)	6	M2 (3)
M2 (4)	1	M3	M1 (3)	10	M2 (4)
M2 (5)	1	D	M4	17	M2 (5)
M3	3	3 fois M4	M2 (4), 2 fois M4	11, 13, 15	M3
M4	3	2 fois M3, 1 fois M2 (5)	M3	12, 14, 16	M4
M5	1	M6	D	19	M5
M6	1	M7	M5	20	M6
M7	1	C	M6	21	M7
M8	1	M9	Fri	31	M8
M9	1	Ci	M8	32	M9
M10	1	G	Ci	34	M10
M11	1	Dri	G	36	M11
B	1	Fri	Fri	29	B
C	2	E, Fi	M7, F	22, 26	C
Ci	2	F, M10	E, M9	24, 33	Ci
D	1	M5	M2 (5)	18	D
Dri	1		M11	37	Dri
E	1	Ci	C	23	E
F	1	C	Ci	25	F
Fi	1	Fri	C	27	Fi
Fri	2	B, M8	Fi, B	28, 30	Fri
G	1	M11	M10	35	G
Total	37 éléments				

Figure 75 : Tableau qui schématise la liste des règles locales d'engendrement

La lecture de la figure 75 ci-dessus permet de comprendre d'abord, l'indice d'occurrence de chaque élément du modèle ondulatoire du prélude : La colonne **Occurrence** détermine, avec un chiffre, le nombre de fois dont chaque élément apparaît dans le modèle ondulatoire général.

Ensuite, la colonne **Précède**, indique le ou les éléments auxquels un élément de la colonne **Éléments** est le prédécesseur. Ensuite, la colonne **Succède** indique le ou les éléments auxquels un élément de la colonne **Éléments** est le successeur. Enfin, la colonne **Ordre** désigne l'ordre d'apparition de chaque élément dans la structure du modèle du prélude. La colonne ordre symbolise aussi les résultats des opérations de chaque étape de l'algorithme qui peut créer la trajectoire ondulatoire du prélude.

Tout comme dans la figure 74 précédente, la lecture du tableau de la figure 75 précédente explicite les règles *locales* d'engendrement sous forme schématique. Nous allons transcrire ci-dessous et à manière d'exemple le résultat de la lecture de quelques-unes de ces lignes.

Éléments	Occurrence	Précède	Succède	Ordre
M1 (1)	1	M2 (1)		1 M1 (1)

Figure 76 : Les premières trois règles des *règles locales d'engendrement*

(1) M1 (1) apparaît une seule fois (colonne **Occurrence** ci-dessus).

(2) Le premier élément de la liste des règles locales d'engendrement est M1 (1), (figure 78 ci-dessus, colonne **Ordre**).

(3) M1 (1) précède M2 (1), (figure 76 ci-dessus, colonne **Précède**).

Éléments	Occurrence	Précède	Succède	Ordre
M1 (1)	1	M2 (1)		1 M1 (1)
M1 (2)	1	M2 (2)	M2 (1)	3 M1 (2)

Figure 77 : Les règles 4, 5 et 6 des *règles locales d'engendrement*

(4) M1 (2) apparaît une seule fois (figure 77 ci-dessus, colonne **Occurrence**).

(5) M1 (2) précède M2 (2) et succède à M2 (1).

(6) M1 (2) est le troisième élément du modèle ondulatoire du prélude, (figure 77 ci-dessus, colonne **Ordre**)... etc.

3.2.12. Conclusion

La représentation de la trajectoire ondulatoire et du modèle ondulatoire (blanc, restreint et général) d'une œuvre-son rappelle, dans une certaine mesure, ce que René Thom dénomine un *système dynamique* [Tom, 1994 : 185-186]. Au sein de la démarche analytique ondulatoire, l'œuvre musicale (œuvre-son), pour qu'elle soit analysable, nous pensons qu'il faut représenter justement ce qu'elle est en tant que système dynamique. Nous avons montré que l'œuvre-son, étant exécutée, en tant qu'objet dynamique, se met en évidence dans le processus ondulatoire acoustique et musical (cf. (1.2.4.4. : 53)) qu'elle déclenche.

La symbolisation du processus ondulatoire musical, à travers la trajectoire ondulatoire ou à travers les différentes formes des modèles ondulatoires, cristallise de forme adéquate l'évidence phénoménologique de ce système dynamique.

En ce sens, le paradigme ondulatoire permet justement l'éclaircissement d'un nombre considérable de dimensions dynamiques de l'œuvre analysée. L'accomplissement de la segmentation ondulatoire analytique, celle-ci étant le noyau de tout le processus analytique musical, permet d'accéder et de dévoiler un certain nombre d'actions ou processus morphologiques de premier ordre (morphogénèse) procurant ainsi une approche résolument objective de l'objet analysé.

Le travail d'énonciation des règles d'interaction et d'engendrement d'une structure ondulatoire quelconque suppose premièrement, l'achèvement d'une analyse *profonde* de la structure étudiée et deuxièmement, la *compréhension* ou l'*appréhension* de l'objet étudié. L'analyse par étapes de ce prélude de Bach (segmentation ondulatoire naturelle, segmentation ondulatoire analytique et le modèle ondulatoire) aura permis justement d'arriver à l'énonciation des règles d'engendrement de sa trajectoire ondulatoire.

Or, la schématisation et l'énonciation des règles d'interaction et et d'engendrement des éléments du modèle ondulatoire sont des étapes capitales de l'analyse. Si bien, pour certains, ces étapes pourraient paraître un peu accessoires ou superflues, elles émergent en réalité, comme l'accomplissement d'une partie très significative de l'étude morphologique de l'œuvre. Dans ce sens, nous sommes totalement d'accord avec Thom quand il suggère que, « Lorsque vous analysez morphogénétiquement, en principe, vous vous donnez comme but de *décrire* la forme pour être capable de la *reconstituer* ... » [Thom, 1994 : 181], (c'est nous qui soulignons), (cf. [Thom, 1983 : 6 et 11]).

La *description* de la forme de l'œuvre-son se manifeste, d'abord, dans sa trajectoire ondulatoire, et ensuite à travers son modèle ondulatoire. La trajectoire ondulatoire, nous le rappelons, est « ...une sorte de modèle abstrait de la cinétique globale du processus ondulatoire *musical* d'une œuvre. » donc du système dynamique. (cf. (2.3.2. : 128)). Les modèles (blanc, restreint et général) synthétisent la forme de l'œuvre-son (la trajectoire ondulatoire) permettant, à travers les modules ondulatoires, une description compacte qui facilite l'élucidation des ses règles d'interaction et d'engendrement.

La *reconstruction* de la forme de l'œuvre-son est prête à être formulée avec la schématisation et l'énonciation des règles d'interaction et et d'engendrement des éléments du modèle ondulatoire.

Finalement, le paradigme ondulatoire – point de départ et fondement conceptuel du système musical ondulatoire – émerge encore une fois, permettant ainsi la description, la reconstitution, et, comme nous le verrons plus tard dans l'énonciation du modèle algorithmique : la simulation du processus morphogénétique de la forme analysée donc de l'œuvre elle-même.

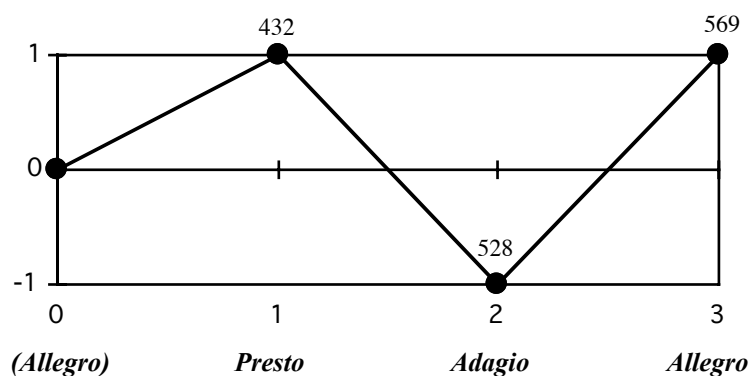
3.2.13. Les différentes structures du modèle algorithmique du prélude

3.2.13.1. La structure temporelle

La structure temporelle du prélude de Bach, présente, en tant qu'objet abstrait, une disposition divisée en plusieurs niveaux. Nous allons l'élucider en commençant par l'étude des éléments constitutifs les moins complexes.

La première structure que nous allons analyser est donc celle de la *célérité du temps musical*. Le prélude de Bach comporte une structure temporelle globale assez équilibrée. En effet, ce morceau présente une organisation en 4 parties que voici :

- La première, s'étale de la mesure 1 à la 27. Cette section ne contient pas d'indication de temps, mais elle est toujours interprétée comme *Allegro*.
- La deuxième partie de la structure temporelle du prélude qui va de la mesure 28 jusqu'à la 33 est un *Presto*.
- La troisième partie (seulement la mesure 34) est un *Adagio*.
- La quatrième partie (et dernière) de cette structure temporelle est un *Allegro* (mesures 35 à 38).



Graphe de la structure du temps musical du prélude

Figure 78

La figure 78 précédente symbolise en forme de courbe la structure du temps musical du prélude. La première donnée (0) (abscisse 0), concerne l'origine de la courbe, c'est-à-dire le premier *Allegro* du prélude. La donnée (1) (abscisse 1) représente le *Presto*. Cette partie de la structure du temps musical du prélude commence dans la donnée numéro 432 (note sol2 du piano) (cf. la figure 26f précédente). La section suivante, donnée numéro 2 de la figure 44 ci-dessus, correspond à la section *Adagio* du prélude (cf. les données ondulatoires 528 (note do3) à 568 de la figure 26h précédente). Enfin nous avons la donnée numéro 3 (abscisse 3) qui symbolise l'*Allegro* du prélude (cf. les données ondulatoires 569 (note si3) à 629 de la figure 26i précédente). Nous rappelons que les chiffres 432, 528 et 569 placés au-dessus des points de la courbe de la figure 78 précédente, spécifient les données ondulatoires qui correspondent à la trajectoire ondulatoire du prélude où commence chaque changement du temps.

Nous pouvons déceler que cette structure temporelle est organisée à partir du segment ondulatoire *A*. Plus encore, la forme de la courbe de cette structure temporelle est similaire au *substrat ondulatoire* que nous avons étudié précédemment.

Ce qui nous semble intéressant à souligner ici, est la coïncidence dans laquelle, justement, l'une des structures de base de ce morceau présente une construction semblable au segment ondulatoire *A*.

La première partie de cette structure du temps du prélude, partie normalement jouée *Allegro* est l'origine de cette structure, donc (*O*), donnée 0.

La deuxième section, *Presto*, est, comme nous le savons, plus vite que la section précédente, c'est pour cela qu'elle est représentée dans la courbe par le chiffre (+1), donnée 1, qu'implique un mouvement ascendant dans la courbe.


La troisième section, *Adagio*, est symbolisée par le chiffre (-1), donnée 2, donc un temps musical moins vite que le précédent.


Enfin, la quatrième partie de la structure temporelle du prélude a une valeur de (+1), donné 3, dans la représentation ondulatoire de cette structure, car cette partie du temps du prélude est plus rapide que la précédente.

3.2.14. La structure de durées du prélude de Bach

La structure de durées du prélude, comporte une organisation assez périodique. Cela peut s'expliquer par l'utilisation de l'ostinato par groupe de 4 double-croches qui domine dans presque tout le prélude.

Tel que nous l'avons exprimé préalablement, « ... la structure de durées du prélude, comporte une organisation assez périodique. Cela peut s'expliquer par l'utilisation de l'ostinato par groupe de 4 double-croches qui domine dans presque toute l'œuvre. »

Nous allons constater une chose curieuse dans la structure de durées du prélude, c'est que cette structure consiste, presque dans sa totalité, en une suite de durées très périodique. Cela se traduit par la répétition de cet ostinato de double-croches ().






Là, nous avons un exemple très évident de l'utilisation de ce que l'on nomme en musique la *figure*. Comme nous le savons tous, cette figure, (), est d'ailleurs, l'une des plus utilisées par Bach dans ses œuvres.

Alors, dans la structure de durées, nous allons voir que cette périodicité se traduira, dans la courbe qui représente cette structure, par la répétition d'un segment ondulatoire conformé de zéros.

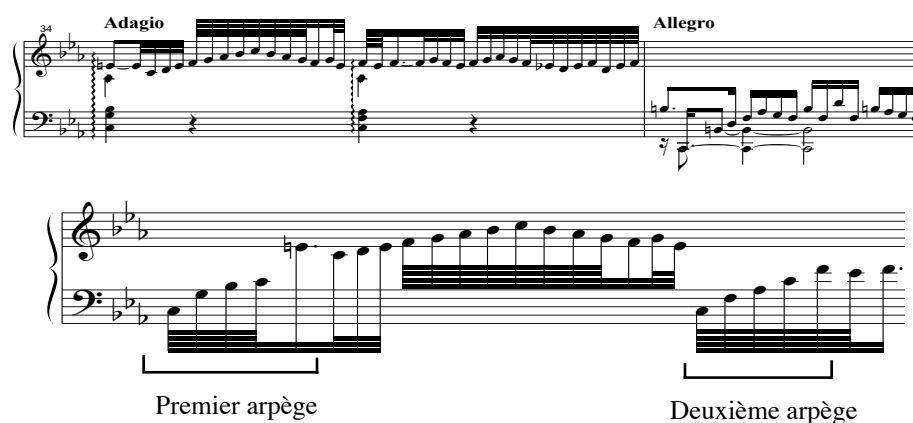
Or, si dans la trajectoire ondulatoire, il n'y a pas de répétition consécutive d'un son, ici, dans la structure de durées, la répétition consécutive de durées égales est employé systématiquement. Donc, nous avons là une manifestation de ce que l'on pourrait appeler un *équilibre*, très réussi, entre la forme de la trajectoire ondulatoire, où il n'y a pas des mouvements horizontaux, et celle qui se dévoilera dans la structure de durées, c'est-à-dire, une courbe formée, presque dans sa totalité par des mouvements horizontaux.

3.2.14.1. Les éléments de la structure de durées du prélude de Bach

La structure de durées du prélude est articulée par cinq types de durées différentes, à savoir :

- 1. La quadruple-croche 
- 2. La triple-croche 
- 3. La double-croche 
- 4. La double-croche pointée 
- 5. La noire 

Si bien, que dans la partition du prélude d'autres durées comme par exemple les croches, les blanches et les rondes, sont présentes, cependant, la structure temporelle du prélude est articulée que par des quadruple-croches, des triple-croches, des double-croches et une noire (à la fin de l'œuvre) – nous constaterons cela plus tard. Nous voudrions indiquer aussi que nous avons choisi d'interpréter les arpèges de la mesure 34 avec des figures de quadruple-croches (cf. la figure 79 ci-dessous). Car, comme nous le savons, dans la partition,



The image displays two musical staves for the 34th measure of the Prelude in C minor by J.S. Bach. The top staff shows the original notation, starting with a treble clef and a key signature of two flats (B-flat and E-flat). The tempo marking 'Adagio' is above the first part, and 'Allegro' is above the second part. The bottom staff shows two interpretations of the arpeggios. The first interpretation, labeled 'Premier arpège', uses a bracket to indicate a duration of four quarter notes. The second interpretation, labeled 'Deuxième arpège', uses a bracket to indicate a duration of two quarter notes.

Interprétation des arpèges du prélude en do mineur de Bach

Figure 79

la notation de ces arpèges ne donne pas les valeurs réelles de chaque note à l'intérieur de chaque arpège.

3.2.14.2. La durée de base de la structure de durées

La durée de base du prélude est la quadruple-croche. Nous rappelons que la notion de durée de base a été expliquée dans le paragraphe 2.17. : 176. **Toutes les valeurs de durées de la structure de durées du prélude seront donc exprimées par nombre de quadruple-croches.** Par exemple, une quadruple-croche sera représentée par le chiffre 1, une triple-croche par le chiffre 2, une double-croche par le chiffre 4, etc.

((4 4 4 4) (4 4 4 4) (4 4 4 4) (4 4 4 4))

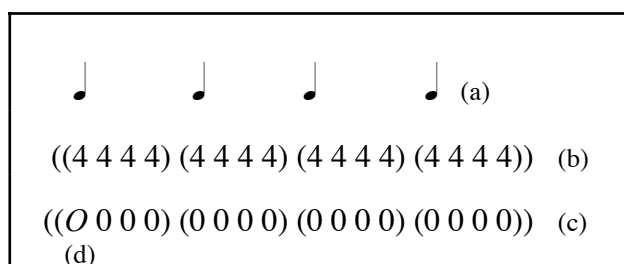
Représentation en durée de base des moments de la structure de durées de la première mesure du prélude

Figure 80

3.2.14.3. La courbe de la structure de durées

Le continuum sonore du prélude est presque dans sa totalité articulée par les double-croches. Comme nous l'avons indiqué auparavant, la structure de durées comporte donc une articulation temporelle très périodique.

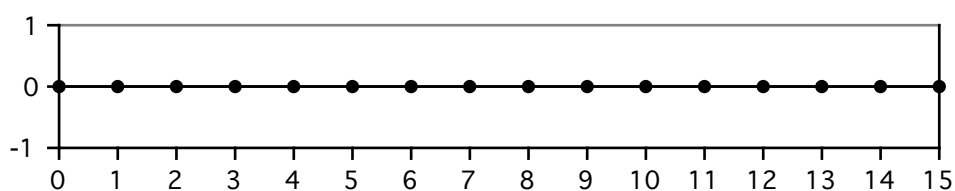
Une première symbolisation de la première mesure de cette structure nous donne un aperçu de presque la totalité de la trame de durées de l'œuvre. Seules les mesures 34 et 38 du prélude comportent des valeurs de durées autres que la double-croche.



Structure de durées de la première mesure du prélude

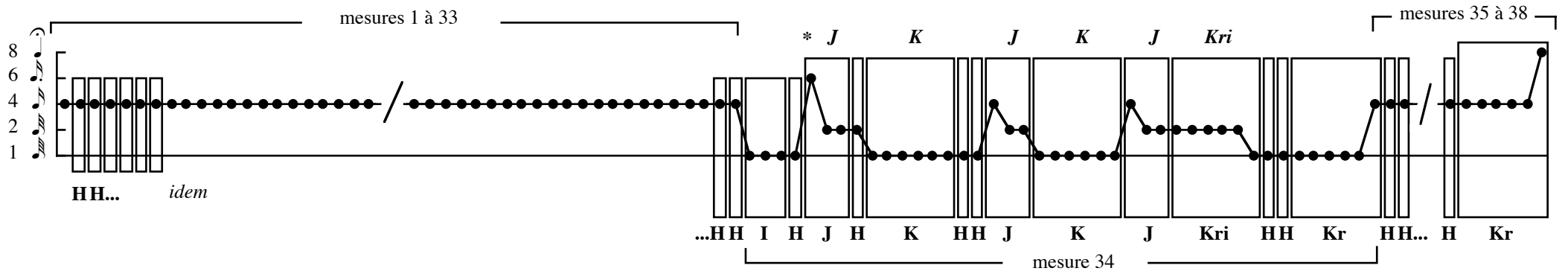
Figure 81

La figure 81 ci-dessus (précédente) nous montre la structure de la première mesure du prélude. Nous avons d'abord la mesure représentée en valeurs de noirs (a). Ensuite, les valeurs, en durée de base (quadruple-croches), de *chaque moment* de la structure (b), et enfin, la structure de durées elle-même (représenté en données ondulatoires) de la mesure (c). Nous rappelons que la première donnée de la structure de durées de cette première mesure est *O*, lettre "O" qui symbolise l'Origine de la structure (d). Le reste de la liste, les zéros, représente les mouvements horizontaux de la courbe (répétition de valeurs de durées égales).



La courbe de la structure de durées de la première mesure du prélude

Figure 82



La segmentation de la structure (abrégé) de durées du *Praeludium II.* en do mineur du Clavecin bien tempéré de J.S. Bach avec des valeurs de durées locales

Figure 90

La figure 90 montre un premier aperçu global de la segmentation du continuum de durées du prélude. Nous pouvons apercevoir que le segment *H* est celui qui domine cette structure du début jusqu'à la fin. Dans les autres segments ondulatoires, nous pouvons déceler que ce segment *H* est présent aussi, comme étant un sous-segment des autres segments dont il fait partie (*I*, *J* et *K*).

Les segments ondulatoires *I* et *J* apparaissent seulement dans ses formes originales. Seul le segment *K* apparaît dans sa forme originale, rétrograde et rétrograde inversée. La forme de cette structure est d'une simplicité éloquent car, comme nous pouvons le constater en regardant sa représentation graphique en forme de courbe, elle est très stable sauf dans la partie Adagio (mesure 34) où l'ostinato de double-croches est brisé de façon provisoire pour retourner à nouveau dans la mesure 35 jusqu'à la fin du prélude.

Nous pensons que la disposition des segments ondulatoires de la structure de durées ne révèle pas un agencement riche comme celui de la trajectoire ondulatoire. Peut-être cela est dû au fait que cette structure de durées consiste basiquement en cette forme d'ostinato dont nous avons parlé amplement. Nous avons trouvé une disposition plus au moins périodique entre les segments *J K* et *Kri* (cf. la partie supérieure du graphe, à partir de l'astérisque). Nous pouvons observer qu'il y a une sorte de séquence binaire qui se répète trois fois avec ces segments à savoir : *J K*, *J K*, *J Kri*.

La figure 83a ci-dessus (page précédente) représente la structure de durées dans sa forme globale, c'est-à-dire que le graphe montre simplement si une durée est par exemple plus longue que la précédente (un mouvement ascendant +1 ou +2 selon le cas), ou bien, plus courte (un mouvement descendant -1 ou -2 selon le cas). Ainsi, par exemple, dans les mesures 1 à 33, les valeurs de durées sont les mêmes (mouvement horizontal) c'est-à-dire des doubles-croches. Dans la mesure 34, nous avons un exemple où la courbe représente des changements dans la structure. Confronter avec la partition (page 193 précédente).

Les *petites lignes diagonales* (f) qui coupent la courbe sont placées dans le graphe pour indiquer la réduction de la longueur totale de la courbe sur ces endroits-là. La lettre (a) implique qu'un changement de durée s'est opéré. Nous avons un mouvement descendant suivi de trois mouvements horizontaux. Ensuite nous avons dans la courbe, avec la lettre (b), la représentation d'un mouvement ascendant qui symbolise un autre changement de durée. Le mouvement ascendant représenté ici est le *mi4* – avec comme durée une double-croche pointée – de la fin du premier arpège.

Après, nous avons marqué avec la lettre (c) les trois triple-croches qui suivent dans la structure. La lettre (d) symbolise des valeurs de durées encore plus petites, il s'agit d'un groupe de 8 quadruple-croches, donc un mouvement descendant et sept mouvements horizontaux dans la courbe. Si nous comparons le point (b) et le point (e) de la structure de durées, nous constaterons que, nous les avons représentées avec la même valeur (+1) tout en sachant que la valeur de durée du point (b) est d'une double-croche pointée et que la valeur de durée du point (e) est d'une double-croche simple. Cela est logique parce que la courbe de la figure 49 représente des valeurs globales. Les figures 83b et 83c suivantes montrent la courbe de la structure de durées avec des valeurs locales.

La figure 83b ci-dessus (page précédente) symbolise la structure de durées avec des valeurs réelles (locales). Nous avons placé, avec des signes musicaux de durées, par ordre croissant, les valeurs de durées de l'axe d'ordonnées. Dans la figure 83c ci-dessus (page précédente) les valeurs de durées sont exprimées, dans l'axe d'ordonnées, par des symboles musicaux et avec leurs respectives valeurs en nombre de quadruple-croches. Nous rappelons que la quadruple-croche (1) est la durée de base du prélude.

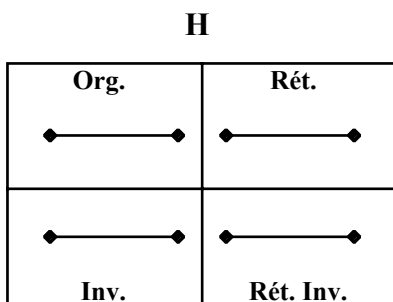
3.2.14.4. Segmentation ondulatoire analytique de la structure de durées du prélude

Nous avons trouvé dans la structure de durées du prélude, 4 nouveaux segments ondulatoires. Cela veut dire que les segments ondulatoires localisés dans la trajectoire ondulatoire du prélude ne se prêtent pas pour analyser cette structure de durées.

C'est un exemple qui montre que parfois une structure quelconque d'une œuvre peut parfaitement avoir une configuration tellement différente que son analyse ne peut être faite qu'à partir d'autres segments ondulatoires qui ne seraient pas présents dans la trajectoire ondulatoire. C'est donc le cas de la structure de durées du prélude de Bach où il nous a fallu appliquer une nouvelle segmentation ondulatoire analytique, cette fois-ci, à la structure de durées, pour obtenir des nouveaux segments ondulatoires qui faciliteront l'analyse de cette structure. La nouvelle liste de segments ondulatoires comporte, d'une part, les 7 segments (*A, B, C, D, E, F, G*) que nous avons recueillis dans la trajectoire ondulatoire et d'autre part, les nouveaux segments (*H, I, J, K*) que nous avons localisés dans la structure de durées du prélude.

3.2.14.4.1. Les segments ondulatoires de la structure de durées

3.2.14.4.1.1. Le segment ondulatoire H

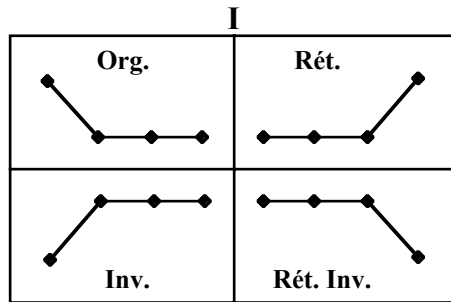


Le segment ondulatoire H

Figure 84

Ce segment est formé par un mouvement horizontal. Il est évident que les trois formes de rotations de ce segment *H* sont similaires à sa forme originale (figure 84 ci-dessus).

3.2.14.4.1.2. Le segment ondulatoire I

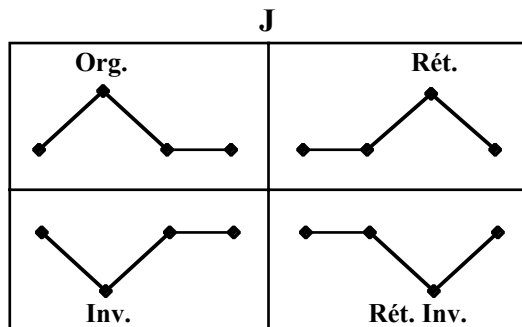


Le segment ondulatoire I

Figure 85

Le segment *I* est formé par un mouvement descendant et deux mouvements horizontaux. Ce segment ondulatoire supporte les trois formes de rotations.

3.2.14.4.1.3. Le segment ondulatoire J

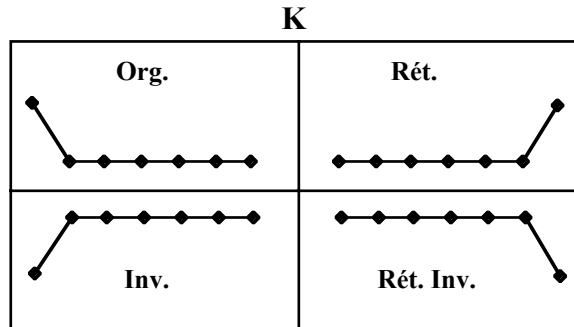


Le segment ondulatoire J

Figure 86

Le segment *J* est formé par un mouvement ascendant, un mouvement descendant et un mouvement horizontal. Ce segment ondulatoire supporte les trois formes de rotations.

3.2.14.4.1.4. Le segment ondulatoire K



Le segment ondulatoire K

Figure 87

Le segment *K* comporte un mouvement descendant, et cinq mouvements horizontaux. Ce segment ondulatoire supporte les trois formes de rotations.

3.2.14.5. Analyse de la structure de durées du prélude

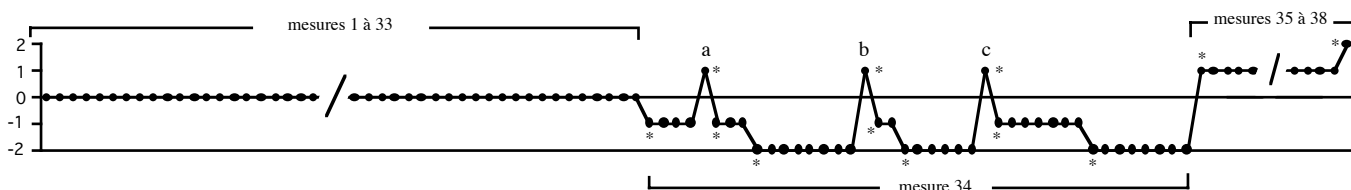
Comme nous l'avons constaté, tous les quatre nouveaux segments ondulatoires ont tous des mouvements horizontaux. Cela est très logique parce que, comme nous l'avons indiqué auparavant, la structure de durées du prélude consiste presque complètement en une série de mouvements horizontaux, c'est-à-dire que la répétition d'une même valeur de durée est une constante.

Il faut rappeler que nous avons établi les segments ondulatoires de *H* à *K* à partir de l'étude minutieuse de l'organisation de cette structure de durées du prélude. Comme nous l'avons explicité préalablement, la segmentation ondulatoire analytique que nous avons appliqué à la trajectoire ondulatoire du prélude ne nous a fourni les outils (segments ondulatoires) avec lesquels nous aurions établie la segmentation de cette structure de durées.

Le seul segment ondulatoire de la trajectoire ondulatoire du prélude que nous avons trouvé dans la structure de durées est le segment *A*. Mais le segment *A* se trouvera à l'intérieur d'un autre segment, le nouveau segment ondulatoire *J* qui comporte un mouvement ascendant

et un descendant (segment *A*) suivie d'un mouvement horizontal (cf. le segment ondulatoire *J*, page 311 précédente).

L'aspect de la structure de durées est très homogène. Elle est façonnée et traversée totalement par le segment ondulatoire *H*, cela veut dire que nous trouverons systématiquement de répétitions périodiques de durées égales tout au long de cette structure.

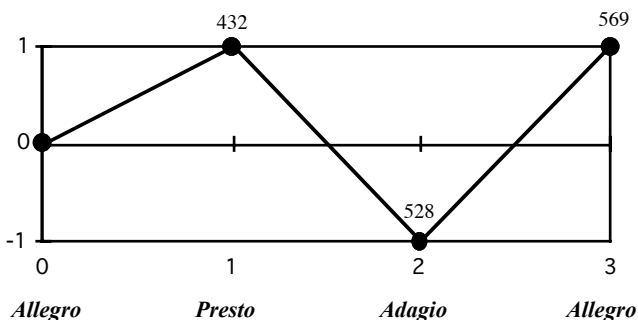


Intégration du segment ondulatoire *A* dans la structure de durées du prélude de Bach

Figure 88

La figure 88 ci-dessus montre les seuls endroits où le segment ondulatoire *A* (de la trajectoire ondulatoire) apparaisse dans la structure de durées. Ce segment nous le localiserons dans la mesure 34. Il apparaisse trois fois (lettres *a*, *b* et *c*).

Il y a un détail intéressant à souligner par rapport aux changements soudains qu'opère le compositeur pour, pour ainsi dire, démonter le continuum périodique de cette structure de durées. Bach interrompt la périodicité formée des groupes de durées égales, par l'irruption dans la structure, d'une durée plus longue ou plus courte, selon le cas, par rapport à la durée précédente (figure 88, points avec des astérisques). Alors c'est (à peu près) le même principe, qui contrôle la vitesse globale du prélude :



Graphe de la structure du temps musical du prélude

Figure 89

Pour la structure globale du temps du prélude, Bach va opposer à une structure de vitesse donnée une autre structure plus rapide ou plus lente selon le cas (cf. figure 89 ci-contre). Le principe de ce mécanisme est très simple. Nous allons l'étudier sous l'angle algorithmique :

<p>Liste d'éléments : (t)</p> <p>(Allegro₁, Allegro₂, Adagio, Presto)</p>	<p>Variables :</p> <p>temps-musical-initial (t_i)</p> <p>temps-musical-actuel (t)</p> <p>temps-musical-suivant (t_s)</p>
---	--

• **Règles :**

1. Chaque élément de la liste (**Liste d'éléments**) ne peut être utilisé qu'une seule fois
2. $t_i = \text{Allegro}_1$
3. Si t est plus vite que t_i alors $t_s =$ un temps moins vite que t_i
4. Si t est égal à t_i alors $t_s =$ un temps plus vite que t_i
5. Si t est moins vite que t_i alors $t_s =$ un temps égal ou plus vite que t_i

• **Algorithme de la structure du temps du prélude :**

Étape 1 :

- 1.1. Lire et mémoriser la liste d'éléments (t) (**Liste d'éléments**), (ci-dessus).
- 1.2. Lire et mémoriser les variables (**Variables** (t_i, t, t_s)), (ci-dessus).
- 1.3. Lire et mémoriser les règles (**Règles**), (ci-dessus).
- 1.4. Construire une courbe, avec un nombre de points égal au nombre d'éléments de la liste d'éléments (**Liste d'éléments**), (donc 4 éléments de 0 à 3).

Étape 2 : Élaboration de la courbe (étape 1.4 ci-dessus)

Procédure	Règle	Résultat
1. Construire le point initial (0) t_i (t_1) (abscisse 0) de la courbe	2	Allegro ₁
2. Lire l'état actuel (t_1) de la courbe (point 0)		”
3. Construire le point (1) suivante (abscisse 1) de la courbe	4	Presto
4. Lire l'état actuel (t_2) de la courbe (point 1)		”
5. Construire le point (2) suivante (abscisse 2) de la courbe.	3	Adagio
6. Lire l'état actuel (t_3) de la courbe (point 2)		”
7. Construire le point (3) suivante (abscisse 3) de la courbe	5	Allegro ₂
8. Fin		

Il est évident, *il faut le souligner*, qu'ici il ne s'agit pas de considérer que la stratégie de Bach consisterait en la mise en place de procédures algorithmiques quelconques pour articuler la structure temporelle globale du prélude ou la structure (locale) de durées, loin de là. Nous avons introduit ici cette approche analytique algorithmique simplement pour mettre en valeur justement les mécanismes qui contrôlent les différentes structures de cette œuvre.

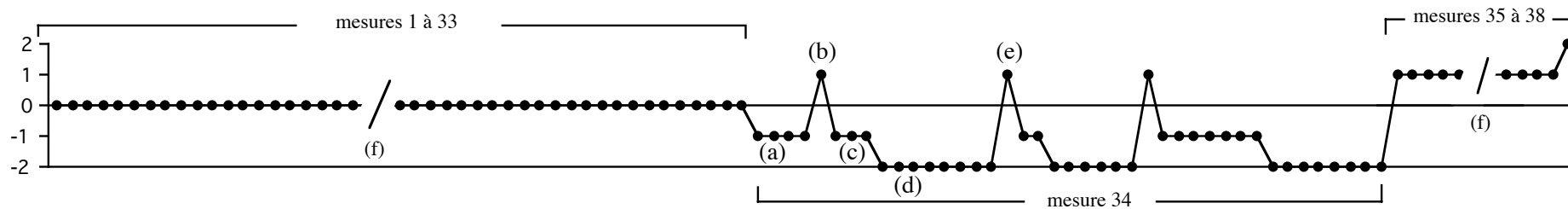
Ce qui nous intéresse ici n'est pas le mécanisme (le jeu) algorithmique en soi, mais plutôt *le fonctionnement de la pensée créatrice*, et sa correspondance mécanique en termes procéduraux donc, algorithmique.

C'est justement de là que le modèle algorithmique d'une œuvre, et, dans le cas de ce prélude de Bach, nous permettra pas simplement de modéliser ses différentes structures, mais aussi, et particulièrement, de comprendre le fonctionnement de certains des principes de base *de la pensée créatrice (du compositeur) inhérente à chaque œuvre*.

En ce qui concerne la morphologie de l'œuvre, déjà développée dans le modèle ondulatoire précédent, l'approche algorithmique nous a aidés aussi à *comprendre les mécanismes de la morphogénèse de la trajectoire ondulatoire de l'œuvre étudiée*.

Après cette courte explication, nous voudrions retourner à l'analyse de la structure de durées du prélude. Nous disions auparavant que, dans la structure de durées, Bach interrompt la périodicité formée des groupes de durées égales par l'irruption d'une valeur de durée plus longue que la précédente. Nous avons comparé cela à la structure globale du temps de l'œuvre (cf. les deux pages précédentes). Alors, la structure de durées, étant donné qu'elle est plus compliquée que celle du temps global, son algorithme sera aussi plus complexe que celui de la structure globale du temps que nous venons d'énoncer. C'est justement là qu'avec l'application de la segmentation ondulatoire analytique à cette structure de durées nous permettra d'abord, de comprendre sa forme et ensuite, d'être en mesure de formuler son fonctionnement algorithmique.

Nous réaliserons donc, d'abord l'analyse de la segmentation de la structure de durées, ensuite nous éluciderons son mécanisme algorithmique.



La structure de durées (abrégée) du *Praeludium II* en do mineur (du Clavecin bien tempéré de J.S. Bach)

Figure 83a

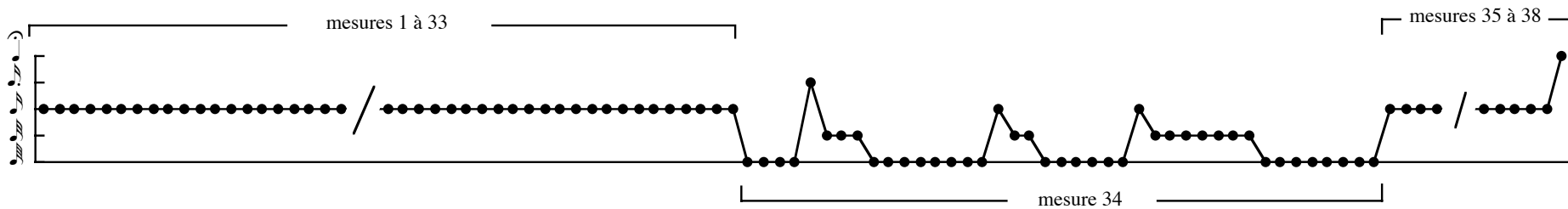
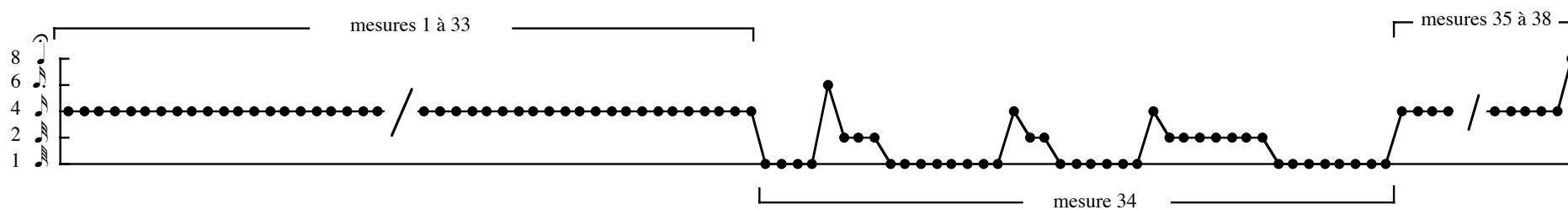


Figure 83b



La structure de durées (abrégée) avec des valeurs de durées locales du *Praeludium II* en do mineur (du Clavecin bien tempéré de J.S. Bach)

Figure 83c

Le segment Kr est celui qui clôture la segmentation ondulatoire de la mesure 34 et à la fin du prélude.

Il est aussi évident que globalement cette structure nous rappelle un type de forme très utilisée en analyse traditionnelle, c'est à dire, la forme communément nommée *ternaire* (A B A) : A (mesures 1 à 33), B (mesure 34) et A_1 (mesures 35 à 38).

Nous avons observé que le segment ondulatoire H fonctionne comme une espèce d'élément de jonction entre les autres segments ondulatoires. Mais, comme le segment H se trouve également à l'intérieur de tous les autres segments ondulatoires, cette fonction d'élément de jonction est presque anodine, c'est-à-dire que l'on peut différencier cela théoriquement mais, dans la pratique, l'on ne peut pas vraiment noter la différence entre les segments I, J et K , sauf aux moments où s'opèrent des changements abrupts de durées.

De 629 données ondulatoires ou moments sonores du prélude, 590 sont de double-croches (93.80 %) et les autres 39 moments sonores (6.20 %) sont réparties entre des valeurs de quadruple-croches, triple-croches, une croche pointée et une seule noire à la fin du prélude.

3.2.14.5.1. Fonctionnement des segments ondulatoires de la structure de durées

- Le segment ondulatoire $H(0)$

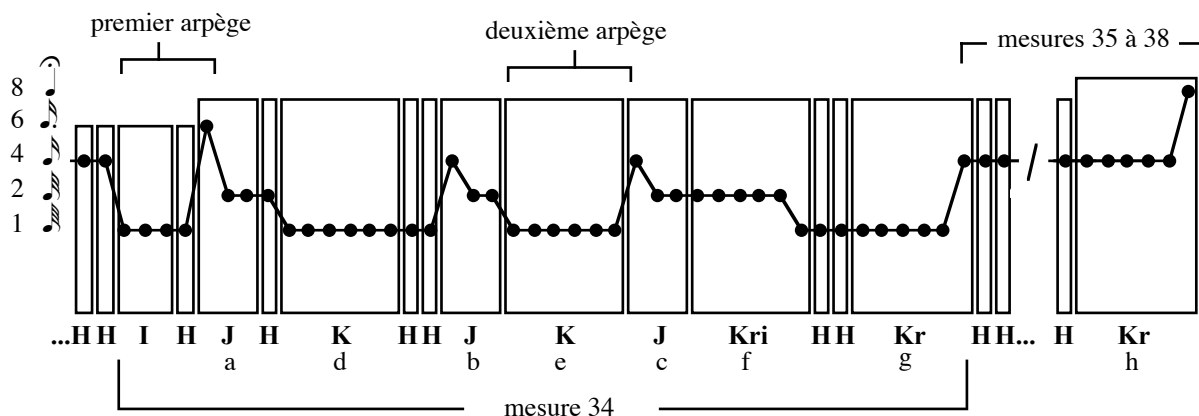
L'on peut dire très peu sur le fonctionnement de ce segment car il a une constitution très réduite donc sa fonction consiste simplement à répéter la valeur de la durée précédente.

- Le segment ondulatoire $I(-1\ 0\ 0)$

Ce segment apparaît une seule fois dans la structure de durées. L'unique fois où il se manifeste est au commencement de la mesure 34. Le seul mouvement descendant qu'il comporte transforme la structure de durées en une série de 3 quadruple-croches (cf. la figure 91 suivante).

- Le segment ondulatoire $J(+1 -1 0)$

Le segment J est celui dont vont se produire les interruptions (momentanées mais les plus marquées) des périodicités des durées (figure 68 ci-dessous).



Les segments ondulatoires de la structure de durées des mesures 34 à 38 du prélude en *do* mineur de Bach

Figure 91

Dans sa première apparition (figure 91 (a)), le segment ondulatoire $J(J_1)$ interrompt la périodicité de durées de quadruple-croches en introduisant une double-croche pointée puis il produit un série de deux triple-croches. Pour sa deuxième apparition (b), il interrompt une fois de plus la périodicité de durées de quadruple-croches, il introduit une croche, puis il produit deux durées de triple-croches. Dans sa dernière apparition (c), il transforme toujours la périodicité toujours de quadruple-croches en introduisant une double-croche puis il retourne vers une section périodique de triple-croches.

- Les segments ondulatoires $K(-1 0 0 0 0 0)$ et $Kri(0 0 0 0 0 -1)$

Les segments K et Kri (K rétrograde inversé) ont une fonction différente de celle du segment J (cf. la figure 91 ci-dessus). Dans chacune de ses interventions (d, e et f), son unique mouvement descendant va toujours produire une chute d'un degré par rapport à la tessiture de durées de cette structure. Si par exemple la durée précédente est une triple-croche, alors il se produira une descente vers une durée de quadruple-croche. Si la durée précédente est une

double-croche, la durée qui suivra sera une triple-croche. Il faut faire noter que le segment *Kri* (f) fonctionne à l'inverse du segment *K*. Il produira d'abord, une série de 5 mouvements horizontaux et, après cela, il réalisera une chute d'un degré tel que nous l'avons expliqué pour le segment *K*.

- Le segment ondulatoire *Kr* (0 0 0 0 0 +1)

Le segment *Kr* (*K* rétrograde) fonctionne à l'inverse de précédents segments *K* et *Kri*. Ce segment va produire, premièrement, une suite de cinq mouvements horizontaux et deuxièmement, une montée de deux degrés dans la tessiture des valeurs de durées de cette structure (figure 68 précédente lettres g et h).

3.2.14.6. Le mécanisme morphogénétique de la structure de durées du prélude

Comme nous l'avons précisé tout à l'heure, le principe qui gouverne le changement d'état (des durées plus rapides ou moins rapides) dans le mouvement de la courbe de cette structure est plus au moins similaire (principe de déviation cf. plus bas) à celui de la structure du temps du prélude. Si bien, dans cette structure du temps la courbe est très simple car elle ne comporte que 4 points. L'on peut la traiter comme s'il s'agissait d'un segment ondulatoire, un segment ondulatoire qui s'étale bien évidemment tout au long de la surface temporelle de l'œuvre. Nous reviendrons sur ce point plus tard quand nous établirons le modèle algorithmique du prélude.

Dans le cas de la structure de durées, nous éluciderons son mécanisme algorithmique non pas à partir de l'observation du comportement de *chaque point isolé de la courbe*, comme nous l'avons fait pour la structure globale du temps, mais cette fois-ci, *à partir de l'analyse du fonctionnement et de l'interaction entre les segments ondulatoires de la structure de durées*. À partir de cette observation, nous serons en mesure de comprendre, d'une part, le fonctionnement du processus morphogénétique et d'autre part, d'énoncer les règles de la morphogénèse de cette structure de durées.

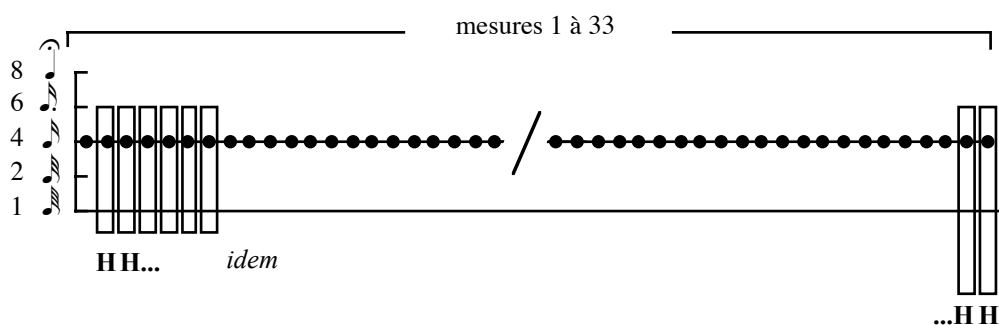
3.2.14.6.1. La morphogénèse de la structure de durées

Globalement, le processus morphogénétique de la structure de durées du prélude consiste en un assemblage assez périodique régi par le principe de *répétition*.

Ce principe de répétition s'est révélé dans la représentation graphique (la courbe) de la structure de durées par une ligne horizontale sauf dans la mesure 33 et à la fin de la dernière mesure où certains changements de cet état horizontal ont été observés. Le principe qui opère dans les changements du trajet horizontal de la structure de durées est celui de *dévi*ation.

Nous avons donc que la morphogénèse de la structure de durées du prélude est régie par ces deux principes, de répétition et de déviation.

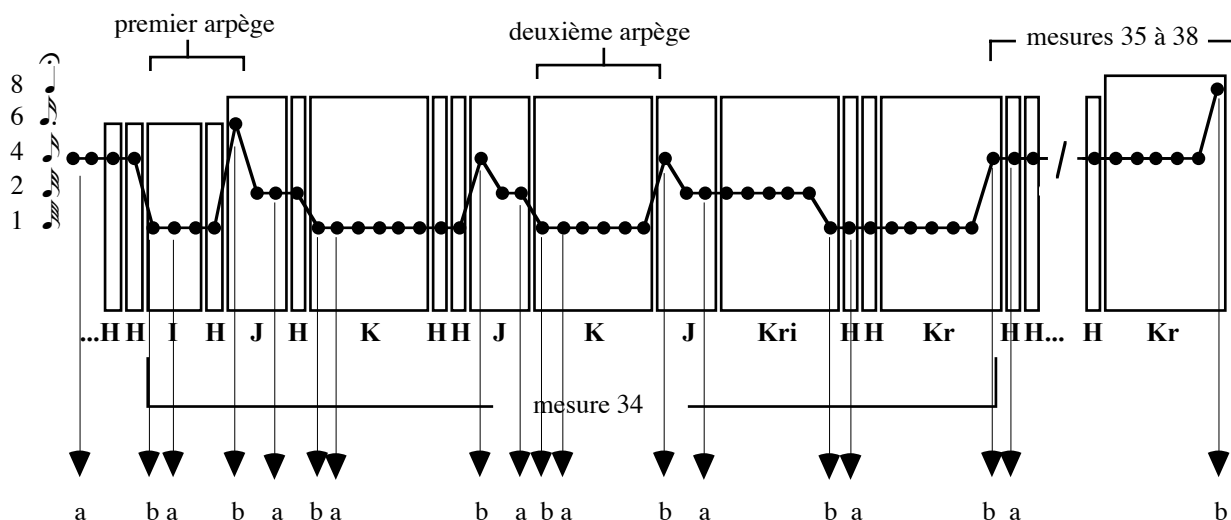
- Le principe de répétition s'est avéré contrôlé par le mécanisme algorithmique propre du segment ondulatoire *H* qui consiste, comme nous l'avons expliqué précédemment, en la répétition d'une même valeur de durée.



Le principe de répétition matérialisé dans la courbe de la structure de durées du prélude en *do* mineur de Bach (mesures 1 à 33) par le segment ondulatoire *H*

Figure 92

- Le principe de déviation s'est avéré contrôlé par les différents mécanismes algorithmiques attachés aux segments ondulatoires *I*, *J*, *K*, *Kr* et *Kri*. Ces mécanismes algorithmiques forceront le dispositif périodique, produit par la répétition de double-croches (segment *H*), à produire des répétitions avec de valeurs de durées plus petites ou l'inverse, ou bien à produire des valeurs de durées plus grandes que celle de double-croche.



Les principes de répétition (a) *segment H* et de déviation (b) *segments I, J, K, Kr et Kri* matérialisés dans la courbe de la structure de durées du prélude en *do mineur* de Bach (mesures 34 à 38)

Figure 93

La figure 93 ci-dessus symbolise l'imbrication, dans la structure de durées, des principes de répétition (a) et de déviation (b). Notons qu'à l'intérieur des segments ondulatoires *I, J, K, Kr et Kri*, le segment *H* est présent. Ce segment *H* est, comme nous l'avons indiqué précédemment dans la page 318, un sous-segment des segments *I, J, K, Kr et Kri*.

3.2.14.6.2. Le mécanisme algorithmique de la structure de durées

Après avoir dévoilé que la morphogénèse de la structure de durées est forgée à partir des deux principes de répétition et de déviation, nous allons pouvoir comprendre son fonctionnement sous l'angle algorithmique.

Nous pensons que la dynamique algorithmique (procédurale) de la structure de durées du prélude peut être analysée de deux manières. Dans la première, nous pourrions nous baser sur la notion de changement de direction des points de la courbe. Ici nous analyserions la structure de durées point par point, tel que nous avons fait, par exemple, pour la structure du temps du prélude.

Pour la deuxième, nous pourrions nous baser sur le mécanisme algorithmique observé lors de l'analyse que nous avons faite dans le paragraphe (3.2.14.6.1. : 320) du principe de déviation. Le principe de déviation s'est avéré contrôlé par les différents mécanismes algorithmiques attachés aux segments ondulatoires *I, J, K, Kr* et *Kri*.

Dans cette deuxième option, l'analyse se ferait donc à partir de l'observation du comportement ondulatoire de *plusieurs points de la courbe* (les segments). Nous pensons que l'algorithme provenant de l'observation de l'organisation des segments de la courbe pourrait décrire la morphogénèse de la structure de durées de façon plus efficace que celui qui nous parviendrait de l'observation du comportement de chaque point de la courbe.

En vertu de cela, nous allons utiliser la deuxième option pour énoncer les règles de l'engendrement morphogénétique de la structure de durées.

3.2.14.6.3. Les règles d'engendrement du processus morphogénétique de la structure de durées

- Règle 1 : La valeur de durée de l'origine de la courbe est d'une double-croche.

Étant donné que de la première mesure jusqu'à la mesure 33, uniquement le segment *H* est présent, nous allons compter le nombre de fois dont ce segment apparaisse pour énoncer les premières règles.

- Règle 2 : Le segment *H* est le segment *initial* de la structure de durées.
- Règle 3 : Le segment *H* apparaît 592 fois, donc il se répète 591 fois.
- Règle 4 : Le segment *H* doit se répéter, de façon ininterrompue, 526 fois (cf. la figure 71 ci-dessous).

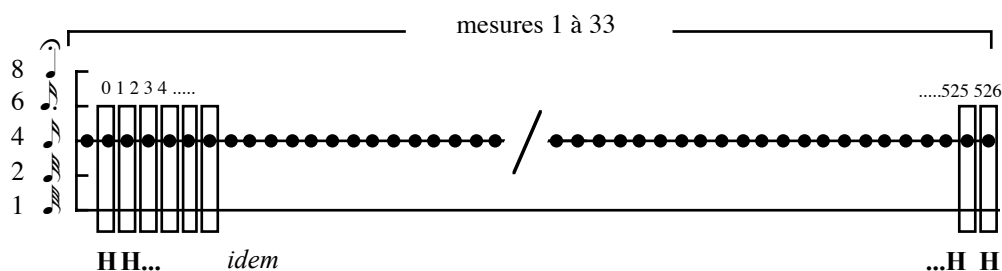


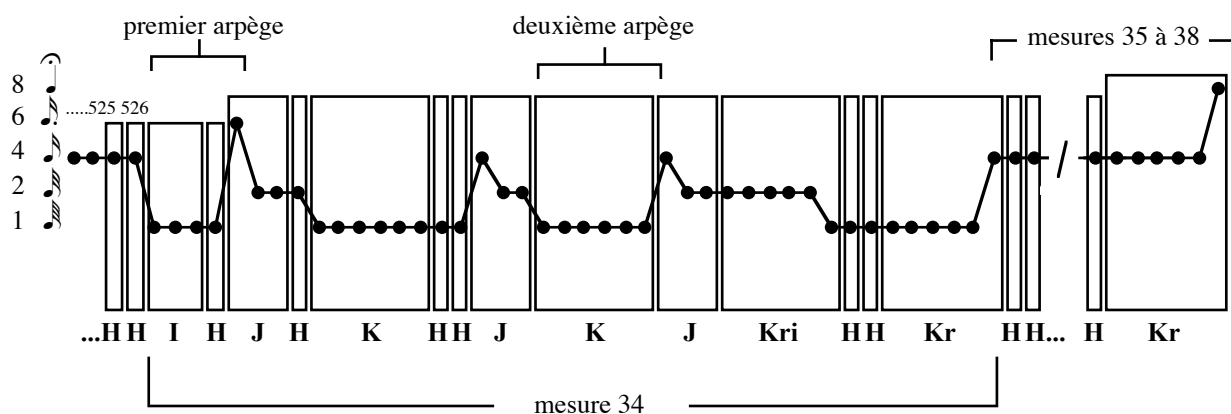
Figure 94 : Les segments ondulatoires *H*

Il est évident que selon la règle 4, la séquence de 526 segments *H* ne peut se produire

qu'après la première apparition du segment *H* (cf. la figure 94 précédente). Cette règle 4 garantit le remplissage par le segment *H* des mesures 1 jusqu'à la 33.

- Règle 5 : Le segment *I* apparaît une seule fois (cf. la figure 95 ci-dessous).
- Règle 6 : Le segment *I* est précédé de 526 segments *H*.

Il est évident que le segment *I* apparaîtra au début de la mesure 34 après la longue section répétitive de 526 segments *H* (cf. la figure 95 ci-dessous).



Les segments ondulatoires *H, I, J, K, Kri* et *Kr*

Figure 95

- Règle 7 : Le segment *J* apparaît 3 fois dans la structure de durées (cf. la figure 95 ci-dessus).
- Règle 8 : Le premier segment *J* doit être précédé et suivi par un segment *H* respectivement. Nous rapellons que le premier segment ondulatoire *J* est différent aux autres deux segments *J* (cf. la page 318).
- Règle 9 : Un segment *J* doit être précédé de deux segments *H* et suivi par un segment *K*.
- Règle 10 : Un segment *J* doit être précédé d'un segment *K* et suivi par un segment *Kri*.
- Règle 11 : Le segment *K* apparaît 2 fois (cf. la figure 95 ci-dessus).
- Règle 12 : Un segment *K* doit être précédé d'un segment *H* et suivi par deux segments *H*.
- Règle 13 : Un segment *K* est précédé et suivi d'un segment *J* respectivement.

- Règle 14 : Le segment *Kri* apparaît une seule fois.
- Règle 15 : Le segment *Kri* est précédé d'un segment *J* et suivi de deux segments *H*.
- Règle 16 : Le segment *Kr* apparaît deux fois.
- Règle 17 : Un segment *Kr* est précédé de deux segments *H*.
- Règle 18 : Un segment *Kr* est précédé de 59 segments *H*. Il est évident qu'ici le segment *Kr* détermine la fin de la séquence de segments ondulatoires de la structure de durées, (cf. la figure 95 précédente).

3.2.14.6.4. Explication du fonctionnement de l'algorithme d'engendrement du processus morphogénétique de la structure de durées du prélude

Avec les règles d'engendrement que nous avons formulées précédemment, nous avons reconstruit la courbe de la structure de durées du prélude. Cette opération s'est déroulée sans problème, donc sa réussite se révèle comme une garantie de l'efficacité de notre démarche.

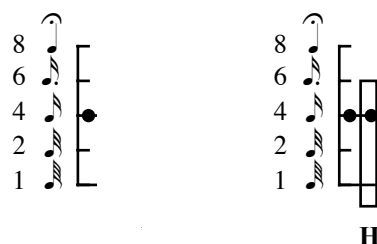
Maintenant, nous allons décrire pas à pas l'opération (l'algorithme), en nous basant des règles que nous avons énoncées tout à l'heure, qui nous a permis de construire la courbe qui représente la structure de durées.

- **1.** Nous avons lu et appliqué la règle 1 : La valeur de durée de l'origine de la courbe est d'une double-croche. Nous avons donc placé le point qui symbolise l'origine de la courbe (cf. la figure 96 ci-dessous, à gauche).

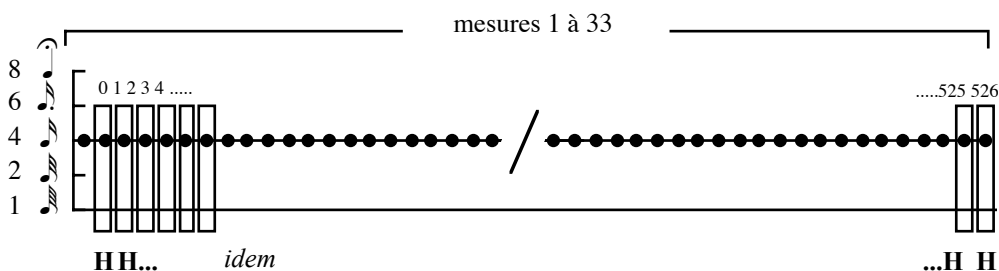
- **2.** Nous avons lu et appliqué la règle 2 : Le segment *H* est le segment *initial* de la structure de durées. Nous avons donc placé après l'origine de la courbe un premier segment *H* (cf. la figure 96 ci-dessous, à droite).

L'emplacement de l'origine et du premier segment *H* de la structure de durées du prélude en *do* mineur de Bach

Figure 96



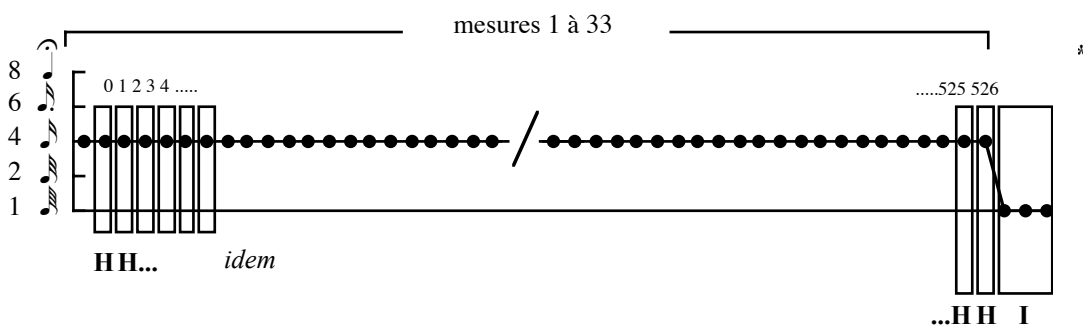
- 3. Nous avons lu la règle 3 : Le segment *H* apparaît 592 fois, donc il se répète 591 fois.
- 4. Nous avons lu et appliqué la règle 4 : Le segment *H* doit se répéter, de façon ininterrompue, 526 fois. Nous avons donc construit la courbe (ou plutôt la ligne horizontale) qui représente les 526 répétitions du segment *H* (cf. la figure 97 ci-dessous).



Les 526 répétitions du segment *H*

Figure 97

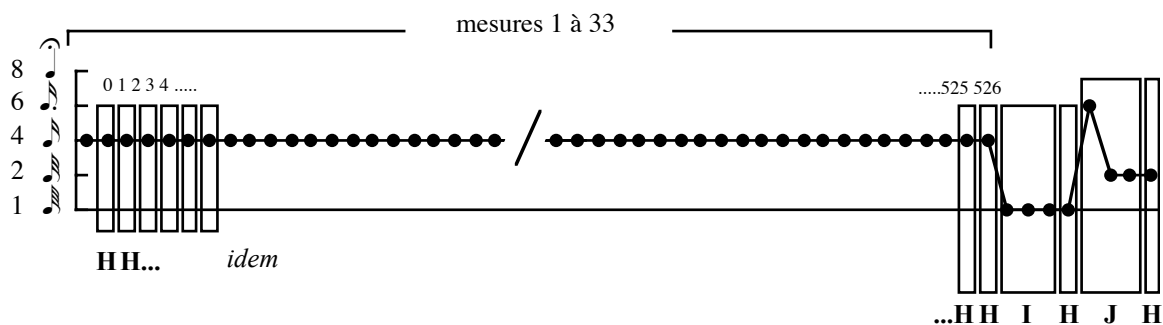
- 5. Nous avons lu la règle 5 : Le segment *I* apparaît une seule fois.
- 6. Nous avons lu et appliqué la règle 6 : Le segment *I* est précédé de 526 segments *H*. Nous avons donc, ajouté le segment *I* à la courbe (figure 98 ci-dessous).



Le segment *I* précédé de 526 segments *H*

Figure 98

- 7. Nous avons lu la règle 7 : Le segment *J* apparaît 3 fois dans la structure de durées.
- 8. Nous avons lu et appliqué la règle 8 : Le premier segment *J* doit être précédé et suivi par un segment *H* respectivement. Nous avons, en conséquence, placé un segment *H*, le premier segment *J* et un autre segment *H* (cf. la figure 99 suivante).



Représentation de l'exécution de la règle 8 (un segment *H*, un segment *J* et un segment *H*).

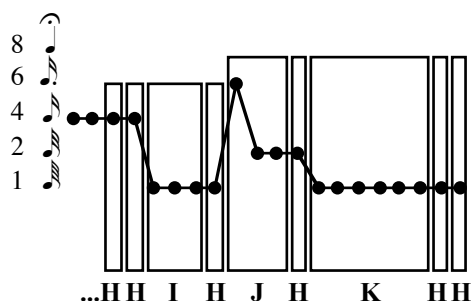
Figure 99

• **9.** Nous avons lu la règle 9 : Un segment *J* doit être précédé de deux segments *H* et suivi par un segment *K*. À ce moment du processus de reconstruction de la structure de durées, nous n'avons pas pu appliquer cette règle 9, car dans la courbe, il n'était pas possible d'ajouter un segment *H*, car le premier segment *J* précédent doit être suivi d'un seul segment *H* et non pas de deux.

• **10.** Nous avons en conséquence passé à la règle 10 : Un segment *J* doit être précédé d'un segment *K* et suivi par un segment *Kri*. Ici, aussi, nous n'avons pas pu appliquer cette règle 10, car cela aurait provoqué la modification de la structure de durées du prélude.

• **11.** Nous avons en conséquence passé à la règle 11 : Le segment *K* apparaît 2 fois.

• **12.** Nous avons lu et appliqué la règle 12 : Un segment *K* doit être précédé d'un segment *H* et suivi par deux segments *H*. Nous avons donc d'abord, ajouté un segment *K* et après, nous avons ajouté deux segments *H* (figure 100 ci-dessous).

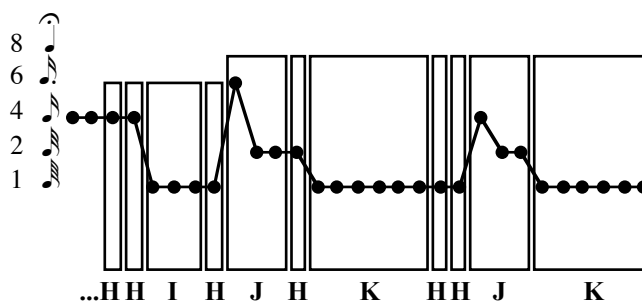


Représentation de l'exécution de la règle 12 (un segment *K* et deux segments *H*).

Figure 100

D'après l'application de la règle 12, nous avons constaté que, de toutes les règles suivantes, seules les règles numéro 17 et 18 pouvaient s'appliquer, mais la courbe serait restée incomplète. Nous avons donc opté pour revenir aux règles 9 et 10, que nous n'avions pas pu les utiliser, pour essayer de trouver la réponse à cette impasse.

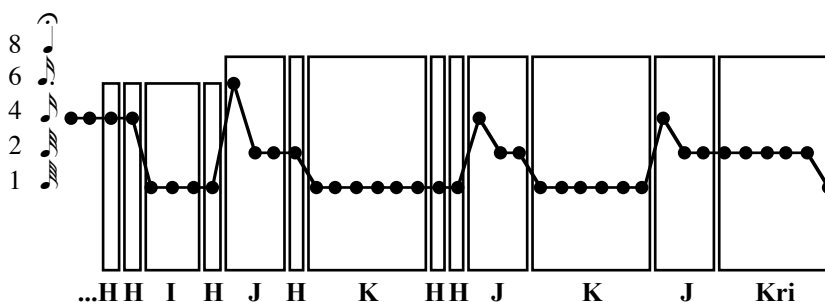
• **13.** Nous avons lu la règle 9 : Un segment *J* doit être précédé de deux segments *H* et suivi par un segment *K*. Effectivement, la règle 9 pouvait s'appliquer à cet endroit de la courbe. Nous avons donc ajouté un segment *J* et un segment *K* (cf. la figure 101 ci-dessous).



Représentation de l'exécution de la règle 9 (segment *J* et un segment *K*).

Figure 101

• **14.** Nous avons lu la règle 10 : Un segment *J* doit être précédé d'un segment *K* et suivi par un segment *Kri*. La règle 10 aussi pouvait s'appliquer à cet endroit de la courbe.



Représentation de l'exécution de la règle 10 (segment *J*₃ et le segment *Kri*).

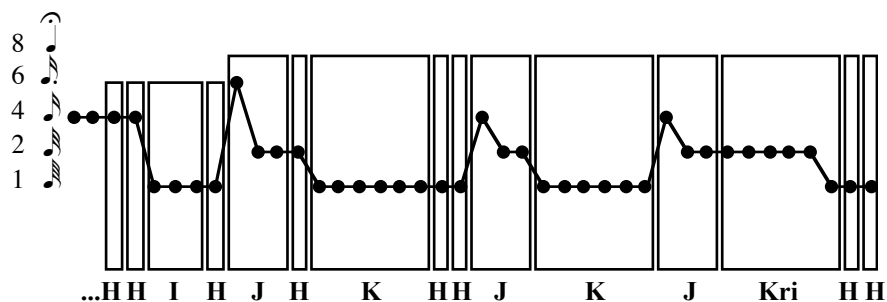
Figure 102

Nous avons donc ajouté le troisième et dernier segment *J* et un segment *Kri* (cf. la figure 102 ci-dessous).

• 15. Après avoir appliqué les règles 9 et 10, nous avons *retourné* où nous avons arrêté la lecture séquentielle des règles. Nous avons repris donc la règle 13. Nous l’avons lu : Un segment *K* est précédé et suivi d’un segment *J* respectivement. Selon la règle 11, les segments *K* apparaissent 2 fois. Étant donné que la courbe comportait déjà les deux segments *K*, nous avons par conséquent passé à la lecture de la règle 14.

• 17. Nous avons lu la règle 14 : Le segment *Kri* apparaît une seule fois.

• 18. Nous avons lu la règle 15 : Le segment *Kri* est précédé d’un segment *J* et suivi de deux segments *H*. Étant donné que dans la règle 10, le segment *Kri* était déjà utilisé (figure 103 ci-dessous), nous avons donc ajouté deux segments *H* (figure 103 ci-dessous).



Représentation de l’exécution de la règle 15 (deux segments *H*).

Figure 103

• 19. Nous avons lu la règle 16 : Le segment *Kr* apparaît deux fois.

• 20. Nous avons lu et appliqué la règle 17 : Un segment *Kr* est précédé de deux segments *H*. Nous avons donc, ajouté à la courbe le segment *Kr* (figure 104 ci-dessous).

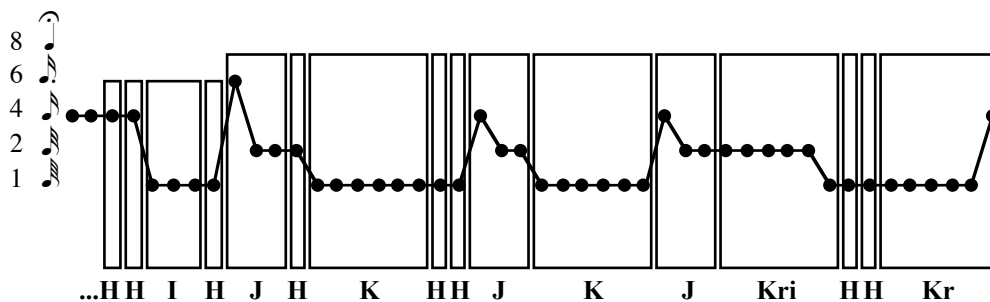
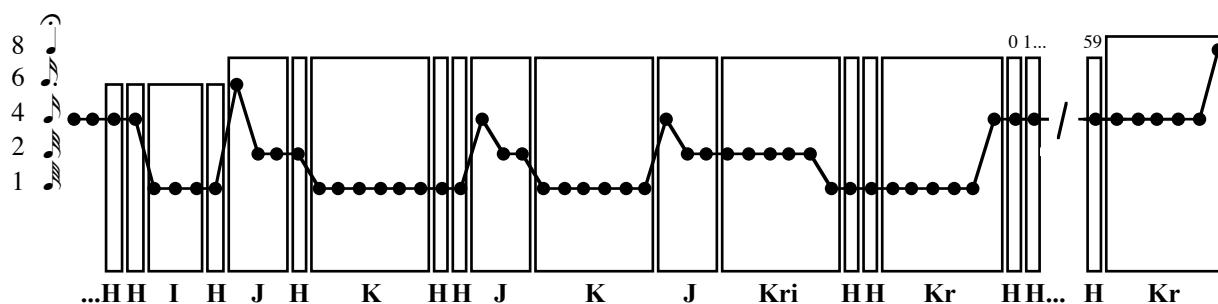


Figure 104 : Représentation de l’exécution de la règle 16 (segment *Kr*).

• 21. Finalement, nous avons lu et appliqué la règle 18 : Un segment *Kr* est précédé de 59 segments *H*. Nous avons placé les 59 segments *H* suivis du segment *Kr* avec lequel termine la structure de durées du prélude (figure 105 ci-dessous).



Représentation de l'exécution de la règle 18 (segment *Kr* de la fin de la courbe)

Figure 105

3.2.14.6.5. Conclusion

Nous avons pu simuler le processus d'engendrement de la structure de durées à partir de l'application de l'outil algorithmique. Ce qui nous semble essentiel dans cette démarche est le fait de pouvoir *appréhender* la forme de la structure étudiée et en même temps, de *simuler* sa formation, son engendrement, *comprendre le mécanisme téléologique du processus*.

L'énonciation des règles de la morphogénèse d'une structure donnée permet de l'envisager, pas simplement comme un objet formel unique, mais aussi comme étant le résultat du geste compositionnel, conscient ou pas, peu importe, qui trouverait son fondement structurel dans un *modèle* : **L'existence du modèle se cristallise dans la représentation de la courbe de la structure étudiée.**

Or, dans le cas du prélude de Bach, nous ne sommes pas en mesure d'affirmer si le compositeur travaillé ou non ses œuvres en partant d'une démarche algorithmique précise.

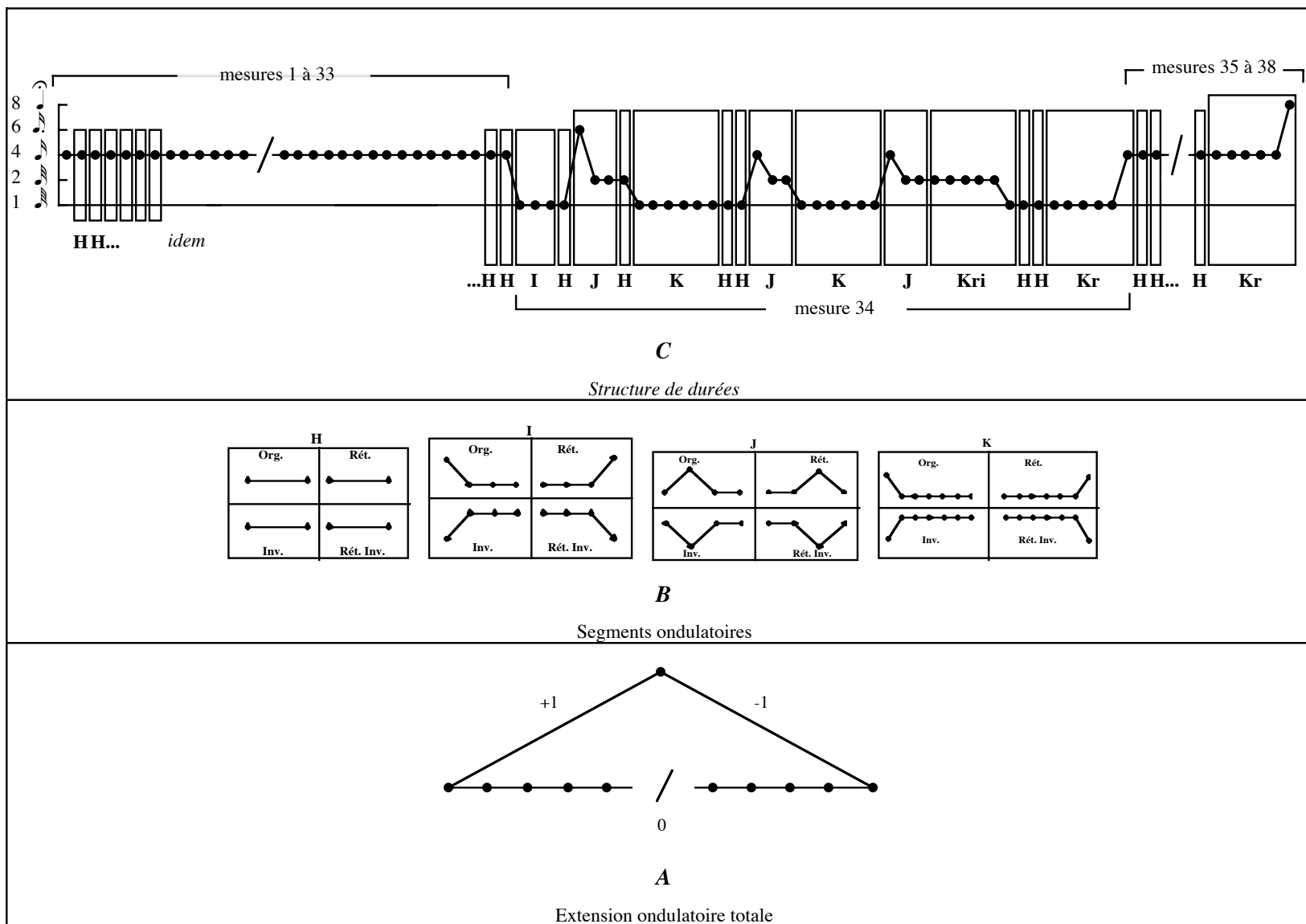


Figure 106 : Schématisation de la morphogénèse de la structure de durées du prélude en do mineur de Bach

Mais de toute manière, toute structure musicale, à partir du moment où elle est donnée, elle en est une forme, autrement dit, en étant une forme elle est dépositaire d'une histoire qui peut être « lue ».

Alors, la lecture de son histoire, l'analyse, met en évidence, premièrement, le modèle qui cristallise l'existence de la structure (sa courbe ou trajectoire) et deuxièmement, sa singularité objectivée d'abord dans ses propres éléments constituants, et ensuite dans ses propres règles d'engendrement.

En termes biologiques généraux, l'*extension ondulatoire totale* (**A**, figure 106 de la page précédente) d'une structure (cf. le paragraphe (2.9 : 155)), équivaudrait à la cellule, c'est-à-dire l'élément qui contient les potentialités formelles de la structure. Chaque *segment ondulatoire* (**B**, figure 106 de la page précédente) équivaudrait à un *morphogène* qui détermine la forme et la structure d'un organisme vivant, dans notre cas spécifique, de la structure musicale. La *structure musicale* elle-même (**C**, figure 106 de la page précédente) équivaudrait à l'organisme vivant.

3.2.15. Le modèle algorithmique du prélude

« Il faut être en mesure de copier une forme, d'en réaliser plusieurs exemplaires égaux ou semblables, selon des procédures bien définies. » .

René Thom¹¹

Tel que nous l'avons expliqué dans l'introduction de la thèse, « Le modèle algorithmique représentera donc, sous forme de *processus algorithmiques* (algorithmes ondulatoires), toutes les structures de l'œuvre, ces dernières étudiées auparavant comme processus morphogénétiques. ».

¹¹ Cf. [Thom, 1994 : 179].

La démarche analytique que nous avons réalisée et explicitée jusqu'ici nous a permis d'être en mesure de « reconstruire » les morphologies de structures étudiées : La représentation en données ondulatoires (+1 -1 0) des différentes structures du prélude de Bach, annonce déjà un aspect de mécanisation algorithmique de ces structures. C'est pour cela que le modèle algorithmique apparaît comme une sorte de sommet en ce qui concerne la caractérisation ou l'explication « structurale » et surtout phénoménologique de l'œuvre analysée, (cf. [Thom, 1983 : 11]).

3.2.15.1. La notion de processus algorithmique

Dans le contexte du modèle algorithmique, nous entendrons par *processus algorithmique*, la description séquentielle (par étapes) du déroulement de l'œuvre sous forme de **fonctionnement algorithmique**. C'est-à-dire que le modèle dessinera et objectivera ce fonctionnement, l'activité cinético-morphologique de l'œuvre analysée, *comme étant le résultat d'un algorithme*. Il sera donc nécessaire d'insister sur le fait que, dans un modèle algorithmique d'une œuvre quelconque, il sera toujours question de **fonctionnement algorithmique**, en tant que tel, et non pas de *l'algorithme* de l'œuvre ou de la structure étudiée.

Là, nous pouvons distinguer notre point de vue vis-à-vis de la différence qui existe, d'une part, entre le *fonctionnement* du modèle que nous appellerons algorithmique, et d'autre part, entre un *algorithme* proprement parlant (cf. la notion d'algorithme, (3.2.16.)). En somme, le modèle algorithmique, nous insisterons sur ceci, se limitera donc à la *description* (modélisation algorithmique) de différentes structures de l'œuvre, et non pas, à montrer ou établir *l'algorithme* générateur des structures de l'œuvre.

Par contre, tel que nous le verrons plus tard, nous aborderons la notion d'algorithme en tant que tel, et son application dans la simulation du processus morphogénétique de la structure d'une œuvre donnée. Dans ce cas-là, le *modèle algorithmique* pourrait être considéré comme le résultat de (ou des) algorithmes proposés. Nous reviendrons sur cela plus tard.

3.2.15.2. Représentation graphique du processus algorithmique

Le processus algorithmique du prélude de Bach que nous venons d'étudier comporte trois parties indépendantes, chacune d'entre elles s'identifiant à une structure précise. La première, la plus simple, concerne la structure du temps musical. La deuxième est celle de la structure de durées, et la dernière, concerne la trajectoire ondulatoire (des sons).

Dans l'introduction de la thèse, nous avons introduit l'idée que la représentation d'une mélodie sous forme de trajectoire ondulatoire exprimée les résultats des opérations de chaque étape d'un algorithme quelconque. En effet, toute structure musicale, préalablement mis sous forme de trajectoire ou courbe, montre, de façon facilement repérable, des caractéristiques d'ordre algorithmique. Comme nous l'avons déjà dit, le fonctionnement algorithmique se met en évidence par sa transposition en simples chiffres lesquels représentent les mouvements ascendants, descendants et horizontaux (+1 -1 0).

La « mécanique » ondulatoire que nous avons déduite de la morphologie de ce prélude, et sa *représentation* en termes de *processus algorithmiques*, nous allons la symboliser, premièrement, sous forme synthétique, c'est-à-dire par son *extension algorithmique totale*, et deuxièmement, par un graphe dans lequel seront représentées les trois structures morphologiques du prélude que nous venons d'énoncer, à savoir, la structure du *temps* musical, la structure de *durées* et la *trajectoire ondulatoire*.

3.2.15.3. Extension algorithmique totale du prélude (EAT)

À différence de l'extension ondulatoire totale (cf. 2.9) où sont représentées les *extensions maximales* des mouvements ascendants descendants et horizontaux d'une trajectoire ondulatoire donnée, l'extension algorithmique totale rassemblera cette fois-ci, tous les mouvements repérés dans toutes les structures analysées.

Dans le cas de ce prélude de Bach, l'extension algorithmique totale contiendra, en conséquence, dans une *seule entité* – qu'elle soit graphique, numérique ou autre – un relevé de tous les mouvements possibles de la structure du *temps* musical, de celle de *durées* et enfin de la *trajectoire ondulatoire*.

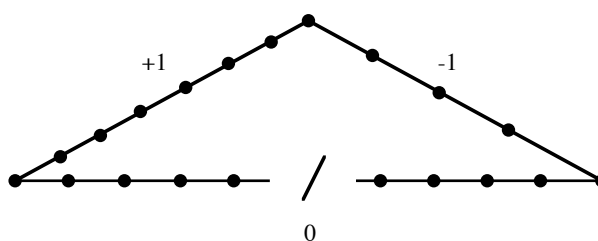
Mouvements Ascendants (+1)	Mouvements Descendants (-1)	Mouvements Horizontaux (0)
7	4	526

Symbolisation en forme de tableau de l'*extension algorithmique totale* du Prélude de Bach

Figure 107a

La figure 107a ci-dessus montre, sous forme de tableau, l'extension algorithmique totale du prélude de Bach. Ce tableau de la figure 107a nous permet de comprendre facilement que, dans cette œuvre, les étapes ou procédures algorithmiques de mouvements se limiteront à :

- 7 mouvements conjoints ascendants
- 4 mouvements conjoints descendants
- 526 mouvements conjoints horizontaux



Représentation graphique de l'*extension algorithmique totale* du Prélude de Bach

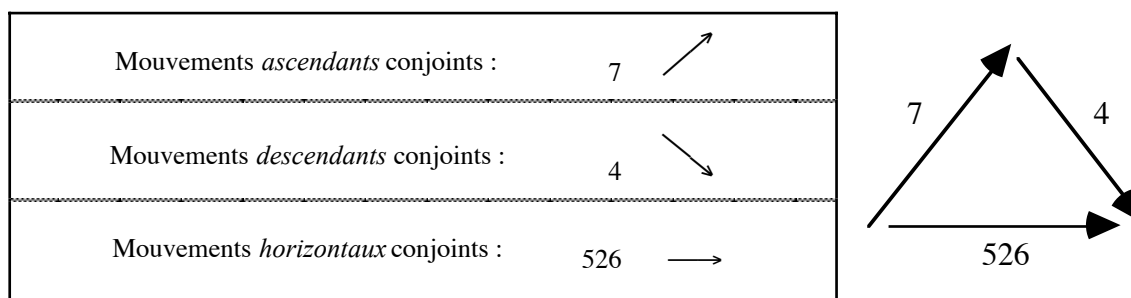
Figure 107b

La figure 107b ci-dessus montre, l'extension algorithmique du prélude sous forme de graphe géométrique. Il est important de signaler que, pour des raisons d'espace, dans la section qui correspond aux mouvements horizontaux de l'extension algorithmique totale, l'insertion d'une petite barre diagonale dans la ligne horizontale symbolise une coupure, étant donné qu'il est impossible de représenter tous les 527 points.

En observant le graphe précédent de la structure de l'extension algorithmique totale, nous pouvons déceler que les limites de l'activité algorithmique des différentes structures du prélude sont exprimées de façon simple et concise. Au même temps, cette constatation laisse entrevoir aussi une sorte de *dynamique combinatoire* qui se développe dans un champ régi par la tessiture algorithmique que nous venons de signaler. C'est peut-être là qu'une partie importante qui concerne l'invention créatrice musicale est *dévoilée* dans sa forme la plus simple et élémentaire : *Le facteur essentiel de l'équilibre formel d'une œuvre musicale émergeant donc sous forme de processus algorithmique.*

Ce facteur essentiel, nous dirions volontiers, fondamental, d'équilibre formel dont nous parlons, trouve ses origines dans le mécanisme ondulatoire *révélé* par l'analyse de l'œuvre à partir de la notion d'ondulation. *Nous pourrions affirmer que la structure archétypique véritablement de base d'une œuvre musicale parvient à atteindre sa genèse la plus profonde dans la extension algorithmique totale.*

Or, l'extension algorithmique totale d'une œuvre son manifeste l'existence même de celle-ci en matière d'énergie si l'on veut, car chaque événement répertorié sous forme de mouvement ascendant, descendant ou horizontal, implique soit la continuité, soit la modification du *continuum phénoménologique* qui déploie chaque structure analysée.



L'extension algorithmique totale du Prélude de Bach

Figure 108

C'est justement là, à partir de la notion de continuum phénoménologique, que cette autre notion d'existence énergétique prend toute sa valeur. En effet, l'extension algorithmique

totale permet de mettre en évidence le phénoménologie cinétique de l'œuvre analysée. C'est ainsi que nous pouvons déduire que, par exemple, dans ce prélude de Bach, aucune structure musicale ne dépassera pas, en ce qui concerne son état d'évolution de type ascendant, le nombre de sept. De la même façon, aucune structure musicale ne dépassera pas, en ce qui concerne son état d'évolution de type descendant, le nombre de quatre.

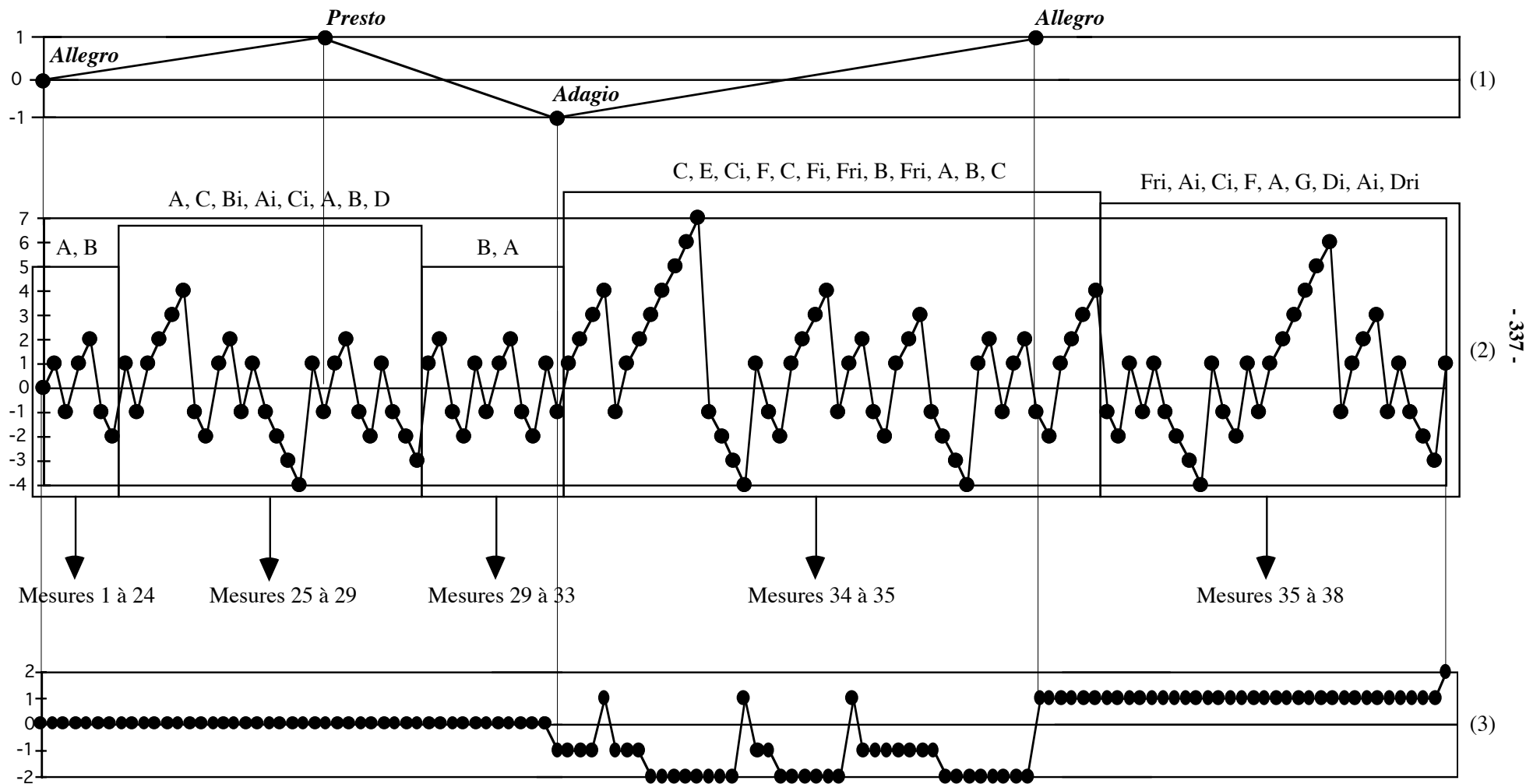
Par contre, en observant la figure 86 précédente, nous pouvons repérer que, au moins dans une des structures du prélude, la répétition exacte d'un élément quelconque pourrait aller jusqu'à 526 fois consécutives. Nous avons vu précédemment dans notre analyse, que c'est dans la structure de durées que la valeur de double-croche apparaît 526 fois de forme consécutive.

3.2.15.4. Représentation graphique du modèle algorithmique

Nous allons décrire le modèle algorithmique du prélude de Bach, sous forme de graphe dans lequel les structures du temps, de durées et la trajectoire ondulatoire seront représentées par des courbes simples. L'ordre dans lequel ces trois structures apparaîtront dans le graphe est le suivant :

- (1) Structure du temps musical
- (2) Trajectoire ondulatoire (des sons)
- (3) Structure de durées

La figure 109 de la page suivante, montre donc le modèle algorithmique du prélude de Bach. Il faut rappeler tout de suite qu'il s'agit d'un modèle de type *restreint*. Cela veut dire, nous le rappelons, que toutes les données ondulatoires, c'est-à-dire les 629 points, ne sont pas répertoriées. Premièrement pour de raisons d'espace, et deuxièmement, parce que le modèle doit être présenté de la façon la plus économique possible. Mais, en même temps, nous n'avons pas laissé aucune donnée importante dehors de la représentation modélisée.



- 337 -

Modèle algorithmique du Prélude II en do mineur du *Clavecin bien tempéré* de Bach

Figure 109

Le modèle algorithmique (figure 109 de la page précédente) nous montre un aperçu assez clair de la phénoménologie cinétique du prélude. En termes (tout à fait naïfs) d'énergie, nous pouvons observer que la première accélération du continuum phénoménologique se déclenchera dans la donnée ondulatoire 432 (de la trajectoire ondulatoire), le Presto. Le premier ralentissement du continuum phénoménologique s'opère dans la donnée ondulatoire 528, Adagio. Enfin, la deuxième accélération du continuum phénoménologique est représentée dans le chiffre 569, correspondant à la donnée ondulatoire du même chiffre.

Il est intéressant de noter que, dans la première accélération du temps musical, le Presto, la structure de durées (3) maintient la même valeur de durée (double-croche). Donc l'accélération s'opère seulement dans, pour ainsi dire, une seule dimension. Nous pouvons observer que, dans l'Adagio, le ralentissement du temps musical est accompagné, cette fois-ci, par l'irruption de valeurs de durées (structure de durées (3)) plus courtes ou plus longues par rapport aux durées précédentes (double-croches). Enfin, dans la deuxième accélération du continuum phénoménologique (le deuxième Allegro), l'accélération concerne seulement la structure du temps musical, sauf que la dernière donnée ondulatoire 629 a une valeur de noire (avec un point d'orgue), cf. aussi la figure 26, page 236 et suivantes.

Les 3 structures du modèle, structures chiffrées ((1) (2) (3)), laissent apercevoir la dynamique du continuum sonore. En termes procéduraux, de la mesure 1 à la 29, la structure du temps musical est égale à zéro (*Allegro*). La structure (2), la trajectoire ondulatoire est assez équilibrée, elle comporte 4 mouvements ascendants et 4 mouvements descendants. La structure de durées contient seulement des mouvements horizontaux (0). À partir de la donnée ondulatoire 432 (Presto), première accélération, nous pouvons observer que la structure (2), la trajectoire ondulatoire s'étale à 2 mouvements ascendants et à 3 descendants. La structure de durées se maintient stable (double-croches), cf. aussi la figure 26, page 236 et suivantes.

Dans la partie centrale, l'Adagio, les structures 2 et 3 montrent son majeur stade de développement. La trajectoire ondulatoire a une tessiture de 7 mouvements ascendants et 4 descendants. La structure de durées comporte 7 mouvements horizontaux, 1 mouvement ascendant et 2 descendants.

Enfin, la dernière partie du modèle, donnée ondulatoire 569 (*Allegro*), le continuum phénoménologique (algorithmique) subit sa seconde accélération, puis la structure (2), la trajectoire ondulatoire se maintient presque égale par rapport aux mouvements de la partie précédente, ici elle comporte 6 ascendants et 4 descendants, cf. aussi la figure 26, page 236 et suivantes.

En revenant à la question de l’algorithmique générale du prélude, représentée dans le modèle qui nous occupe, il est bien intéressant de constater que la trame de courbes du modèle pouvait parfaitement être la représentation d’un processus autre que celui du prélude. Or, à nos yeux, cette forme de modélisation *algorithmique* montre de façon assez simple l’activité phénoménologique d’un processus quelconque. *Ce qui montre le modèle algorithmique est une forme de synthèse du parcours événementiel de chaque structure analysée.* Une fois de plus, dans un point de vue compositionnel, le modèle peut servir comme point de départ pour la réalisation de nouvelles œuvres musicales, ceci ne sera pas traitée dans cette thèse.

	<i>Allegro</i>	<i>Presto</i>	<i>Adagio</i>	<i>Allegro</i>
Structure du temps musicale	Origine	1	-1	1
Trajectoire ondulatoire	4 -4	2 -3	7 -4	6 -4
Structure de durées	431 zéros	96 zéros	1 000 000 0 -2	2 61 zéros

Tableau de la relation des tessitures des différentes structures du modèle algorithmique du prélude de Bach

Figure 110

La figure 110 ci-dessus permet de comprendre de façon encore plus directe ou différente la phénoménologie de chaque structure décrite dans le modèle algorithmique. C’est ainsi que nous pouvons avoir un aperçu plus rapide de la transposition en donnés algorithmiques de l’activité cinétique de chaque structure : Chaque chiffre rappelle que la totalité des

mouvements est répertoriée, nous le rappelons, comme les résultats des étapes des procédures algorithmiques représentées ici par des mouvements ascendants, descendants et horizontaux.

3.2.16. La notion d'algorithme

3.2.16.1. Introduction

La notion d'algorithme que nous avons utilisée tout au long de cette thèse et que nous continuerons à employer est celle qui définit un algorithme comme « ... la composition d'un ensemble fini d'étapes, chaque étape étant formée d'un nombre fini d'opérations ... » [Froidevaux, Gaudel, Soria, 1990 : 5], voir aussi les pages 3 et 4.

L'énonciation ou formulation d'un algorithme quelconque (ou bien d'un programme informatique) laisse supposer que l'on connaît, avec exactitude, premièrement les étapes, deuxièmement, le nombre, la nature et la fonctionnalité de chacune des opérations de l'algorithme, troisièmement, les données auxquelles interagira l'algorithme.

Comme nous les savons, en informatique générale, les algorithmes (les programmes informatiques) sont souvent utilisés pour accomplir des tâches parfois lourdes et compliquées, lesquelles vont permettre de gagner du temps et aussi de la précision par rapport au problème qui doit résoudre l'algorithme. En informatique, un exemple classique d'algorithme est celui qui consiste, par exemple, à trouver dans une longue liste de nombres entiers, le plus grand d'entre eux. Un autre exemple classique est, par exemple, celui qui consiste à ordonner par ordre alphabétique une liste de noms désordonnés.

3.2.16.1.1. Exemple d'un algorithme de recherche séquentielle d'un élément dans une liste

Dans l'exemple suivant nous allons décrire (spécification de l'algorithme) le fonctionnement d'un algorithme qui recherche un élément x dans une liste.

Algorithme de recherche sequentielle d'un élément dans une liste

{Ce programme recherche la place d'un élément X dans une liste L .}

{Les données sont L et X . L est un tableau de n éléments qui représente une liste. Cette liste peut être vide ($n=0$).

On recherche l'indice de l'élément X dans L .

L'algorithme termine avec la variable j égale à l'indice de la première occurrence de X dans L , s'il y en a une. Si X n'est pas dans la liste, la variable j vaut zéro à la fin de l'algorithme.}

```
j := 1;  
while (j ≤ n) and (L[j] ≠ X)  
    do j := j + 1;  
if j > n then j := 0;
```

Simulation de l'algorithme

Supposons que le tableau (L) qui représente une liste d'éléments est égal à 3 (3 éléments) a, b, c.

Liste d'éléments L		
a	b	c

Si nous cherchons l'occurrence de c , l'algorithme donnera comme résultat 3, $j = 3$.

Cela veut dire que l'élément recherché (c) est le troisième élément de la liste.¹²

¹² Nous voudrions rappeler que cet exemple est tiré de [Froidevaux, Gaudel, Soria, 1990 : 9].

3.2.16.1.2. Exemple d'un algorithme qui construit une période d'un son sinusoïdal

Algorithme **fonction de table d'onde sinusoïdale** cf. [Lee, 1988 : 34-35]

1. Choisir la valeur de la longueur de la table d'onde (**Longueur-de-table**).
2. Remplir la table d'onde avec exactement une période de l'onde en incrémentant un index (i) en commençant par zéro, jusqu'à la valeur de la longueur de la table d'onde (**Longueur-de-table**), moins un :

$$\text{Table-d'onde (i)} = \sin (2 \pi i / \text{Longueur-de-table})$$

Pour cet exemple, nous avons choisi une table de 16 entrées. Donc la valeur de la longueur de la table d'onde (**Longueur-de-table**) est 16.

Simulation de l'algorithme

1. Choisir la valeur de la longueur de la table d'onde (**Longueur-de-table**).
- Donc, (**Longueur-de-table**) = 16.
2. Remplir la table d'onde avec exactement une période de l'onde en incrémentant un index (i) en commençant par zéro, jusqu'à la valeur de la longueur de la table d'onde (**Longueur-de-table**), moins un. Donc $16 - 1 = 15$

Résultat de l'algorithme

numéro d'échantillon (0-15) table d'onde (i)

$\sin (2 \pi 0 / 16)$	=	0.0000
1		0.3827
2		0.7071
3		0.9239
4		1.0000
5		0.9239
6		0.7071
7		-0.3827
8		-0.0000
9		-0.3827
10		-0.7071
11		-0.9239
12		-1.0000
13		-0.9239
14		-0.7071
15		-0.3827

Représentation graphique de
l'onde sinusoïdale de l'algorithme
Fonction de table d'onde sinusoïdale

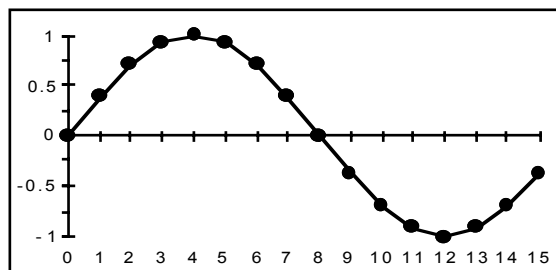


Figure 111 : Représentation graphique du résultat de l'algorithme *Fonction de table d'onde sinusoïdale*

La figure 111 de la page précédente montre les résultats produits par l'algorithme *Fonction de table d'onde sinusoïdale*. Nous pouvons observer que, pour chaque élément, (*numéro d'échantillon*) de 0 à 15, correspond un chiffre dans la *table d'onde*, à droite du graphique. Du côté droit de la figure 111, nous avons la représentation, dans un plan cartésien à deux dimensions, de la courbe de l'onde résultante de l'algorithme.

3.2.16.2. La notion d'algorithme ondulatoire

Tel que nous l'avons défini dans le paragraphe 2.10. de la thèse, un *algorithme ondulatoire* est un programme (dans le sens informatique du terme) qui consiste en la construction ou en la reconstruction d'une courbe dans un espace cartésien à deux dimensions.

Nous rappelons que nous dénommons *ondulatoires* les algorithmes utilisés dans notre système musical, car, comme nous l'avons déjà exprimé, le *principe ondulatoire des ondes sonores* est l'entité fondatrice de la pensée musicale ondulatoire : *Les courbes produites par l'algorithme ondulatoire modélisent ou expriment la phénoménologie de la structure musicale analysée. Chaque structure musicale est envisagée comme un phénomène physique, un processus énergétique qui, dans son devenir, dans son parcours événementiel, produit un mouvement de type ondulatoire.*

En effet, à travers notre conception morphologique-ondulatoire des structures musicales, la forme d'une structure musicale est quelque chose que nous pouvons objectiver, mesurer, bref elle est tangible. Sa tangibilité se met en évidence justement à travers le *chemin ondulatoire* que sa courbe dessine : Chacun des mouvements ascendants, descendants ou horizontaux révèle sa présence énergétique, au sens physique du terme, dans un flux ou continuum dynamique précis formant un tout organique avec d'autres structures.

C'est pour cette raison que *le modèle algorithmique est le point d'aboutissement par excellence pour l'objectivation de ce qui est l'œuvre en tant que forme* ; en tant qu'organicité réelle et dynamique.

Alors, les changements de direction de la courbe sont représentés dans les listes que fournit l'algorithme ondulatoire par les signes (+1, -1 et 0). À son tour, les signes (+1, -1 et 0) symbolisent l'*incrément* (+1), la *diminution* (-1) ou la *répétition* (0) respectivement par rapport aux éléments propres de la structure que l'algorithme traitera.

Si la structure modélisée par l'algorithme ondulatoire concerne, par exemple, le temps musical, alors l'incrément, la diminution ou la répétition s'appliquera à la *célérité* du temps musical. Dans le cas de la trajectoire ondulatoire d'une structure de sons, l'incrément, la diminution ou la répétition concernera la *fréquence*. Pour une structure de durées, les variables d'augmentation, diminution et répétition s'appliqueront à la « *longueur* » des durées (musicales). Ainsi de suite pour toutes les autres structures musicales.

Dans le cadre du système musical ondulatoire, nous distinguerons donc deux types d'algorithmes ondulatoires :

1 • Un algorithme qui construit la courbe d'une structure musicale donnée. Nous appellerons cet algorithme, *algorithme ondulatoire constructeur*.

2 • Un algorithme qui reproduit ou reconstruit la courbe déjà existante d'une structure musicale donnée. Nous appellerons cet algorithme, *algorithme ondulatoire reconstruteur*.

3.2.16.2.1. L'algorithme ondulatoire constructeur

Cet algorithme est celui que nous avons appliqué, par exemple, pour extraire la trajectoire ondulatoire de sons, de durées et du temps musical du *Prélude en do mineur* de Bach qui nous occupe.

Nous voudrions rappeler que, dans le cadre de la thèse, nous avons fait référence de manière directe ou indirecte à l'algorithme ondulatoire constructeur. *En effet, la morphologie de chaque structure musicale va cristalliser lors de l'application de l'algorithme ondulatoire constructeur.*

C'est justement là que le *paradigme ondulatoire* acquiert toute une autre valorisation. Effectivement, la notion d'algorithme ondulatoire, fonctionne, dans un point de vue théorique, comme élément fédérateur de la *structure logique* du système musical ondulatoire : L'adjectif *ondulatoire*, utilisé avec, par exemple, les segments, les trajectoires, les structures etc., trouve en conséquence sa cohérence et sa genèse opératoire dans la notion d'algorithme ondulatoire.

Nous allons introduire maintenant la spécification de l'algorithme ondulatoire *constructeur* et du *reconstructeur* respectivement.¹³

À présent, l'algorithme ondulatoire constructeur n'est pas implémenté sous forme informatique. Comme nous l'avons indiqué, c'est l'analyste qui applique les procédures algorithmiques qui vont permettre de dessiner la courbe et en même temps de fournir la liste de points de la courbe de la structure musicale examinée. Dans un futur proche, nous espérons produire le logiciel du système musical ondulatoire où toutes les opérations fastidieuses qui concernent, par exemple, l'extraction des courbes de chaque structure musicale seraient entreprises par le logiciel.

¹³ Nous rappelons que la spécification d'un algorithme consiste en la description de « ... ce que l'algorithme fait, sans détailler comment il le fait. » cf. [Froidevaux, Gaudel, Soria, 1990 : 9].

Algorithme ondulatoire constructeur

Description :

L'algorithme ondulatoire constructeur permet d'extraire l'onde (la courbe ou trajectoire) qui objective la forme de la structure musicale analysée.

Étapes :

1. Choisir le type de structure à traiter. Par exemple, structure de sons, de durées, de silences, du temps musical, de modes d'attaque, de dynamiques, etc.
2. Choisir la nature de données à traiter.
 - a. Pour une structure de sons, la fréquence des sons (notes selon les cas).
 - b. Pour une structure de durées, le temps (valeurs de durées musicales).
 - c. Pour une structure de silences, le temps (valeurs de silences musicaux).
 - d. Pour une structure de dynamiques, la force d'émission sonore (volume).
 - e. Pour une structure d'attaques, la force d'émission sonore (volume).
 - f. (etc).
3. Lecture de la partition, ou bien analyse (par logiciel) du document sonore.

Procédures :

1. Assignation de variables (+1, -1, 0) à chaque élément de la structure.
2. Dessiner point par point la trajectoire ondulatoire de la structure.
3. Construire un tableau de n éléments qui représente la liste de données ondulatoires de la structure.
4. Fin.

Simulation de l'algorithme

Nous avons déjà fourni des exemples de l'utilisation de cet algorithme (cf. *supra*, la trajectoire ondulatoire du *Prélude en do mineur* de Bach, la structure de durées et la structure du temps musical du même prélude).

Il est important de rappeler que, dans la procédure 1 ci-dessus, l'algorithme utilisera, selon les structures à traiter, l'une des méthodes que nous avons explicitées dans le deuxième chapitre. Par exemple, pour une structure de sons, l'algorithme obtient chaque donnée ondulatoire en prenant la fréquence la plus basse de l'ensemble de sons situé à un moment précis de l'espace temporel de l'œuvre en question. De cette façon, chaque point d'une trajectoire ondulatoire (de sons) représente la fréquence la plus basse (fondamentale) de l'ensemble de sons, (cf. la notion de densité, (2.14 : 168) et suivantes.

2.3.16.2.2. L'algorithme ondulatoire reconstituteur

L'algorithme ondulatoire reconstituteur n'est pas implémenté sous forme informatique. Dans un futur proche, nous espérons produire le logiciel du système musical ondulatoire où tous les algorithmes faciliteront énormément la tâche de l'analyste.

L'utilité de reconstruire à l'aide de l'algorithme ondulatoire reconstituteur la trajectoire ondulatoire d'une structure musicale s'avérera valable dans le cas, par exemple, où nous voudrions simuler la morphogénèse propre de chaque structure, la manipulation abstraite de sa forme, tout en nous donnant ainsi la possibilité d'envisager toutes sortes d'expériences, comme par exemple, la réalisation de plusieurs exemplaires égaux ou semblables de la structure en question.

Ces types d'expériences seraient très utiles pour l'analyse elle-même mais aussi pour la composition musicale.

Algorithme ondulatoire reconstituteur

Description :

L'algorithme ondulatoire reconstituteur permet, comme son nom l'indique, la reconstruction de l'onde (la courbe ou trajectoire) d'une structure musicale déjà analysée.

Étapes :

1. Choisir la liste (L) de données ondulatoires à reconstruire.
2. Vérifier le nombre de données qui comporte la liste (L). La liste doit contenir au moins deux éléments.
3. Si la liste est vide, ou bien si elle contient moins de deux éléments, alors l'algorithme donne comme résultat 0, c'est-à-dire aucune courbe, et il s'arrête.

Procédures :

1. Lecture de la liste L .
2. Dessiner point par point la trajectoire ondulatoire de la structure.
4. Fin.

Simulation de l'algorithme

Commentaire : L'algorithme ondulatoire reconstituteur opère de façon comparable à un tableur informatique. Nous fournissons une liste avec des données numériques et l'algorithme produit une courbe graphique correspondante aux données.

Simulation :

Nous allons reprendre une partie de la liste de la structure de durées du *Prélude en do mineur* de Bach pour montrer le fonctionnement de l'algorithme reconstituteur.

Étapes :

1. Choisir la liste (L) de données ondulatoires à reconstruire.

Résultat : La liste L est une partie de la liste de données ondulatoires qui correspondent à la structure de durées du *Prélude en do mineur* de Bach (mesure 34).

Voici la liste :

Ordre	Données ondulatoires
0	0
1	0
2	0
3	0
4	+1
5	-1
6	0
7	0
8	-1
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	+1
17	-1
18	0
19	-1
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0
25	+1
26	-1
27	0
28	0
29	0
30	0
31	0
32	0
33	-1
34	0
35	0
36	0
37	0
38	0
39	0
40	0

La liste L de la structure de durées du *Prélude en do mineur* de Bach (mesure 34)

Figure 112

2. Vérifier le nombre de données qui comporte la liste (L). La liste doit contenir au moins deux éléments.

Résultat : 41 éléments (données ondulatoires) comptés de 0 à 40.

3. Si la liste est vide, ou bien si elle contient moins de deux éléments, alors l'algorithme donne comme résultat 0, c'est-à-dire aucune courbe, et il s'arrête.

Procédures :

1. Lecture de la liste L .
2. Dessiner point par point la trajectoire ondulatoire de la structure.

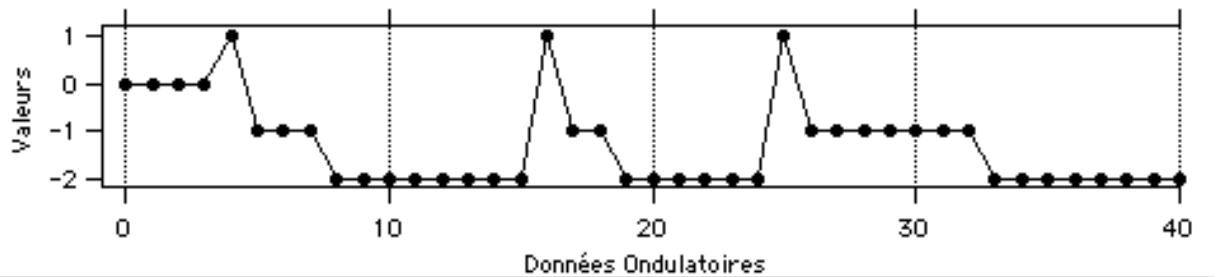


Figure 113 : La courbe dessinée par l’algorithme ondulatoire reconstitueur

4. Fin.

Il est important de faire noter que, lors de la lecture de la liste de données ondulatoires L (page précédente), les données ondulatoires $(+1, -1, 0)$ ne sont pas interprétées par l’algorithme tel qu’elles sont notées dans la liste. C’est ainsi que, dans le cas par exemple des données ondulatoires $(5, 6 \text{ et } 7)$, celles-ci étant affectées par les valeurs $(-1, 0, 0)$, représentent respectivement un mouvement descendant et deux mouvements horizontaux (répétition) et non pas les valeurs auxquelles elles sont affectées (0) . C’est pour cette raison que les chiffres $-1, 0, 0$ sont transformés en $-1, -1, -1$ (figure 114 ci-dessous).

Ordre	Données ondulatoires
0	0
1	0
2	0
3	0
4	+1
5	-1
6	0
7	0

→ -1
→ -1
→ -1

Interprétation par l’algorithme des données 5, 6 et 7 de la liste L de la structure de durées

Figure 114

Les algorithmes ondulatoires (constructeur et reconstruteur) rappellent, dans une certaine mesure l'algorithme *fonction de table d'onde sinusoïdale* (cf. la page 342). S'il est bien vrai que l'algorithme fonction de table d'onde sinusoïdale réalise la courbe d'un son sinusoïdal grâce à la *fonction périodique* $\sin(2\pi n_1 / n_2)$, cependant, il fournit aussi la liste des points qui reconstruit la courbe de la fonction.

Or, la procédure de la première partie de l'algorithme *fonction de table d'onde sinusoïdale*, c'est-à-dire celle qui utilise la fonction périodique pour construire la courbe, peut, d'une certaine façon, se comparer au fonctionnement de l'algorithme ondulatoire *constructeur*.

Ceci est un détail très intéressant parce que le travail entrepris par l'analyste à travers la segmentation ondulatoire analytique consisterait d'une certaine façon – mis à part l'étude de différents processus morphogénétiques que nous avons explicités préalablement – en l'élaboration et en la production de courbes des différentes structures étudiées. C'est comme si l'analyste fonctionnait à la façon d'un algorithme qui *ausculte la structure*, et en même temps fournissait la liste des points qui conforment la courbe de la structure musicale examinée, c'est-à-dire, la mise en évidence du parcours de l'algorithme par la liste de points de la courbe.

Dans ce sens, l'algorithme ondulatoire constructeur rappelle à celui de fonction de table d'onde sinusoïdale, mais, dans le cas du premier, il n'y a pas lieu à l'utilisation d'une fonction mathématique quelconque, ceci, nous le rappelons, est impossible ou en tout cas, très difficile et fastidieux de trouver la fonction mathématique adéquate.

Dans le domaine de la synthèse sonore numérique, il existent des algorithmes qui produisent des sons très complexes à partir de la lecture de tables d'ondes « *Wavetables* ». Nous savons tous qu'il est profondément plus facile et surtout plus pratique d'obtenir un son numérique à partir de la lecture de la table qui contient les valeurs pour chaque point de la courbe ; il faut rappeler que la plupart des synthétiseurs utilisent ce type de procédure (entre autres) par lecture de tables d'onde (cf. [Lee, 1988 : 34-44]).

L'algorithme ondulatoire reconstituteur procède de la même façon pour reconstruire la courbe. La liste fournie par l'algorithme ondulatoire constructeur est une table d'onde aussi.

Donc, nous avons vu que, d'une part, l'algorithme ondulatoire constructeur pourrait être comparé à celui de *fonction de table d'onde sinusoïdale*. D'autre part, l'algorithme ondulatoire reconstituteur ressemble, dans son fonctionnement, à ceux de *lecture de tables d'onde*.

3.2.17. Conclusion

Nous avons formulé les algorithmes ondulatoires (constructeur et reconstituteur) lesquels sont très utiles pour l'analyse et pour la simulation des processus morphogénétiques des structures musicales. Nous avons vu comment le *paradigme ondulatoire*, entité capitale du système musical ondulatoire, acquiert toute sa valeur à travers l'*algorithme ondulatoire*, tout en conformant ainsi, tous les deux, le paradigme et l'algorithme, le noyau fédérateur de la *structure logique* du système musical ondulatoire.

Nous voudrions insister sur le fait que, à l'intérieur de la méthode d'analyse ondulatoire, en ce qui concerne la question des algorithmes, nous voudrions être claires et concises sur notre position vis-à-vis de la problématique que cela suscite encore aujourd'hui. Pour nous, les algorithmes ondulatoires (constructeur et reconstituteur) sont utiles pour la *visualisation*, *compréhension* et pour la *simulation* de la morphologie de l'œuvre ou des structures musicales choisies.

Mais, nous sommes très conscients de la futilité de croire que l'on pourrait songer à *trouver* l'algorithme qui *crée* une œuvre ou même une structure musicale donnée. Bref, nous ne cherchons pas à « dévoiler » *le secret de l'œuvre*. Chose, nous le croyons impossible de faire, et surtout sans intérêt. Il est vrai que nous avons trouvé, dans le cas de la structure du temps musical du *Prélude* de Bach, l'algorithme qui peut produire cette structure, mais cette structure ne comporte que 4 éléments. Mais de toute façon, même si nous trouvions

l'algorithme de n'importe quelle structure grande ou petite, l'algorithme ne pourra jamais approcher la légitimité ni le mystère qui entoure la création en général et surtout la musicale.

Nous voudrions aussi insister, que notre attitude analytique, tel que nous l'avons montré tout au long de ce travail, est centralisée sur le fait *morphologique* en général. Notre position scientifique doit donc être approchée, à celle des disciplines morphologiques :

« Les disciplines morphologiques, comme la biologie et certaines sciences humaines (linguistique notamment) ont affaire à une donnée spatio-temporelle de prime abord continue. Ce continuum est par exemple, dans le cas de la biologie, l'organisme vivant ou bien, pour la linguistique, la langue elle-même. Dans ce « magma empirique », les disciplines morphologiques commencent par repérer un certain nombre d'éléments stables et récurrents (cellules ou morphèmes). Une fois ces éléments reconnus et identifiés, le « but de toute théorie morphologique », écrit Thom, est de préciser les agrégations spatio-temporelles que peuvent former ces éléments de manière stable et répétitive. » (...) D'une façon générale, ces disciplines reconstituent le continuum empirique au moyen d'une « combinatoire discrète. » (...) « ... les disciplines morphologiques partent du continu et le discrétisent (le découpent), (...) [Boutot, 1993 : 20-21].

Nous avons montré tout au long de notre travail que notre vision des structures musicales partage cette démarche des disciplines morphologiques. Nous commençons par repérer un certain nombre d'éléments stables et récurrents, après, nous traçons la forme (construction de la trajectoire ondulatoire de la structure) et ensuite, nous procédons à la *discrétisation*, en utilisant la *segmentation ondulatoire analytique* pour découper le continuum (l'onde de la structure, la trajectoire ondulatoire) conformant ainsi les segments ondulatoires.

C'est pour cela que, au commencement de cette section dédiée au modèle algorithmique, nous avons évoqué la phrase de René Thom qui rappelle l'importance qu'implique, pour les disciplines morphologiques, le fait d'être capable de copier une forme (cf. (3.2.15. : 331)).

En effet, **notre effort en matière d'analyse s'oriente dans ce sens-là, c'est-à-dire connaître, ou mieux encore, appréhender l'œuvre étudiée à partir de sa morphologie** : La *forme* de l'œuvre, mais, non pas la forme dans le sens classique (musical) du terme. Ici, **la forme, tel que nous l'avons exprimé précédemment, est résolument liée à son devenir cinétique**, c'est-à-dire que, pour nous, la forme (le devenir cinétique) d'une œuvre-son se matérialise de façon adéquate à partir de la notion d'*ondulation* que nous avons développée tout au long de ce travail.

Or, dans un contexte purement objectif, la *forme* (la trajectoire ondulatoire), d'une œuvre donnée, nous rappelle l'aspect aussi objectif (de la forme) cette fois-ci dans le domaine des ondes sonores : Si nous nous demandons quelle est la forme d'un son donné, comme nous le savons, nous trouverons la réponse dans la représentation graphique de ce son, donc dans son onde.

Nous voyons donc ici, que la forme – d'onde ou de trajectoire – objective chaque phénomène, d'une part, le son, et d'autre part, l'œuvre musicale. *Mais la forme est aussi le phénomène lui-même.*

Nous pouvons alors déduire que si, comme nous le savons tous, un son est une onde, et, si la morphologie d'un son s'objective dans sa propre onde qui l'annonce, alors un son a une forme, et la forme d'un son est son onde. De la même manière, nous pouvons appliquer ce même principe au processus ondulatoire musical (trajectoire ondulatoire) que l'œuvre dégage, à savoir, si l'œuvre musicale est une onde (processus ondulatoire musical), et, si la morphologie d'une œuvre s'objective dans sa trajectoire ondulatoire, alors une œuvre musicale a une forme, et la forme d'une œuvre musicale est sa trajectoire ondulatoire ; (nous sommes conscients de la tournure un peu tautologique de ce que nous venons d'énoncer plus haut, mais nous considérons utile d'éclaircir cela de la manière choisie).

Là, nous observons l'approche que nous faisons entre la forme d'une onde sonore et celle d'une œuvre musicale. Dans les deux cas, l'élément essentiel est le son. Nous rappelons que nous avons déjà évoqué ceci dans les concepts de processus ondulatoire acoustique et musical (cf. chapitre 1 (1.2.4.3. : 49) et la figure 37 de la page 122).

Nous avons démontré l'utilité du modèle algorithmique dans l'objectivation de la forme de chaque structure musicale du *Prélude en do mineur* de Bach. Aussi, le modèle algorithmique émerge « ... comme le point d'aboutissement par excellence de ce qui est l'œuvre en tant que forme ; en tant qu'organicité réelle et dynamique. ».

À travers notre conception et l'application de la notion de forme, nous pensons avoir ouvert une nouvelle voix pour approfondir le débat sur la problématique de la forme en musique. Nous croyons que le paradigme ondulatoire permet, de manière effective, une approche réelle et objective de la morphologie musicale.

Analyses de quelques extraits d'œuvres

Tel que nous l'avons exprimé dans l'introduction de la thèse, nous analyserons quelques œuvres venant de différentes orientations esthétiques ainsi que de différentes périodes historiques. L'analyse du *Prélude en do mineur* de Bach que nous venons d'achever aura servi à montrer de façon assez générale le fonctionnement de la méthode d'analyse ondulatoire. Or, nous avons choisi ce prélude car, comme nous l'avons mentionné au début, malgré les limitations que cette œuvre impose, ce morceau aura contribué à montrer l'essentiel du fonctionnement de la méthode d'analyse ondulatoire, tout en émergeant comme préambule aux analyses d'œuvres un peu plus complexes.

Alors, à cet effet nous allons étudier des *extraits* d'œuvres pour orchestre, pour instruments solo et de musique électronique tout en espérant démontrer le fonctionnement de la méthode d'analyse ondulatoire dans les différentes situations que chaque extrait d'œuvre propose. Nous voudrions remarquer que les analyses qui vont suivre *seront moins extensives* en comparaison avec le *prélude* de Bach, car nous n'aurons pas besoin de décrire les concepts qui ont été déjà abordés dans l'analyse du prélude. Cependant si besoin est, nous rappellerons certains concepts en temps utile, ou bien le lecteur devra s'adresser aux références des concepts et notions qui se trouvent dans la thèse elle-même.

Dans les analyses qui vont suivre, nous n'allons pas introduire les œuvres tel que nous l'avons fait pour le prélude de Bach. Nous n'aborderons pas les repères historiques de chaque œuvre, car de toute façon, ce qui nous intéresse ici c'est l'analyse de l'objet proprement dit, l'œuvre. Le lecteur pourra se référer par son compte, s'il le juge nécessaire, à la littérature musicologique (historique) générale.

3.3. Deuxième pièce (II) de *Six petites pièces* pour piano op. 19 d'Arnold Schönberg

II.

Arnold Schönberg

The musical score is written for piano in common time (C) and consists of five systems of staves. The first system includes the tempo marking 'Langsam' (slow) and the dynamic 'äußerst kurz' (extremely short), with a 'pp' (pianissimo) marking. The second system features a 'p' (piano) dynamic and 'espress.' (espressivo). The third system has an 'etwas gedehnt' (slightly stretched) instruction. The fourth system is marked 'gut in takt' (well in time) and 'pp'. The fifth system concludes with a 'poco rit.' (poco ritardando) marking. The score includes various musical notations such as chords, single notes, and rests, with dynamic markings and performance instructions throughout.

Nous rappelons que nous analyserons la deuxième pièce de Schönberg parue dans l'édition « Universal Edition » numéro 5069.

3.3.1. Le son fondamental

Le son fondamental de cette pièce a été déjà étudié dans la thèse. cf. (2.1.7.2. : 82). Nous recommandons de se rapporter donc à la référence de la page 82 et suivantes, et de réécouter aussi le son fondamental dans l'exemple sonore : Exemple-8.

3.3.2. La segmentation naturelle

La *segmentation naturelle* (cf. 2.5.1. : 140) de cette pièce montre déjà les endroits où l'on peut percevoir des éléments *stables* et *récurrents*, (cf. la citation de René Thom de la page 353). Ceci est appréciable dans les caractères en gras dans le tableau ci-dessous. Nous rappelons que la segmentation naturelle de cette pièce symbolisée dans le tableau se lit de haut en bas et de gauche à droite.

Segmentation naturelle														
<i>O</i>	0	0	0	0	0	0	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
0	+1	-1	0	+1	-1	-1	+1	0	0	-1	+1	+1	-1	+1
-1	+1	0	-1	+1	-1	+1	0	-1	+1	+1				

Segmentation naturelle de la deuxième (II) de *Six petites pièces pour piano* op. 19 d'Arnold Schönberg

Figure 115

La figure 115 donne un aperçu graphique de la segmentation naturelle de cette pièce de Schönberg. Dans le tableau, nous pouvons constater une première approche des séquences de répétitions d'éléments ainsi d'autres moins récurrents. Nous rappelons que c'est grâce à l'algorithme ondulatoire constructeur cf. (3.2.16.2.1. : 341) que nous obtenons le relevé des mouvements ascendants descendants et horizontaux de la structure de sons de cette pièce.

Il est intéressant de noter que l'ostinato des notes sol4 et si4 se met en évidence à chaque apparition d'un zéro dans le tableau. Nous constaterons cela plus tard de façon plus détaillée.

3.3.2.1. Les segments naturels

Les *segments naturels* (cf. 2.5.1.1. : 143) de mouvements horizontaux (0) se présentent de trois formes différentes.

1	2	3
(1)	(2)	(6)
0	00	000000

Segments naturels des mouvements horizontaux de la deuxième (II) de *Six petites pièces pour piano* op. 19 d'Arnold Schönberg

Figure 116

Le tableau de la figure 116 représente les 3 formes d'apparition du mouvement horizontal (0). Nous avons donc que ce mouvement horizontal peut apparaître répété dans la structure de sons de la pièce, de façon consécutive deux fois ou six fois.

Les segments naturels de mouvements ascendants (+1) se présentent de deux formes. Nous ne trouverons qu'une seule modalité de répétition de ce mouvement, à savoir la répétition simple, deux mouvements ascendants consécutifs (+1 +1). La première forme d'apparition du segment naturel +1 n'est que lui-même (+1).

1	2
(1)	(2)
+1	+1 +1

Figure 117 : Segments naturels des mouvements ascendants de la deuxième (II) de *Six petites pièces pour piano* op. 19 d'Arnold Schönberg

Le tableau de la figure 117 ci-dessus représente les 2 formes d'apparition du mouvement ascendant (+1). Ce mouvement ascendant peut apparaître répété dans la structure de sons de la pièce, de façon consécutive une fois,.

Les segments naturels de mouvements descendants (-1) se présentent de deux formes différentes.

1	2
(1)	(2)
-1	-1 -1

Figure 118 : Segments naturels des mouvements descendants de la deuxième (II) de *Six petites pièces pour piano* op. 19 d'Arnold Schönberg

Les segments naturels de mouvements descendants (-1) se présentent de deux formes. Nous ne trouverons qu'une seule modalité de répétition de ce mouvement, à savoir la répétition simple, deux mouvements descendants consécutifs (-1 -1). La première forme d'apparition du segment naturel -1 n'est que lui même (-1).

Nous pouvons apercevoir déjà une forme de symétrie entre les mouvements ascendants et descendants car tous les deux apparaissent une ou deux fois dans la structure de sons.

1	2	3
(1)	(2)	(6)
+1	+1 +1	
0	0 0	0 0 0 0 0 0
-1	-1 -1	

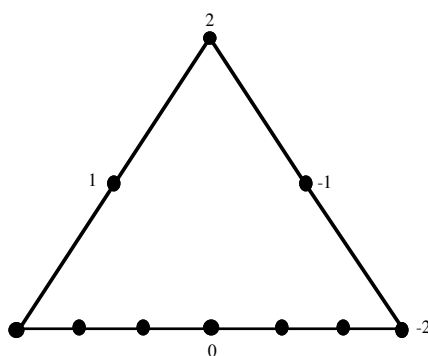
Segments naturels de la deuxième (II) de *Six petites pièces pour piano* op. 19 d'Arnold Schönberg

Figure 119

Le tableau de la figure 119 ci-dessus montre le relevé de tous les segments naturels de cette pièce de Schönberg. Comme nous pouvons le constater aisément, les segments qui contiennent les mouvements horizontaux figurent en plus grand nombre. Ceci s'explique car l'ostinato formé par les notes sol4 et si4 domine dans cette petite œuvre.

3.3.3. L'extension ondulatoire totale

L'*extension ondulatoire totale* (cf. 2.9. : 155) de cette pièce apparaît déjà de manière évidente dans le tableau de la figure 119 précédente. Nous avons donc que l'extension ondulatoire totale de la structure de sons de cette pièce comportera 2 mouvements ascendants, 2 mouvements descendants et 6 mouvements horizontaux.



Extension ondulatoire totale de la deuxième (II) de *Six petites pièces pour piano* op. 19 d'Arnold Schönberg

Figure 120

La figure 120 ci-dessus représente l'extension ondulatoire totale de la deuxième (II) de *Six petites pièces pour piano* op. 19 d'Arnold Schönberg. Si bien, dans le graphique cette extension ondulatoire totale se montre très équilibrée, nous verrons comment cela va se manifester dans la morphogénèse de cette pièce, spécifiquement dans la trajectoire ondulatoire.

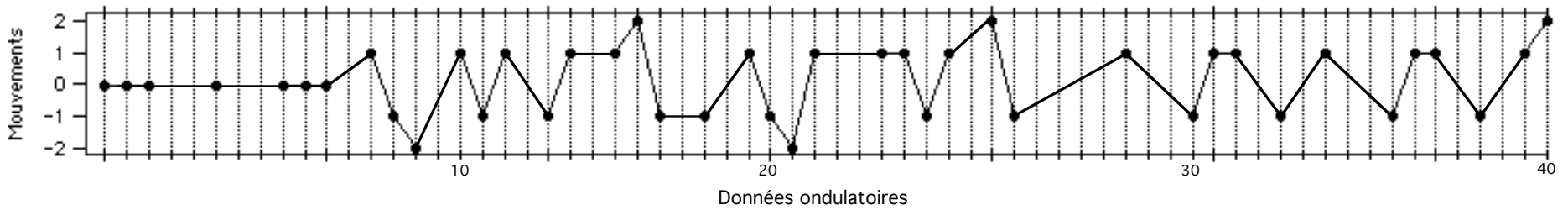
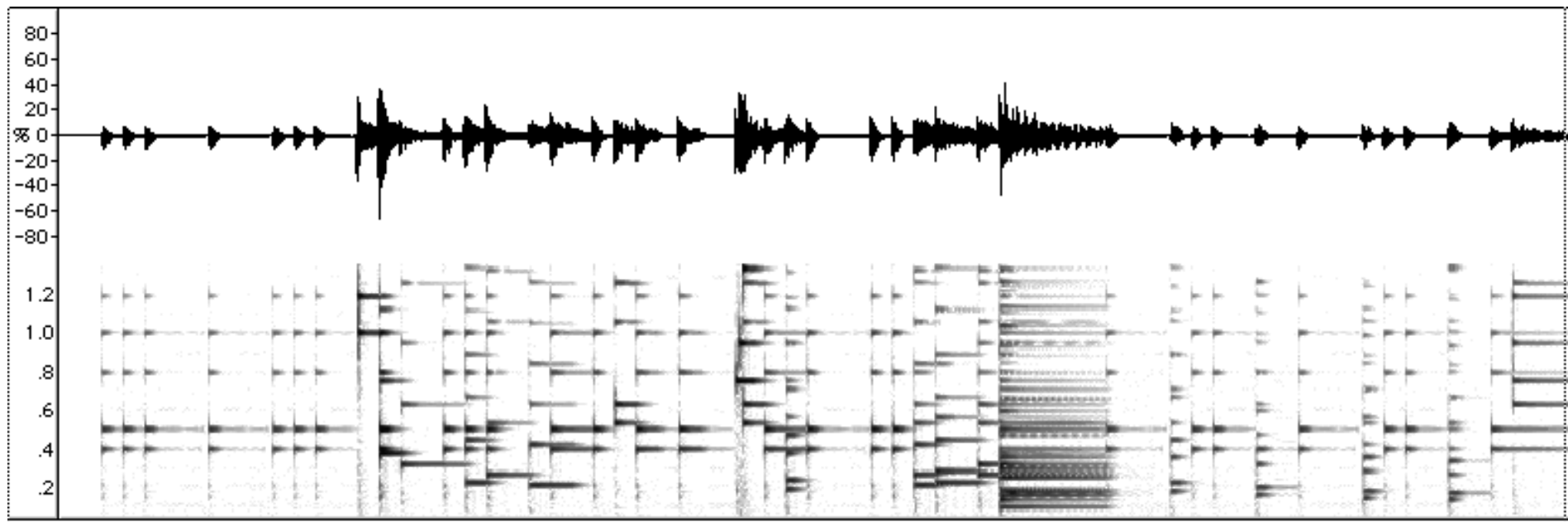


Figure 121 : Représentation graphique (processus ondulatoire acoustique et musical) de la pièce II de *Six petites pièces* pour piano opus 19 de Schönberg

3.3.4. La trajectoire ondulatoire

La trajectoire ondulatoire de cette pièce de Schönberg apparaît de façon claire et précise dans la figure 121 de la page précédente. Nous avons placé dans le même graphe, la partition, le processus ondulatoire acoustique (l'onde sonore que la pièce dégage), le sonagramme et finalement le processus ondulatoire musical (la trajectoire ondulatoire).

Le *sonagramme* de la figure 121 précédente met en évidence de manière irréfutable d'une part, la complexité spectrale de l'onde sonore qui est l'œuvre (dans son exécution).

D'autre part, les changements de la structure temporelle, timbrique ou spectrale du processus ondulatoire acoustique qui dégage cette pièce.

Les changements de la structure temporelle se mettent en évidence de manière graphique dans le sonagramme par sa *segmentation* sous forme d'*événements verticaux*. Ces changements représentent de manière claire l'articulation dans l'espace temporel (durées) de la pièce.

Enfin, la confrontation entre le sonagramme et la trajectoire ondulatoire (figure 121) met en évidence et objective le parcours cinétique de la trajectoire ondulatoire.

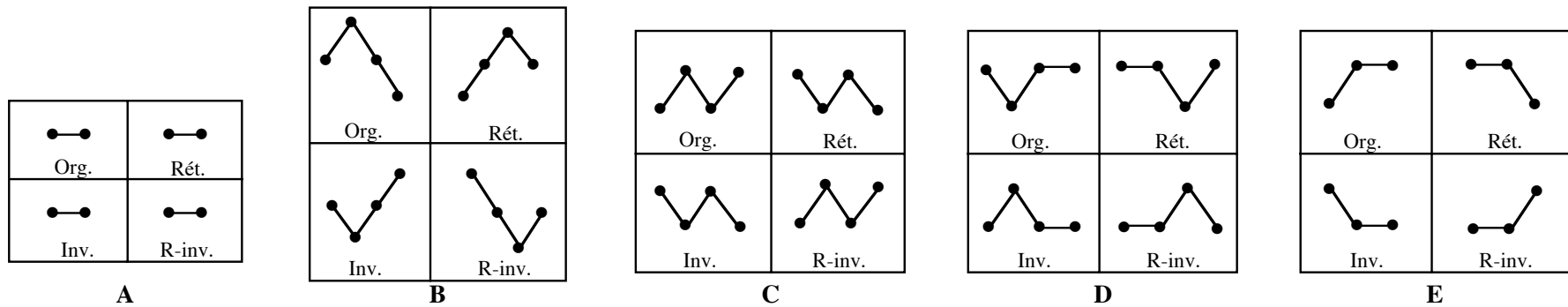
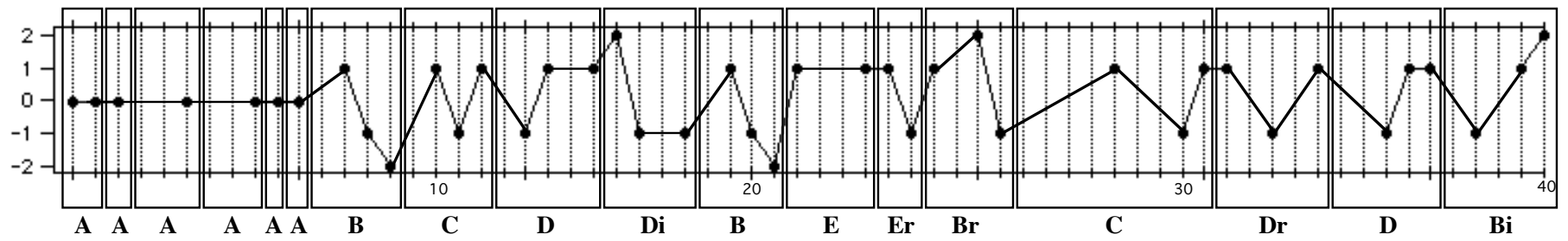
3.3.5. Segmentation ondulatoire analytique

3.3.5.1. Les segments ondulatoires

Nous avons établi une segmentation de la trajectoire ondulatoire de la deuxième pièce de l'opus 19 de Schönberg qui comporte cinq *segments ondulatoires* (2.5.2.1. : 144). La figure 122 de la page suivante représente la partition de la pièce, la trajectoire ondulatoire et un relevé des segments ondulatoires avec ces différentes modalités de permutations.

1 *Langsam* (♩) 2 3 *espress.* 4 5 6 7 *gut in takt* 8 9

äußerst kurz *mf* *p* *pp* *etwas gedehnt* *pp* *poco rit.*



Segmentation ondulatoire analytique, segments ondulatoires de la trajectoire ondulatoire de la pièce II de *Six petites pièces* pour piano opus 19 de Schönberg

Figure 122

3.3.5.2. Caractéristiques des segments ondulatoires

Le **segment A** est celui qui comporte l'ostinato véhiculé par les notes sol⁴ et si⁴. Dans chaque répétition visible dans la trajectoire ondulatoire les notes sol⁴ et si⁴ sont présentes. Cela n'empêche pas que le compositeur aurait pu choisir d'autres notes différentes à sol⁴ et si⁴. Mais, dans cette pièce ce n'est pas le cas. Donc l'ostinato se situe dans la structure de sons et dans celle de durées.

Le **segment B** est un élément très significatif dans la trajectoire ondulatoire de cette œuvre. En effet, le segment B se trouve dans des moments précis, de la chaîne segmentée de cette trajectoire, où l'information musicale contient un degré considérable de signification.

Nous pouvons en effet observer, dans la figure 122 précédente, comme la première apparition du segment B, deuxième mesure, bifurque pour quelques instants l'ostinato, tout en s'inscrivant comme élément porteur de forme et de signification musicale.

La deuxième apparition du segment B, mesure cinq, modifie encore une fois l'ostinato, mais cette fois-ci, de façon encore plus prononcée (arpège). Il est très important de noter que nous n'avons pas noté l'arpège dans la trajectoire. Nous avons décidé de l'interpréter plutôt comme une simple double-croche.

Dans la mesure six, nous pouvons déceler que seul le segment B dans sa forme rétrograde (Br) occupe toute la mesure. Une fois de plus nous pouvons constater l'importance, dans le contexte de la signification musicale et évidemment structurelle du segment B. Rappelons que, dans cette mesure, l'action musicale acquiert aussi sa forme par excellence de conclusivité. À noter aussi qu'il est moins négligeable le fait que le segment B apparaisse ici dans sa forme rétrograde. C'est à la fin de cette pièce que nous pouvons apprécier l'importance du segment B, parce que c'est justement ce segment avec lequel *finis cette* petite œuvre.

Il est intéressant de faire noter que, dans cette fin de l'œuvre, le segment B représente l'orientation, vers le haut, du processus sonore, en effet, il se présente dans sa forme de permutation inversée (Bi).

Or, cette orientation du processus sonore vers le haut, d'ailleurs c'est une formule, comme nous le savons, très utilisée par les compositeurs pour clôturer certains œuvres, trouve, dans le cas de cette pièce de Schönberg, une raison très particulière.

Cette particularité n'est pas simplement une question de goût ou autre, elle se justifie dans un point de vue structurel et bien sûr morphologique grâce à la segmentation ondulatoire analytique. En effet, *la segmentation ondulatoire analytique* montre que, le compositeur a opéré, *consciemment ou non*, une construction dans laquelle, presque, chaque événement sonore trouverait sa place et sa justification dans le processus morphogénétique mis en évidence dans la trajectoire ondulatoire de l'œuvre.

Le segment C est celui qui véhicule des mouvements oscillatoires (+1 -1 +1). Il apparaît deux fois seulement dans la trajectoire ondulatoire. Sa particularité oscillatoire se met de manifester justement dans des endroits où l'ostinato subisse une modification directionnelle. La première apparition du segment C (mesure 3) se situe justement après le segment B qui modifie l'ostinato du début. Dans sa seconde apparition, le segment C (mesure 7) encore une fois se situe après un segment B (Br), cette fois-ci, le segment C fonctionne comme récupérateur de l'ostinato sol⁴ et si⁴.

Nous pensons qu'il est très intéressant de faire noter que le segment C apparaisse toujours avant un segment B et il précède toujours un segment D.

Dans sa première apparition, l'ordre de segments est B C D.

Dans sa seconde apparition, l'ordre de segments est Br C Dr.

Le segment D est l'un des segments de cette trajectoire qui ont des caractéristiques très spéciales. Premièrement, sa conformation ondulatoire (-1 +1 0) partage l'oscillation et la répétition. Il est intéressant d'observer que ce segment contient toujours la répétition des notes sol⁴ et si⁴ de l'ostinato, il contient donc le segment A (0).

Deuxièmement, le segment D se charge de compléter ou de réaffirmer la réapparition de l'ostinato des notes sol⁴ et si⁴ déjà déclenché par le segment C (mesures 3 et 4) (mesures 7 et 8).

Troisièmement, un segment D est toujours suivi d'un autre segment D. Cela confirme la

réinstallation de l'ostinato des notes sol⁴ et si⁴. D'un autre côté, l'apparition des segments D dans la trajectoire s'objective donc toujours par pairs (D et Di ou Dr et D).

Par rapport à la structure des enchaînements dans la trajectoire ondulatoire de ces deux segments D, nous pouvons percevoir que le premier est précédé toujours d'un segment C, et que le deuxième est toujours suivi d'un segment B.

Nous avons donc une structure d'enchaînements pour le segment D qui se présente sous la forme suivante :

C ***D Di*** B, pour la première apparition et

C ***Dr D*** Bi, pour la deuxième apparition

Le segment E tout comme le segment D comporte dans sa structure le segment A, l'ostinato des notes sol⁴ et si⁴. Le segment E n'apparaît que deux fois dans la trajectoire ondulatoire de cette pièce. Les deux segments E et Er apparaissent justement dans un endroit de la trajectoire où se met en évidence une sorte de réexposition compactée, sous forme de « souvenir » de l'ostinato du début (deuxième partie de la mesure 5). Cette très courte réexposition est suivie d'une sorte de conclusion de la première partie (hypothétique) de la pièce, située dans la mesure 6 avec l'accord placé sur le troisième temps (segment Br).

3.3.6. La structure du modèle ondulatoire

Le *modèle ondulatoire* (cf. (2.22. : 179) de la deuxième pièce de l'opus 19 de Schönberg comporte une structure agencée en une seule partie ou entité (nous rappelons que le modèle ondulatoire du prélude de Bach que nous venons d'analyser précédemment, comporte une structure agencée en deux parties). La structure unitaire du modèle ondulatoire de cette pièce de Schönberg est configurée ou segmentée par quatre *modules ondulatoires* (cf. (2.22.1. : 180). Dans tous les modules ondulatoires (*Modos*), le segment ondulatoire *A* est présent. Il est très pertinent de faire noter que ces quatre *Modos* conforment une structure très compacte et symétrique.


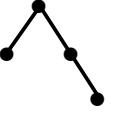



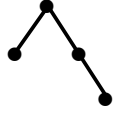
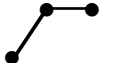
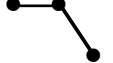
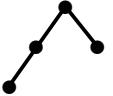




Modules ondulatoires	SO	Nombre de fois consécutives	SO	Nombre de fois consécutives	SO	Nombre de fois consécutives	SO	Nombre de fois consécutives	SO	Nombre de fois consécutives
Modo 1		6								
Modo 2		1		1		1		1		1
Modo 3		1		1						
Modo 4		1		1		1		1		1

Tableau qui représente les 4 Modos de la trajectoire ondulatoire de la pièce II de *Six petites pièces* pour piano opus 19 de Schönberg

Figure 123

Dans la figure 123, nous pouvons observer que, le Modo 1 est formé par tous les 6 segments A de l'introduction de la pièce. Le Modo 2 comporte les segments B C D Di et B. Le Modo 3 comporte les segments E et Er. Le Modo 4 comporte les segments Br C Dr D et Bi. Nous rappelons que l'ordre de succession des Modos est 1 2 3 4.

Grâce à la figure 123 de la page précédente nous pouvons observer les caractéristiques particulières de cette structure. Par exemple, les Modos 2 et 4 sont symétriques ou semblables car ils contiennent la même structure de segments (B C D D B).

À noter aussi que les Modos 2 et 4 maintiennent la même structure de succession de segments c'est-à-dire B C D D B. Nous pouvons observer, de manière fort évidente dans les figures 122 et 123, que le processus morphogénétique de la trajectoire de cette pièce est bâtie sur une suite de deux éléments. Ces deux éléments sont élucidés grâce à la segmentation ondulatoire analytique par les Modos.

- Le premier élément consiste en une suite de répétitions de sons, l'ostinato sol4 et si4. Modos 1 et 3.
- Le deuxième élément consiste en une structure où les oscillations sont plus présentes que l'ostinato. Modos 2 et 4.

À partir de cette constatation, nous avons vu et confirmé que la trajectoire de cette pièce s'articule de façon cohérente en deux parties. La première d'entre elles se situe au commencement (début) de la pièce et conclut sur les notes fa#3 et la#3 (second segment B du Modo 2) mesure 5. La seconde partie commence dans la cinquième mesure avec les notes sol4 et si4 (segments E et Er) et s'étale jusqu'à la fin de la pièce.

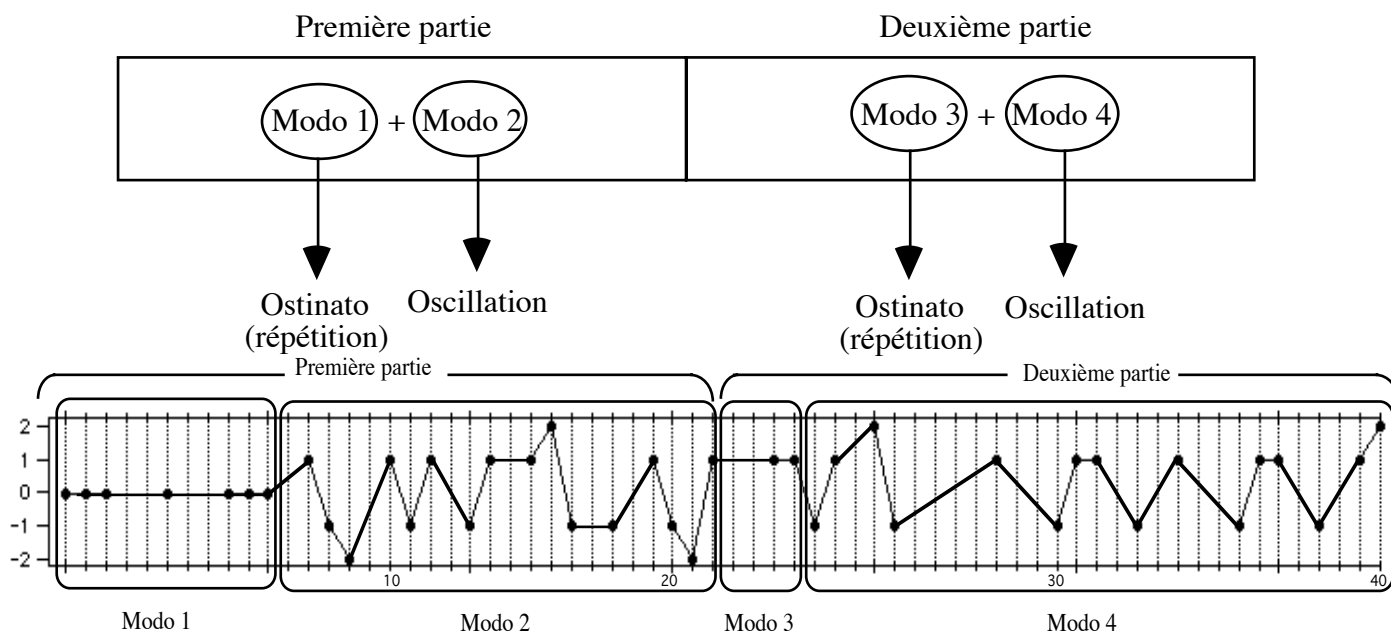


Figure 124 : Structure bipartite de la deuxième (II) de *Six petites pièces pour piano* op. 19 d'Arnold Schönberg

Par rapport à la subdivision de la pièce en deux parties, nous avons exprimé précédemment que les deux segments E et Er apparaissent justement dans un endroit de la trajectoire où cristallisait une sorte de réexposition compactée, sous forme de « souvenir » de l'ostinato du début (deuxième partie de la mesure 5). Nous avons indiqué aussi que cette très courte réexposition était suivie d'une sorte de conclusion de la première partie (hypothétique) de la pièce, située dans la mesure 6 avec l'accord placé sur le troisième temps (segment Br).

Or, l'analyse de la forme de la trajectoire (figure 124 précédente) nous a donné une autre configuration de la structure morphologique de cette pièce. En effet, la première partie conclut à la fin du segment B, et non pas à la fin du segment Br, tel que le suggère l'écoute de l'œuvre. Nous pensons que ce qui se met en évidence ici, dans le cas de cette pièce pour piano de Schönberg, est que l'œuvre peut donner à l'auditeur la sensation de forme ou de « discours ». Cela se produit, comme nous le savons tous, à travers l'enchaînement d'événements sonores qui donnent l'impression de mouvement, de pause ou repos selon les cas.

À partir de ce constat, nous pouvons déduire que, selon les situations, *la forme d'une œuvre musicale, forme mise en évidence à travers la trajectoire ondulatoire, pourrait coïncider ou non avec la forme subjective qui peut s'en déduire de l'écoute de l'œuvre.*

Ici, la méthode d'analyse ondulatoire, démontre une fois de plus la *pertinence objective de notre approche morphologique*. La forme de l'œuvre cristallisée à partir de l'application de la segmentation ondulatoire analytique et qui se manifeste dans la trajectoire ondulatoire segmentée (par les segments ondulatoires), nous informe de la *structure réelle*, nous le croyons ainsi, de la *véritable forme* de l'œuvre musicale.

L'on pourrait déduire aussi que, lors de l'écoute de l'œuvre, une sorte d'idéalisation de la forme s'installe, idéalisation qui n'exclut pas l'aspect affectif de chaque individu. Dans ces cas, la notion de forme est liée à la partie subjective qui comporte le phénomène musical en général qui lui relie à des aspects du langage par exemple, à une sorte de syntaxe mais cette dernière approchée à la langue, il ne faut pas l'oublier.

L'aspect précis qui véhicule notre notion de forme, de morphologie, ne peut pas accepter l'aspect subjectif de l'individu vis-à-vis de la structure d'une l'œuvre musicale, surtout si cet aspect subjectif émane de l'écoute de l'œuvre.

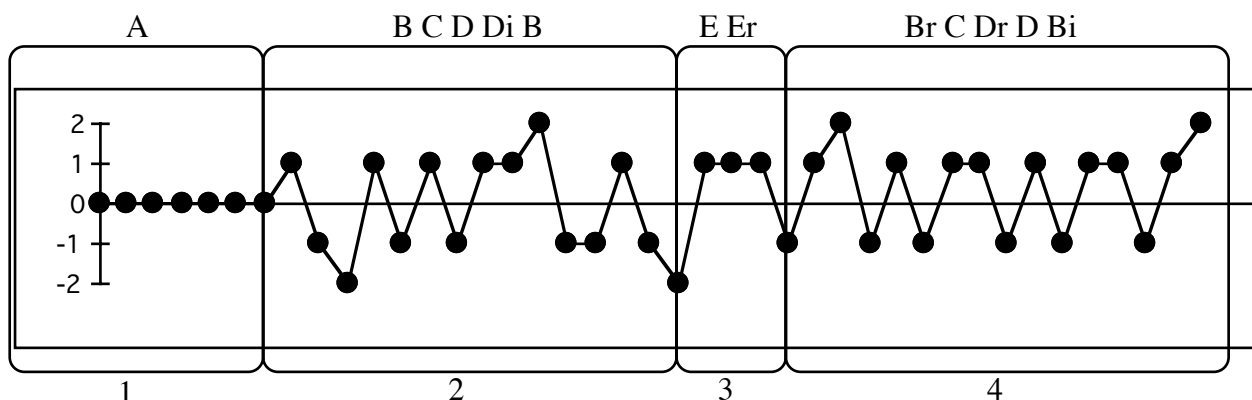
Il est évident que l'analyste va se trouver, qu'il le veuille ou non, au moment de l'application de la segmentation ondulatoire analytique, dans une situation où il faut faire des choix par rapport à comment trouver la segmentation la plus adéquate à chaque trajectoire étudiée.

Dans ce cas-là, l'analyste devra être attentif en face de l'objectivité intrinsèque que la trajectoire ondulatoire de l'œuvre comporte elle-même. Donc, il s'agit d'être objectif malgré la grande dose de subjectivité que nous avons tous en tant qu'individus au moment de choisir une segmentation adéquate. Autrement dit, les moments forts d'articulation (cadences, changements de volume (dynamiques), silences etc.) dans le processus sonore que l'œuvre déclenche n'indiquent pas, dans la plupart des cas, qu'il aura une sorte de coïncidence au niveau morphologique (morphologique-ondulatoire, nous le rappelons).

C'est justement ce qui nous est arrivé au moment de choisir la segmentation de la trajectoire de cette pièce de Schönberg. Un exemple, le segment A, (celui qui contient l'ostinato des notes sol⁴ et si⁴), nous l'avions précédemment imaginé comme une structure formée par trois éléments, donc deux zéros (0 0). Après l'analyse des segments D et E, segments qui comportent aussi des répétitions (0), nous avons compris que le segment ondulatoire A devait comporter une répétition (0) et non pas deux répétitions (0 0). De cette façon, les segments D et E abritent dans leur structure le segment A, segment A qui est, nous le verrons plus tard, celui qui véhicule l'idée fondamentale de cette pièce de Schönberg.

En disposant le segment A avec une répétition (0), la morphologie de la pièce trouve une segmentation plus adéquate pour la trajectoire ondulatoire mais aussi pour la forme de l'œuvre elle-même (cf. les figures 124 et 125 précédentes).

3.3.7. Le modèle ondulatoire



Modèle ondulatoire (blanc) de la deuxième (II) de *Six petites pièces pour piano* op. 19 d'Arnold Schönberg

Figure 125

Tel que nous l'avons indiqué précédemment, le modèle ondulatoire de cette pièce représentée dans la figure 103, reflète une structure morphologique assez équilibrée et symétrique (cf. la notion de modèle ondulatoire blanc (2.22. : 179).

Par rapport à l'équilibre, nous pouvons observer que, en ce qui concerne le nombre d'éléments de chaque division, la première division du modèle contient 7 événements et la troisième division contient 4 événements. Nous rappelons que ces deux divisions ont été analysées précédemment, la division 1 est le Modo 1 et la division 3 est le Modo 3 (cf. la figure 124 précédente).

La seconde et la quatrième division comportent chacune exactement 15 éléments (événements). Là nous observons un phénomène de régularité très intéressant. Il est important d'indiquer que cette *régularité*, que l'on peut percevoir dans le modèle blanc ci-dessus, n'exprime pas ou ne concerne pas la structure de durées. Nous parlons ici de régularité de la morphologie du *processus sonore musical* mis en évidence par la trajectoire ondulatoire. Nous rappelons que ces deux divisions (2 et 4) ont été analysées précédemment, la division 2 est le Modo 2 et la division 4 est le Modo 4 (cf. la figure 124 précédente).

Par rapport à la symétrie, tel que nous l'avons déjà exprimé dans la page 369 et les pages suivantes, la première partie du modèle se répète de manière assez proche dans la seconde moitié de la structure du modèle. Les divisions 1 et 2 se ressemblent de très près aux divisions 3 et 4 respectivement.

Autre détail appréciable à souligner consiste en ce que le modèle blanc objective de manière claire que, dans la division 2, la trajectoire descende au degré -2 de façon consécutive ou conjointe, (segments B). À noter aussi que, dans cette division, il n'y a pas de suite de 2 mouvements ascendants conjoints (+1 +1).

La division 4, présente une structure tout à fait contraire à la division 2. Cela est d'ailleurs un détail qui montre cette sorte de symétrie propre à cette trajectoire ondulatoire. En effet, cette division commence et finit avec des segments B, et nous pouvons déceler qu'il n'y a pas de suite de 2 mouvements descendants conjoints (-1 -1), cf. la figure 125 précédente.

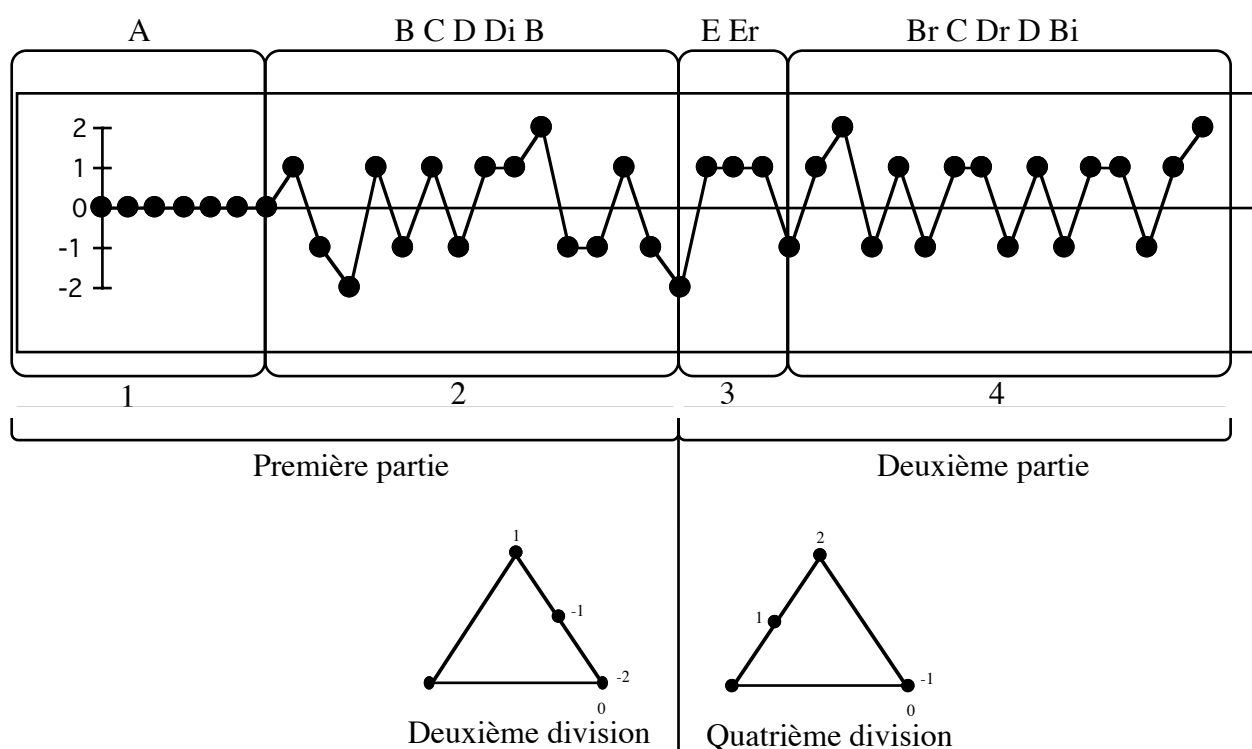


Figure 126 : Symétrie bilatérale entre les divisions 2 et 4 du Modèle ondulatoire (blanc) de la deuxième (II) de *Six petites pièces* pour piano op. 19 d'Arnold Schönberg

La figure 126 de la page précédente, représente la structure ondulatoire totale des divisions 2 et 4 du modèle blanc de cette pièce pour piano. En comparant les deux structures (triangles), nous apercevons qu'une forme de symétrie bilatérale très nette existe entre ces deux structures.

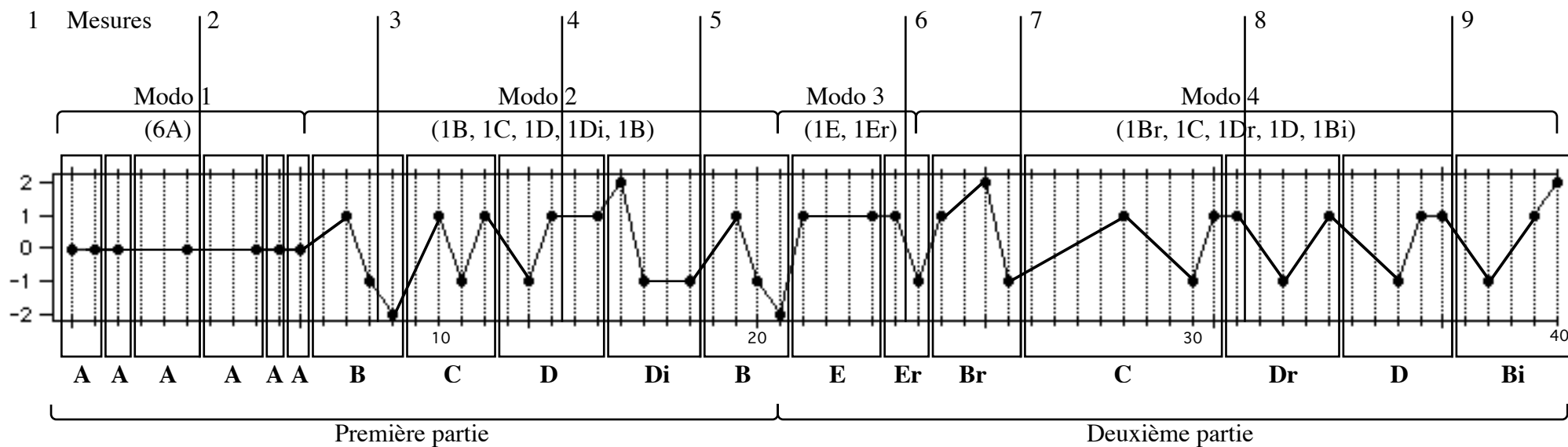
Grâce à cette représentation graphique des structures ondulatoires totales des deux divisions, avec le modèle blanc dans la partie supérieure, nous pouvons aussi observer que dans la première partie, la musique a une tendance à descendre vers la région grave de la tessiture de fréquences.

Et la *symétrie bilatérale* de la seconde partie du modèle (division 4) avec celle de la seconde division nous montre, par conséquence, comment la musique tend, cette fois-ci, vers la région aiguë de la tessiture de fréquences. Peut-être qu'un musicien avec un peu de malice pourrait arguer qu'il n'est pas nécessaire de construire une trajectoire ondulatoire pour se rendre compte de ce que nous venons d'expliquer. Alors, pour ce type des questions, nous nous permettrons de répondre que c'est grâce à la portée *morphologique* de la méthode d'analyse ondulatoire, que des choses aussi évidentes ou banales que celles-ci peuvent *aussi* être rendues visibles.

La figure 127 de la page suivante représente le modèle ondulatoire dans sa modalité générale (cf. la notion de modèle général (2.22. : 179). Le modèle ondulatoire général de cette pièce pour piano comporte tous les informations que nous avons élucidé au cours de cette analyse. Nous pouvons visualiser les périodicités, symétries, irrégularités, la structure segmentée de la trajectoire ondulatoire, la répartition des segments ondulatoires vis-à-vis des mesures, les Modos avec leurs respectifs segments qui les conforment, la division du modèle en deux parties donc de l'œuvre, etc.

1 Langsam (♩)
 2 3 *espress.*
 4 5 *gut in takt*
 6 7 8 9 *poco rit.*

äußerst kurz
mf
p
erwas gedehnt
pp
pp



Modèle ondulatoire (détaillé) de la deuxième (II) de *Six petites pièces pour piano* op. 19 d'Arnold Schönberg

Figure 127

3.3.8. Le mécanisme morphogénétique de la trajectoire ondulatoire

L'origine du principe de prolifération c'est-à-dire le noyau où se génère le processus de développement de la trajectoire ondulatoire pourrait être envisagée de plusieurs façons.

1. À partir du segment A (0).
2. À partir des segments E et Er (+1 0) et (-1 0) respectivement.

Nous allons, pour cette analyse, opter pour la première option, c'est-à-dire celle qui situe le segment A comme l'élément où vont se former ou dériver les différents segments ondulatoires.

Par ailleurs, les segments E et Er, apparaissent comme une option non négligeable car les trois mouvements possibles (+1 -1 0) sont présents. Mais, notre choix pour la première option nous paraît plus adéquat car l'ostinato, selon nous, s'avère être le porteur aussi de l'idée fondamentale de cette pièce.

Nous situerions donc l'origine du principe de prolifération c'est-à-dire le noyau où se génère le processus de développement de la trajectoire ondulatoire de la seconde pièce de l'opus 19 de Schönberg dans l'*ostinato* objectivé, comme nous le savons, par les notes sol4 et si4. Nous avons observé tout au long de l'analyse de la trajectoire ondulatoire de cette pièce que la répétition (l'ostinato) occupe une très grande partie de la surface de la trajectoire ondulatoire. En effet, cet ostinato est présent aussi dans les segments D et E, avec ces respectives permutations.

La figure 128 ci-dessous (page suivante) montre les endroits où l'ostinato (sol4 et si4) apparaît. Le total du nombre de fois d'apparition de cette répétition (0) est de 12.

Le mécanisme de prolifération généré par le segment A, nous pouvons l'imaginer comme *un processus qui consisterait en la déviation de la trame périodique formée par les segments A* (répétitions (0)).

Ce processus ressemble à celui que nous avons énoncé dans l'analyse du prélude de Bach en do mineur (cf. (3.2.10.2.1. : 275)).

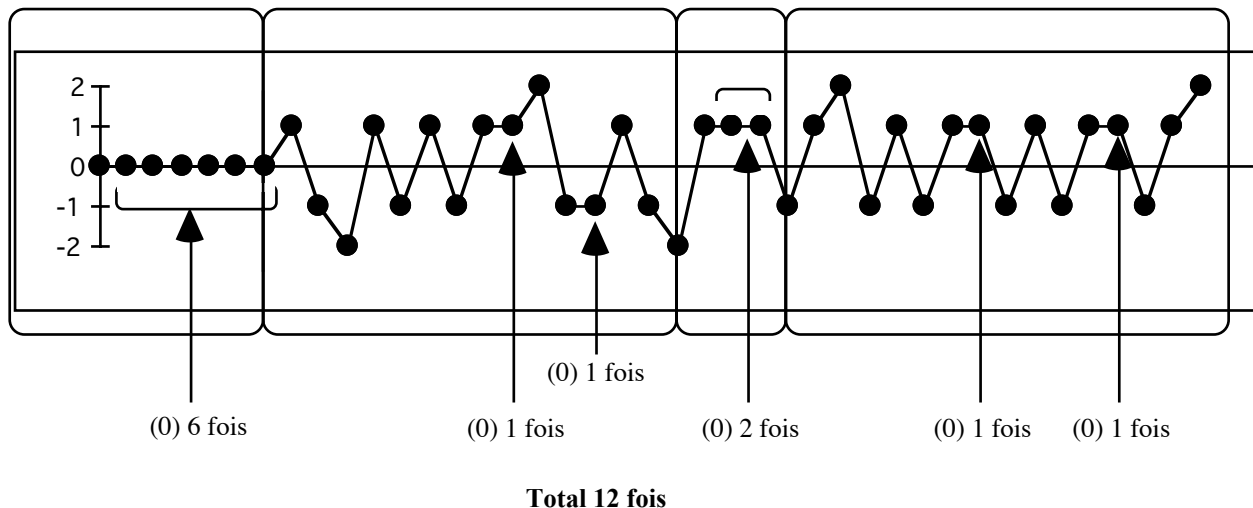
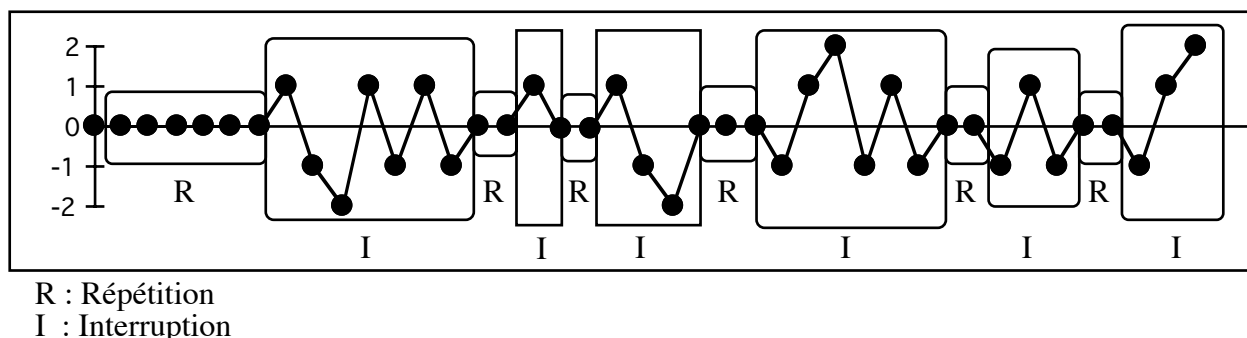


Figure 128 : Les douze répétitions du segment A de la deuxième (II) de *ix petites pièces* pour piano op. 19 d'Arnold Schönberg

En effet, l'idée fondamentale de cette petite pièce consisterait, vu dans un point de vue intuitif, en une entité, la répétition ou ostinato, laquelle *assurera* ou *permettra* l'existence d'une sorte de processus musical à deux versants. Le premier, la répétition elle-même (0), et le deuxième, l'interruption de la répétition (0) par des mouvements ascendants ou descendants (+1 -1).

Cette constatation, d'ailleurs très évidente, va se révéler de façon plus objective avec la représentation graphique de ce processus. La figure 129 ci-dessous permet d'examiner la



Représentation graphique du mécanisme de prolifération généré par le segment A (0)

Figure 129

trajectoire ondulatoire structurée par ces deux versants, la répétition et l'interruption ou bifurcation de la répétition. Nous avons placé les répétitions sur l'axe zéro, les bifurcations

sont représentées clairement au-dessus et au-dessous de l'axe. Un détail que nous n'avions pas pensé trouver en analysant de cette façon la trajectoire, est que les séquences de répétitions (R) et d'interruptions (I) apparaissent 6 fois respectivement. Encore une fois, l'analyse ondulatoire nous dévoile une autre forme de symétrie ou d'équilibre cette fois-ci correspondant aux deux principes qui gouvernent le processus d'engendrement de la trajectoire de cette pièce.

3.3.8.1. Le substrat ondulatoire

Nous rappelons que le substrat ondulatoire d'une pièce est constitué des segments qui apparaîtront en majeur nombre dans la trajectoire ondulatoire de la pièce étudiée. Le substrat ondulatoire de la seconde pièce de l'opus 19 de Schönberg serait donc constitué de segments A. Voici la relation d'apparition ou d'utilisation dans la trajectoire ondulatoire de chaque segment ondulatoire (permutations comprises).

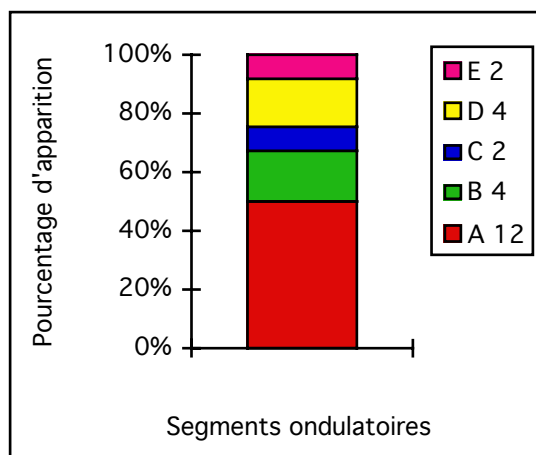
Le segment A apparaît 12 fois

Le segment B apparaît 4 fois

Le segment C apparaît 2 fois

Le segment D apparaît 4 fois

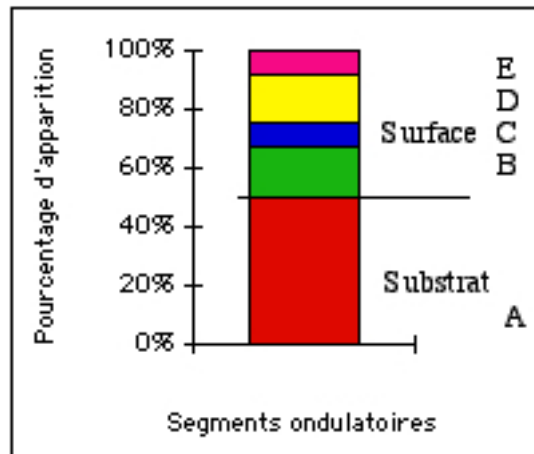
Le segment E apparaît 2 fois



Relation d'utilisation dans la trajectoire ondulatoire de chaque segment ondulatoire

Figure 130

La figure 130 précédente montre déjà la disposition du substrat ondulatoire de cette pièce de Schönberg. Nous pouvons observer que le segment A comporte un pourcentage de 50 % c'est-à-dire la moitié de la superficie de la trajectoire. Les segments B et D avec un pourcentage de 17 % et les segments C et E avec un pourcentage de 8 %.



Le substrat et la surface ondulatoire de la deuxième pièce pour piano op. 19 d'Arnold Schönberg

Figure 131

La figure 131 (ci-dessus) représente de manière graphique le substrat et la surface ondulatoire de la trajectoire ondulatoire de cette pièce pour piano. Il est intéressant d'observer que le substrat est formé par le premier versant dont nous avons parlé précédemment (la répétition, l'ostinato), et la surface contient le deuxième versant, c'est-à-dire les interruptions de la répétition (ostinato) de cette pièce.

3.3.8.2. L'idée fondamentale

L'idée fondamentale de cette petite pièce de Schönberg n'apparaît pas difficile à situer car, comme nous les savons, ce morceau est de très courte dimension. Les éléments musicaux contenant des indices pertinents susceptibles d'énoncer son idée fondamentale sont facilement localisables.

Nous avons déjà exprimé que, l'idée fondamentale de cette petite pièce consisterait, vu dans un point de vue intuitif, en une entité, la répétition ou ostinato, laquelle *assurera* ou *permettra* l'existence d'une sorte de processus musical à deux versants. Le premier, la répétition elle-même (0), et le deuxième, l'interruption de la répétition (0) par des mouvements ascendants ou descendants (+1 -1).

Or, l'analyse nous a montré que l'idée fondamentale se situe effectivement dans le segment A, car c'est le segment le plus présent dans la trajectoire ondulatoire. Mais en même temps, l'on pourrait penser que l'idée fondamentale de cette pièce, au moins dans un contexte subjectif et musical, pourrait se trouver aussi dans une sorte de lieu ou plutôt milieu entre l'ostinato et ces bifurcations vers le haut et vers le bas.

Là nous évoquerions une autre sorte d'idée. Ce serait plutôt quelque chose qui concentrerait le programme pour ainsi dire, le *principe générateur* implicite dans la pièce. Ce principe dont nous avons déjà parlé serait celui qui permet l'équilibre que nous avons effectivement localisé entre la répétition (0) et les ondulations vers le haut et vers le bas (cf. la page 377).

À travers l'identification de ce principe, émerge donc l'idée fondamentale, la répétition et plus précisément l'ostinato de cette pièce de Schönberg.

3.3.9. Le processus d'engendrement de la trajectoire ondulatoire

Le processus d'engendrement de la trajectoire ondulatoire de cette pièce comporte un numéro réduit de règles car, comme nous le savons, cette pièce est très courte. Tel que nous l'avons explicité précédemment, l'architecture de la trajectoire ondulatoire compartimentée en deux parties symétriques nous donne déjà des renseignements pour imaginer l'organisation des règles d'engendrement de la trajectoire ondulatoire.

En effet, un premier relevé simple de la succession des segments nous donne une idée précise de la nature ou de la configuration des règles d'*interaction* des segments ondulatoires.

		Succède									
		A	B	Br	Bi	C	D	Di	Dr	E	Er
P r é c è d e	A	5	1								
	B					1				1	
	Br					1					
	Bi										
	C						1		1		
	D				1			1			
	Di		1								
	Dr						1				
	E										1
	Er			1							

Matrice de règles d'interaction des segments de la trajectoire ondulatoire

Figure 132a

La figure 132a ci-dessus représente les règles d'interaction entre les différents segments de la trajectoire ondulatoire de la seconde pièce de l'opus 19 de Schönberg. Grâce à cette matrice nous pouvons déceler de façon systématique et *aléatoire* des listes des segments qui se succèdent et qui se précèdent entre eux. Mais, établir l'ordre correct de la succession des segments est une tâche presque impossible, en tout cas très laborieuse. Le seul segment qui se répète et qui se précède lui-même est A. Nous pouvons apprécier aussi que le segment Bi ne précède aucun segment, donc c'est avec celui-ci qui finisse la trajectoire ondulatoire.

A A A A A A B C D Di B E Er Br C Dr D Bi

En plaçant la liste des segments ondulatoires par ordre d'apparition (ci-dessus) de cette trajectoire, nous pouvons la comparer avec la matrice de règles d'interaction de la figure 132a.

3.3.9.1. Les règles locales d'engendrement de la trajectoire ondulatoire

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	A	A	A	A	A	B	C	D	Di	B	E	Er	Br	C	Dr	D	Bi

Segments	Occurrence	Précède	Succède	Ordre	
A	6	A (5)		1-6	A
B	2	C, E	A, Di	7, 11	B
Br	1	C	Er	14	Br
Bi	1		D	18	Bi
C	2	D, Dr	B, Br	8, 15	C
D	2	Di, Bi	C, Dr	9, 17	D
Di	1	B	D	10	Di
Dr	1	D	C	16	Dr
E	1	Er	B	12	E
Er	1	Br	E	13	Er
Total	18 segments				

Tableau qui schématise la liste des règles locales d'engendrement

Figure 132b

Le tableau de la figure 132b énonce enfin les règles locales qui permettent la reconstruction totale de la trajectoire ondulatoire de cette pièce. Nous insisterons encore une fois sous le caractère probablement superflu pour certains de présenter la suite de règles locales qui objectivent la morphogénèse de la trajectoire étudiée. Mais, encore une fois, nous rappellerons que cette opération est et doit être un passage obligé dans l'analyse d'une œuvre qui permet effectivement d'assurer la compréhension et l'appréhension de la morphogénèse intrinsèque à la trajectoire étudiée.

Nous pouvons énoncer donc, en effectuant la lecture du tableau de la figure 132b, les règles locales de l'engendrement (morphogénèse) de la trajectoire ondulatoire de cette pièce.

Voici un premier inventaire des règles locales :

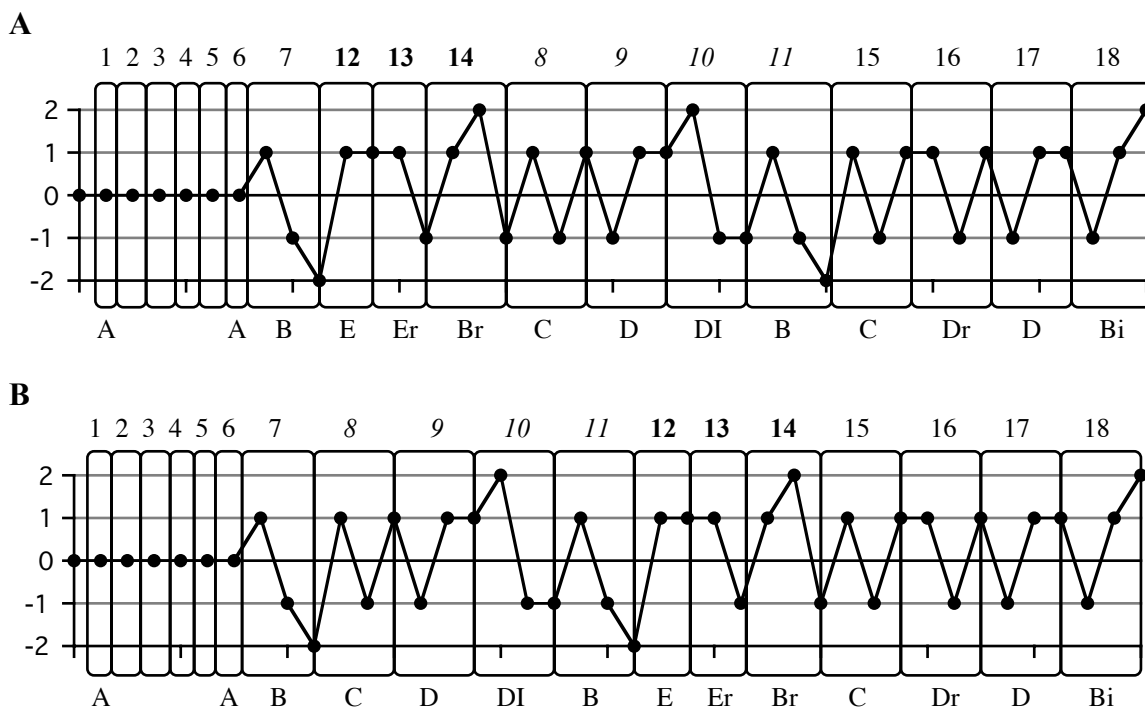
<p>Segment A :</p> <p>1. A précède 5 A.</p>	<p>Segment B :</p> <p>2. B précède C. 3. B précède E. 4. B succède A. 5. B succède Di.</p>
<p>Segment Br :</p> <p>6. Br précède C. 7. Br succède Er.</p>	<p>Segment Bi :</p> <p>8. Bi succède D.</p>
<p>Segment C :</p> <p>9. C précède D. 10. C précède Dr. 11. C succède B. 12. C succède Br.</p>	<p>Segment D :</p> <p>13. D précède Di. 14. D précède Bi. 15. D succède C. 16. D succède Dr.</p>
<p>Segment Di :</p> <p>17. Di précède B. 18. Di succède D.</p>	<p>Segment Dr:</p> <p>19. Dr précède D. 20. Dr succède C.</p>
<p>Segment E:</p> <p>21. E précède Er. 22. E succède B.</p>	<p>Segment Er:</p> <p>23. Er précède Br. 24. Er succède E.</p>

Figure 133 : La liste des règles locales d'engendrement de la trajectoire ondulatoire de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

Nous pouvons réaliser la lecture de ces règles en partant de n'importe quel endroit de la liste de la figure 133. Cependant, il y a deux règles, lesquelles indiquent le début de la trajectoire (règle 1), et la fin de la trajectoire (règle 8, car le segment Bi ne précède aucun segment).

Justement, pour exemplifier cela, nous avons fait une lecture arbitraire de la liste de règles et nous avons obtenu comme résultat une trajectoire ondulatoire *différente* de la version originelle de cette pièce. Nonobstant, la trajectoire ondulatoire que nous avons obtenue respecte toutes les règles locales d'engendrement. Voici l'ordre de la lecture de règles que nous avons réalisé :

1, 4, 3, 21, 23, 12, 9, 13, 17, 2, 10, 19 et 14.



La nouvelle trajectoire ondulatoire obtenue à partir de la lecture arbitraire des règles

Figure 134

La figure 134 montre la trajectoire ondulatoire que nous avons obtenue à partir de la lecture arbitraire des règles locales d'engendrement. La nouvelle trajectoire (A) permute l'ordre des segments par rapport à la trajectoire ondulatoire originelle (B) tel que le montrent les chiffres en gras et en italique.

Notre démarche soulève plusieurs questions intéressantes.

- Premièrement, par rapport aux règles elles-mêmes. La liste de règles que nous venons d'énoncer (cf. la figure 133) comporte en réalité deux types différents de règles. Le premier est appelé normalement, liste de règles de précedence. Le deuxième type est appelé, liste de règles de succession. Sur la notion de règles de précedence et/ou succession cf. [Abdulrab : 1990], notamment les pages : 149 à 155.

Dans le cas de la reconstruction que nous avons faite, nous avons réalisé une lecture parfois de règles de précédence et parfois de celles de succession.

- Deuxièmement, la reconstruction exacte d'une structure quelconque, ou dans notre cas, d'une trajectoire ondulatoire, dépendra de la forme dans laquelle seront énoncées les règles d'engendrement et aussi de son interprétation. C'est pour cette raison que la lecture libre des règles que nous avons réalisée nous aura permis de construire une trajectoire différente de l'originelle.

Or, ce qui se dégage ici à partir de notre démarche de reconstruction de la trajectoire de cette pièce est que, dans une trajectoire ondulatoire ou dans une structure ondulatoire quelconque, *à partir du moment qu'il y a des répétitions de segments, il sera donc possible d'assembler différentes versions de la structure modèle.*

Alors, une solution s'impose si nous voulons reconstruire exactement la version modèle dans les cas de trajectoires ondulatoires où nous trouverions des répétitions de segments. Pour ce faire, il suffira d'énoncer une liste par triplets.

Règle	Segments		
	<i>Succède</i>		<i>Précède</i>
1		A	A (5)
2	A (5)	B	C
3	Di	B	E
4	Er	Br	C
5	D	Bi	
6	B	C	D
7	Br	C	Dr
8	C	D	Di
9	Dr	D	Bi
10	D	Di	B
11	C	Dr	D
12	B	E	Er
13	E	Er	Br

Figure 135 : La liste des règles locales d'engendrement (par triplets) de la trajectoire ondulatoire de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

La liste par triplets consisterait en l'énonciation de trois segments ondulatoires par règle sauf pour le commencement et la fin de la trajectoire où il est seulement possible d'énoncer deux segments. La figure 135 de la page précédente montre donc sous forme de tableau les règles locales d'engendrement (par triplets) de la trajectoire ondulatoire de la seconde pièce pour piano de Schönberg. La rangée « Règle » attribue à chaque règle un numéro. La rangée « Succède » désigne le segment auquel doit succéder le segment inscrit dans la rangée « Segment ». La rangée « Précède » montre le segment qui doit précéder le segment inscrit dans la rangée « Segment ». Par exemple, la règle 1 se lit, un segment A précède 5 segments A. La règle 2 se lit : un segment B succède 5 segments A et précède un segment C. Ainsi de suite pour le reste des règles.

Ordre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Règles	1	2	6	8	10	3	12	13	4	7	11	9	5
		A (5)	B	C	D	Di	B	E	Er	Br	C	Dr	D
	A	B	C	D	Di	B	E	Er	Br	C	Dr	D	Bi
	A (5)	C	D	Di	B	E	Er	Br	C	Dr	D	Bi	

Figure 136 : La liste des règles locales d'engendrement (par paires) de la trajectoire ondulatoire de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

La figure 136 (ci-dessus) avec la nouvelle rangée « Ordre » nous montre l'ordre correct dans lequel nous pouvons simuler le processus mécanique de la morphogénèse de la trajectoire ondulatoire qui nous occupe. Nous avons réalisé et vérifié plusieurs lectures arbitraires des règles, cependant, l'on arrive toujours à assembler la trajectoire modèle. Cela est possible à cause de la mise par triplets des règles. L'ordre donc idéal à suivre, tel que le montre la figure 136, pour la reconstruction de la trajectoire ondulatoire est celui qui apparaisse dans la rangée « Règles ».

C'est-à-dire : 1, 2, 6, 8, 10, 3, 12, 13, 4, 7, 11, 9, 5.

3.3.10. Conclusion

Nous avons parcouru plusieurs modalités de présentation des règles d'engendrement de la trajectoire ondulatoire de cette pièce pour piano. La démarche méthodologique utilisée, laisse supposer que ces différentes modalités de présentation des règles d'engendrement sont applicables et généralisables à d'autres trajectoires, structures ondulatoires et aux modèles ondulatoires.

Il faudrait rappeler que nous avons agi sur la morphologie d'une trajectoire ondulatoire et non pas sur le contenu qui synthétise celle-ci. Cela ouvre une passerelle très intéressante sur la question de la *morphologie* vis-à-vis du *contenu* (forme et contenu). Nous n'allons pas développer ici cette problématique.

Cependant, nous voudrions avancer, à propos de cette problématique, que nous pensons que la trajectoire ondulatoire, ou bien le modèle ondulatoire d'une pièce, permettent effectivement l'établissement d'une sorte de séparation de ce qu'est la forme par rapport au contenu. Par contenu nous entendons la surface de l'œuvre (cf. la page 284), c'est-à-dire tout ce que la partition véhicule subjectivement, la notation qui contrôle et génère les processus musicaux qui à son tour engendreront le processus ondulatoire acoustique, c'est-à-dire, l'ensemble de signes qui symbolisent le contenu de l'œuvre. Pour les œuvres sans partition, il est évident qu'il faut placer cette *surface* dans la bande (le support physique), le programme informatique etc. enfin les entités qui contrôleront le processus ondulatoire acoustique.

Justement, la reconstruction de la trajectoire originale ou le modèle ondulatoire ainsi que la construction de différentes versions de la trajectoire ou du modèle ondulatoire sont un exemple qui montre que la forme de l'œuvre est indépendante du contenu. L'organisation du contenu de l'œuvre va s'*inscrire* dans une forme unique, sa trajectoire ondulatoire.

Or, la forme de l'œuvre objectivée de manière concise que ce soit dans sa trajectoire ou dans son modèle ondulatoire, va permettre, en outre, d'individualiser chaque œuvre grâce à sa *morphologie ondulatoire particulière*.

Pour illustrer notre propos, il suffirait de se référer, par exemple, à la notion classique de prélude dans laquelle il est impossible de différencier de manière objective la forme de deux préludes distincts – en tout cas en ce qui concerne la forme (réelle) d'un prélude par rapport à un autre. Comme nous les savons très bien, la littérature analytique musicale actuelle ne peut pas offrir des outils qui permettraient la construction de vrais modèles de la forme d'une pièce de musique donnée. Nous croyons que cela est dû au fait que la question de la *forme* n'a pas été traitée ou posée sous un angle pertinent.

Or, dans le contexte de notre thèse, nous ne pouvons pas accepter la nomenclature très répandue dans laquelle la morphologie d'une pièce peut être objectivée sous la formule, par exemple A B A, entre autres. Nous savons aussi que ces lettres (A B A) n'objectivent rien vraiment d'un point de vue du concept de forme tel qu'il est entendu dans la tradition scientifique générale. Évidemment que, dans un point de vue musical, ce type de nomenclature peut donner une certaine idée de l'organisation de la pièce, mais cela, à nos yeux reste toujours dans un domaine qui n'est pas objectif vis-à-vis de la notion de forme.

Ici, la forme de chaque œuvre trouve sa singularité ou statut propre. Il serait très difficile, pour ne pas dire impossible que la forme (trajectoire ou modèle ondulatoires), par exemple, de deux préludes soit exactement identique. Mais, d'un autre côté, nous savons bien qu'avec la nomenclature imprécise par lettres que nous avons évoquée précédemment, il est parfaitement possible d'affirmer que la forme de deux œuvres musicales peut être similaire.

Si à l'intérieur de la méthode d'analyse musicale ondulatoire nous trouvons que la forme de deux pièces différentes serait similaire, cela voudrait dire qu'effectivement et objectivement nous parlons de *similitude morphologique*. Voilà donc l'un des points d'intérêt de notre approche ondulatoire :

La forme, devenue certainement un *objet analysable*, transformable, manipulable et surtout tangible, s'érige, en même temps, comme une sorte de synthèse de l'aspect phénoménologique de l'œuvre musicale. Or, la forme (ondulatoire) est *active*, car, comme nous l'avons déjà montré, elle *objective* l'aspect cinétique du processus (paradigme ondulatoire) implicite de la structure. En conséquence, la forme (ondulatoire) matérialise la phénoménologie du parcours événementiel de l'œuvre musicale.

3.3.11. Les différentes structures du modèle algorithmique

3.3.11.1. La structure temporelle

Comme toute pièce musicale courante, cette deuxième pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg présente une structure temporelle divisée en plusieurs niveaux. Pour cette analyse nous allons étudier les structures suivantes :

- du temps musical
- de silences
- de durées

3.3.11.2. La structure du temps musical

En regardant la partition, nous constatons qu'une seule indication du temps musical apparaisse, *Langsam*. Cependant, nous allons prendre comme de valeurs propres de cette structure du temps les indications locales qui régulent la célérité du temps musical. Nous avons donc 4 indications :

Langsam, etwas gedehnt, gut im takt et poco rit.

La structure qui se dégage de cette suite d'indications locales de la célérité du temps musical est simple et très équilibrée.

Mesure	1	6	7	9
Célérité du temps musical	<i>Langsam</i>	<i>etwas gedehnt</i>	<i>gut im takt</i>	<i>poco rit.</i>
Type de Mouvement	<i>(origine)</i>	-1	+1	-1

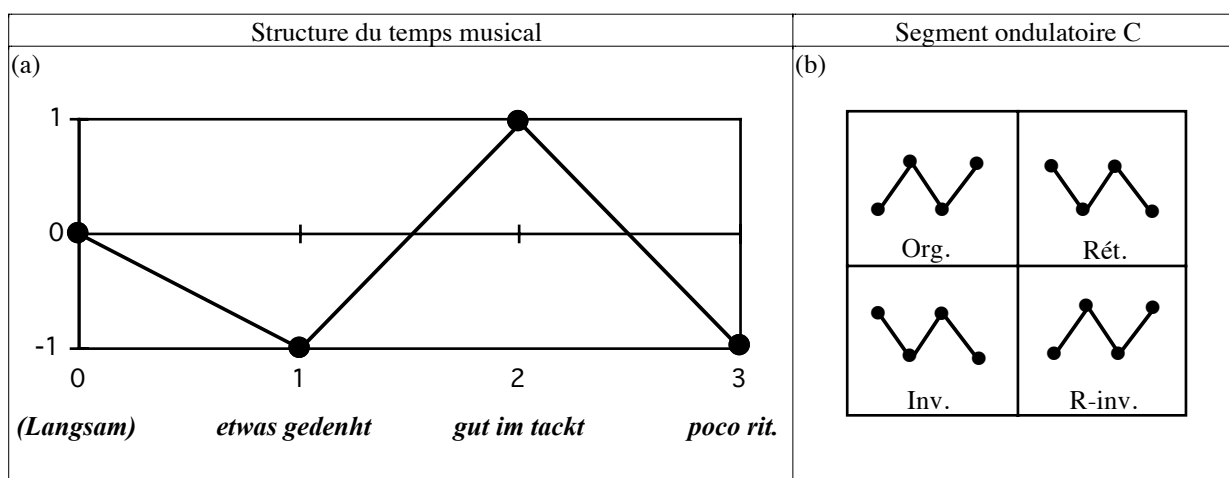
Tableau de la structure du temps musical de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

Figure 137

La figure 137 (ci-dessus) permet de constater l'organisation du temps musical de cette petite pièce pour piano. De la mesure 1 à la fin de la mesure 5, le temps est lent (*Langsam*).

La première modification de la célérité du temps musical est localisée dans la mesure 6 où le temps musical est moins vite (*etwas gedenht*). La deuxième modification se situe dans la mesure 7 avec la restitution du temps musical du début (*gut im tackt*). Enfin, la dernière modification du temps musical s'opère dans la dernière mesure avec *poco rit.*

La représentation en données ondulatoires de cette courte structure du temps musical de cette pièce comporte 4 points. Chacun d'entre eux correspondant aux différents changements du temps musical.



Graphes de la structure du temps musical de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

Figure 138

La figure 138 symbolise la correspondance entre ces 4 points et les changements du temps musical de cette pièce. Tout comme le montre le graphe de la figure 138, cette structure est assez simple, nonobstant elle correspond au segment ondulatoire C dans sa modalité de permutation inversée (cf. lettre (b) de la figure 138), cf. la figure 122 de la page 364.

3.3.11.3. La structure de silences

Nous rappelons que, tel que nous l'avons expliqué dans le paragraphe (2.30. : 183) et (2.30. : 184), nous considérons deux types de silences ou pauses musicales.

- Le silence d'écriture, lequel intervient dans la synchronisation des durées des sons des différentes parties ou voix d'une œuvre (cf. la première et la deuxième mesure, portée

supérieure de cette pièce pour piano, (page suivante). Le silence d'écriture ne représente pas une pause réelle (pas de son) dans le processus sonore d'une œuvre quelconque.

- Le silence réel, lequel se trouve entre deux événements sonores et qui produit un silence réel (pas de son) cf. la première mesure (portée inférieure) la troisième et la quatrième noire (temps) toujours sur cette pièce de Schönberg, (page suivante).

3.3.11.3.1. Les éléments de la structure de silences

La structure de *silences réels* de cette pièce pour piano comporte une organisation très régulière, seulement les silences de croches et de noires sont utilisés. Il est intéressant de signaler que cette structure de silences émerge comme une entité importante dans le déroulement de l'articulation du processus sonore de cette pièce. Effectivement, comme toutes les pièces musicales marquées par une régularité rythmique, la structure de silences forme une sorte de contrepoint entre les sons et les silences.

Un relevé rapide de la structure de silences réels montre déjà des régularités au niveau de la morphologie. La figure 139 de la page suivante, permet de préciser les régularités de la structure. Nous avons placé au-dessous de chaque silence réel les chiffres qui correspondent aux valeurs de durées des silences en croches.

Le chiffre 1 (un) correspond à une croche, le chiffre 2 correspond à une noire, cf. la figure 139 suivante.

Nous avons donc établi une liste qui montre de manière séquentielle le chiffrage de ce premier relevé de la structure de silences réels que voici :

(2 2 2) (1 1 2) (2 2 1) (1 2 1 1)

La liste ci-dessus, montre des indices très intéressants du côté des régularités. Un premier groupe de trois éléments apparaît comme le plus important.

1 Langsam (♩)

2

3 *espress.*

4

5

6

7 *gut in takt*

8

9

äußerst kurz

pp

mf

p

etwas gedehnt

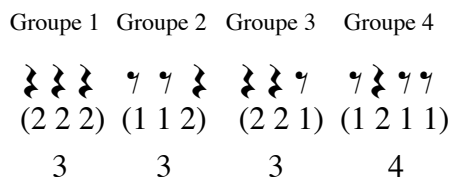
pp

pp

poco rit.

2 1 1 (2) 2 1 1 2 2 2 1 1 1 1 1 (2) 1 1

Figure 139 : Premier relevé de la structure de silences de la pièce II de *Six petites pièces* pour piano opus 19 de Schönberg



Premier relevé de la structure de silences réels de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

Figure 140

Le deuxième type de groupe contient 4 éléments. Nous avons donc, pour notre premier relevé, une structure qui comporte 4 segments, trois d'entre eux avec 3 éléments (groupes 1 à 3), et le dernier qui est formé par 4 éléments, dernier groupe.

En faisant une évaluation de façon intuitive du processus morphogénétique de cette structure, nous pouvons déduire que le groupe 1 (2 2 2) serait le morphogène (cf. la page 331) le plus important.

Le groupe 2 (1 1 2), émerge comme une sorte de transformation par réduction des éléments 1 et 2 du morphogène (2 2 2). Donc, $(2\ 2\ 2) \implies ((2-1)\ (2-1)\ 2)$ résultat : (1 1 2).

Le groupe 3 de silences, émerge comme une sorte de transformation par réduction du troisième élément du morphogène (2 2 2).

Donc, $(2\ 2\ 2) \implies ((2\ 2\ (2-1))$ résultat : (2 2 1).

Enfin, le groupe 4 de silences, émerge (aussi) comme une transformation par réduction et par séparation du premier et troisième élément respectivement du morphogène (2 2 2).

Donc, $(2\ 2\ 2) \implies ((2-1)\ 2\ (1\ 1))$ résultat : (1 2 1 1).

The musical score shows a series of notes and rests. Below the staff, vertical lines indicate the duration of silences. These silences are grouped into four categories:

- Group 1: Three silences of duration 2, represented as (2 2 2).
- Group 2: Two silences of duration 1 and one of duration 2, represented as (1 1 2).
- Group 3: Two silences of duration 2, represented as (2 2 1).
- Group 4: One silence of duration 1, one of duration 2, and two of duration 1, represented as (1 2 1 1).

Figure 141 : Localisation des groupes de silences de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

La figure 141 ci-dessus explicite la localisation des groupes de silences. Il est intéressant de noter la distance entre certains éléments des groupes de silences (groupes 2 et 3).

La structure de silences (réels) de cette pièce explicite aussi l'importance de ce type de structure dans l'organisation formelle d'une œuvre quelconque. Nous savons bien que, dans les milieux analytiques en général, certains auteurs défendaient l'importance du rythme dans l'analyse, surtout avec la contribution de Messiaen (cf. [Boulez : 1966 : 65 et suivantes]).

Justement, l'exemple de l'analyse de cette structure de silences montre qu'il faudrait aussi inclure l'étude des structures de silences réels dans la démarche analytique en général.

Nous avons fait remarquer précédemment ce qui concerne la distance entre certains éléments des groupes de silences, que cette structure serait par moment asynchrone. Nous pensons qu'il est pertinent d'énoncer que cette structure est d'une certaine manière asynchrone et synchrone. Aussi, il est intéressant de préciser ou plutôt de rappeler un constat qui peut être entendu comme une sorte de théorème. Le voici :

Si un fragment d'une structure de silences réels est synchrone, il n'y a pas de sons.

Si un fragment d'une structure de silences réels est asynchrone, il y a des sons.

Nous avons déjà fait la remarque précédemment en disant qu'il était nécessaire de signaler que cette structure de silences émerge comme une entité importante dans le déroulement de l'articulation du processus sonore de cette pièce. Effectivement, comme toutes les pièces musicales marquées par une régularité rythmique, la structure de silences forme une sorte de contrepoint entre les sons et les silences.

3.3.11.3.2. La durée de base de la structure de silences (réels)

La durée de base de cette structure est la croche. Tel que nous l'avons explicité plus haut, le chiffre 1 correspond à une croche et le chiffre 2 correspond à une noire. Voir la figure 142 ci-dessous.

⋈ ⋈ ⋈ γ γ ⋈ ⋈ ⋈ γ γ ⋈ γ γ
(2 2 2) (1 1 2) (2 2 1) (1 2 1 1)

Figure 142 : Chiffrage de la structure de silences réels de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

3.3.11.3.3. La courbe de la structure de silences (réels)

Cette petite pièce de Schönberg est, si l'on peut dire, traversée par la durée de croche. Cela se fait présent aussi au niveau de la structure de silences réels. La forme de contrepoint entre les deux structures de *sons* et de *silences* dont nous avons parlé précédemment s'articule aussi à partir de cette durée de croche.

Nous verrons plus tard, lors de l'analyse de la structure de durées, l'incidence de la croche à l'intérieur de cette structure de durées.

La courbe de la structure de silences comporte donc 13 éléments (de zéro à douze).

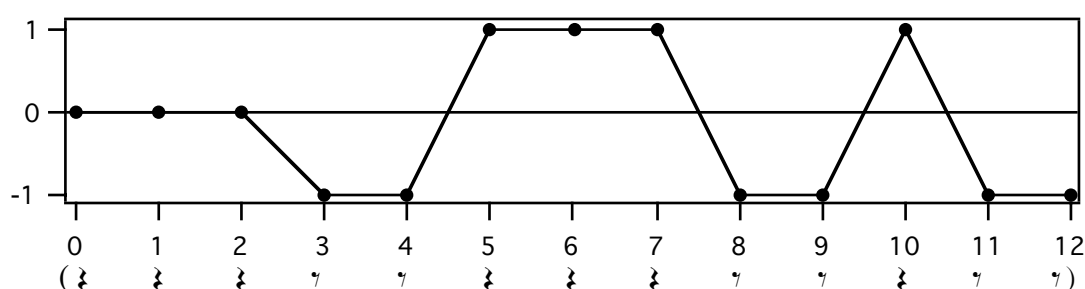
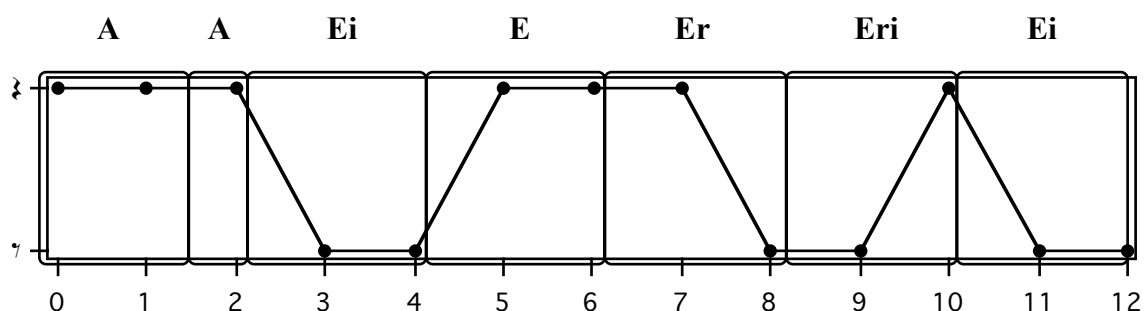


Figure 143 : Premier aperçu de la courbe de la structure de silences réels de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

La figure 143 ci-dessus nous permet d'apprécier un premier aperçu de la courbe de cette structure. Nous avons placé les silences (noires et croches) au dessous des abscisses pour mieux comprendre le graphique. Nous rappelons que *l'origine* de la courbe correspond à un silence de noire, c'est pour cela que les autres 2 silences de noirs (abscisses 1 et 2) se trouvent au même endroit (ordonnée 0). La sixième donnée (abscisse 5), silence de noire, est représentée par l'ordonnée 1, car cette durée de silence est plus grande que la précédente, une croche (-1). Rappelons que l'ordonnée zéro s'utilise seulement pour représenter l'origine d'une trajectoire avec l'exception, comme c'est le cas ici, quand les données suivantes répètent la même valeur de la donnée représentée dans l'origine.

3.3.11.3.4. La Segmentation de la structure de silences (réels)



Premier relevé de la structure de silences réels de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

Figure 144

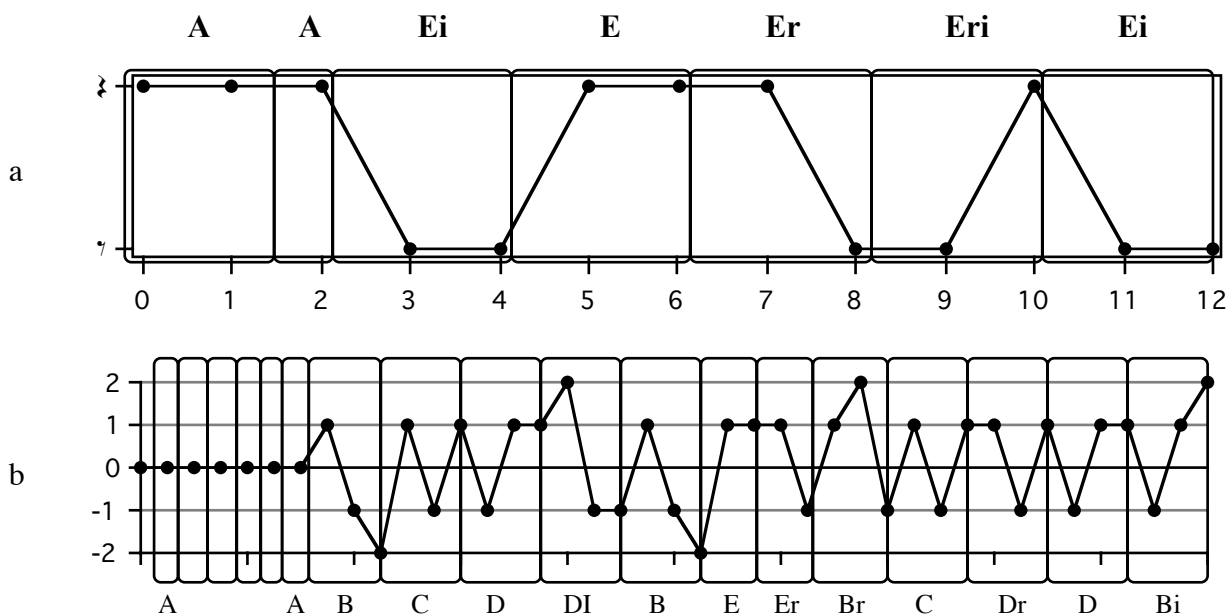
La figure 144 ci-dessus représente la structure segmentée que nous avons trouvée pour cette structure de silences. Tel que nous pouvons le constater, la segmentation ondulatoire analytique a été effectuée à partir des segments ondulatoires propres de la trajectoire ondulatoire de sons de cette pièce de Schönberg.

Si bien, l'ostinato de notes sol4 et si4 de la trajectoire ondulatoire de sons se met en évidence avec le segment A, ici, dans cette structure, l'on pourrait avancer qu'il y a une sorte d'ostinato qui se met en évidence aussi avec le segment A. Le segment E qui apparaisse dans toutes ses transpositions contient dans sa structure également l'ostinato (segment A), c'est-à-dire, la répétition d'un même type de silence.

Encore une fois, nous observons que l'idée que nous avons introduite précédemment, à propos d'une forme de contrepoint entre la structure de sons et celle de silences, se consolide encore de manière plus précise, grâce à l'application de la segmentation ondulatoire analytique à cette structure de silences. L'on pourrait dire que cette sorte de contrepoint se caractérise par une double périodicité entre ces deux structures. La valeur phénoménique de cette double périodicité est assurée par la durée de croche, celle-ci étant la durée de basse commune aux deux structures.

Il est vrai que cette constatation est en peu banale sous un angle proprement dit musicale car c'est une évidence pour un musicien. Mais ce qui nous a paru important de

mettre en valeur est que ce constat, à partir de la représentation en structures ondulatoires, acquiert une dimension d'intérêt surtout au niveau de *congruence de formes*, cette dernière, mise en évidence par la segmentation propre à chaque structure.



La trajectoire ondulatoire (sons) et celle de silences de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

Figure 145

Justement, la figure 145 permet de comparer les courbes de chaque structure, de silences (a) et de sons (b). La relative congruence ou similitude au niveau de formes (segments ondulatoires) se met en lumière de façon évidente (cf. l'idée fondamentale p. 377).

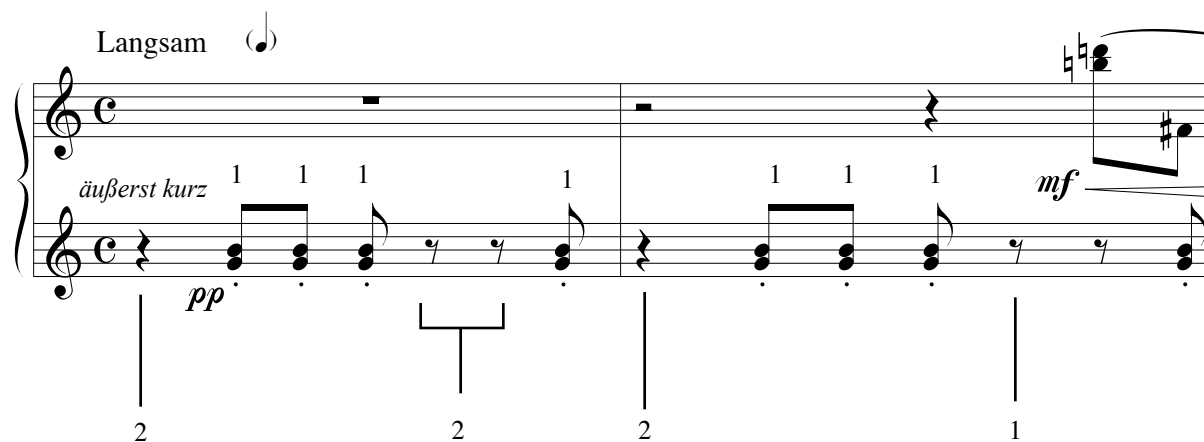


Figure 146 : Représentation du « contrepoint » (extrait) des structures de sons et de silences de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

La figure 146 de la page précédente rappelle donc l'idée de cette espèce de contrepoint qui s'établit entre les structures de sons et de silences de ce morceau de Schönberg. Il est intéressant de noter que la structure de silences (réels), portée inférieure, émerge comme une sorte de structure absente, mais en même temps, complémentaire de celle de sons.

3.3.11.4. La structure de durées

Cette structure est dominée par les durées de croches. Dans la mesure 5, portée supérieure l'arpège en double-croches se trouve « enveloppé » par une durée de croche. Donc, ce lieu précis sera représenté dans la courbe de la structure par une valeur de croche, nous avons déjà expliqué cela dans 3.3.5.2.

3.3.11.4.1. Les éléments de la structure de durées

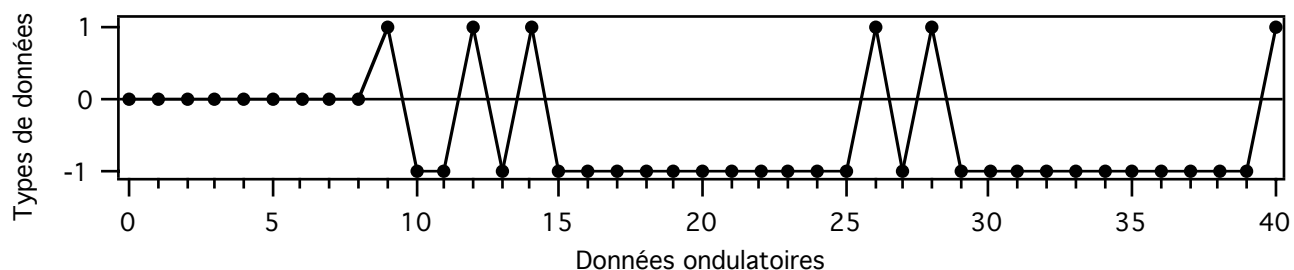
Cette structure comporte des valeurs de durées qui s'étalent de la croche à la blanche liée avec une croche. La durée de base de la structure de durées est la croche.

Pour cette analyse, nous avons choisi d'interpréter l'arpège, de la cinquième mesure comme une valeur simple de double-croche sans prendre en considération l'arpège, donc comme un accord. Nous rappelons que nous avons fait le même choix pour la construction de la trajectoire ondulatoire (de sons) de cette pièce.

3.3.11.4.2. La courbe de la structure de durées

Dans ce morceau nous pouvons déjà nous figurer que la structure de durées sera dominée par des zéros, zéros qui représenteront les mouvements horizontaux (répétitions) en raison de l'utilisation systématique de la valeur de croche, (cf. la partition du morceau, page 357).

Donc, nous pouvons imaginer un continuum de durées, plus au moins stable (croches), avec des interruptions plus au moins fréquentes qui se décèleront, dans la représentation de la courbe, par des données ondulatoires différentes de zéro.



La courbe de la structure de durées de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

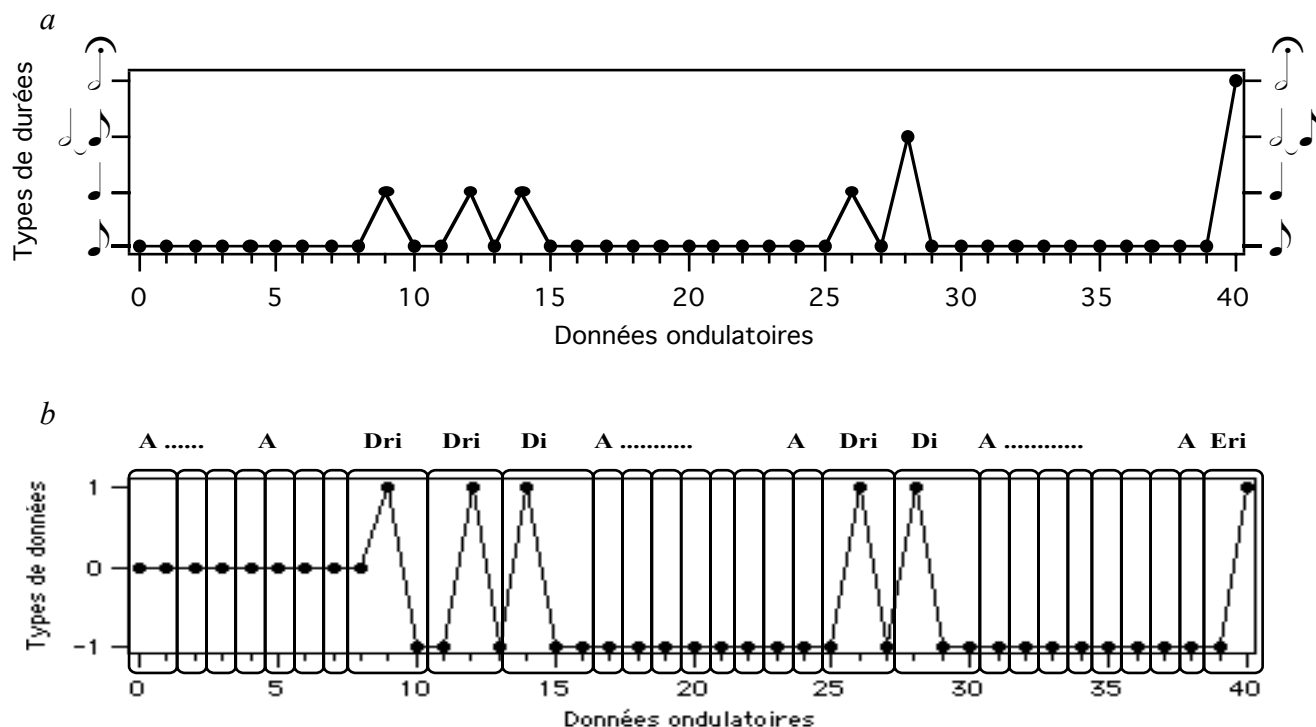
Figure 147

La figure 147 représente un premier aperçu de la courbe qui représente la structure de durées du morceau. Tel que nous l'avons avancé, le continuum du temps musical est très stable. Plusieurs choses se dégagent de ce graphique.

La première chose qui se met en évidence c'est la manifestation de l'ostinato, manifestation qui se met en évidence par les répétitions de données ondulatoires, toujours des croches. Si bien, les notes de référence de l'ostinato (dans la trajectoire ondulatoire) sont sol4 et si4, ici, nous observons que la structure de durées sustente l'ostinato de référence, mais en même temps, il se dégage un autre ostinato de valeurs de durées de croches. Cela veut dire qu'en effet, dans certains endroits de la partition, la répétition de durées de croches n'implique pas nécessairement les notes sol4 et si4 (cf. les mesures 2, 5, 7, 8, et 9 de la partition), p. 357.

Un autre fait intéressant à signaler est celui qui montre que, en effet, il y a donc une sorte d'ostinato *fondamental* ou dominant qui émane de la structure de durées. À partir de cette constatation, nous pouvons observer, maintenant avec plus de précision, qu'effectivement *l'idée fondamentale de ce morceau* se manifeste dans la figure de la répétition (cf. la figure 129 de la page 377).


3.3.11.4.3. La Segmentation de la structure de durées



La segmentation ondulatoire de la structure de durées de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

Figure 148

La figure 148 représente la trajectoire ondulatoire de la structure de durées qui résulte de l'application de la segmentation ondulatoire analytique. Nous avons trouvé une segmentation qui comporte 4 types différents de segments. *Tous ces segments sont issus de la trajectoire ondulatoire de sons de cette pièce* (cf. la figure 122 page 364). Il est très facilement repérable l'ostinato de durées représenté ici par le segment A (figure 148 b).

De 41 durées, en commençant par zéro, 35 durées sont des croches. Uniquement 6 durées ne sont pas de croches (figure 148 a). Il est intéressant d'observer que cette structure produit un processus de ralentissement de l'ostinato fondamental de croches. Des arrêts, valeurs de durées plus grandes (noires), vont se produire dans les données ondulatoires 9, 12, 14 et 26 (figure 148 a). La donnée 28 () anticipe déjà la fin du processus de ralentissement de l'ostinato. Enfin, la donnée 40 contient la fin de la structure de durées et de l'ostinato avec une durée de blanche avec un point d'orgue.

Encore une fois il faut rappeler que l'arpège de la mesure 5 (double-croche) est symbolisé dans la courbe par une croche et non pas, par une double-croche, car aux effets de

la représentation des points d'une trajectoire ondulatoire quelconque, nous appliquons la notion de densité étudiée auparavant. Donc, la valeur de la durée pour ce point de la trajectoire est la croche (donnée ondulatoire 19, do5 mib5), cf. la figure 122 de la page 364

Nous pouvons déceler une forme de continuité ou de périodicité qui se dessine dans cette trajectoire. Les segments Dri Di et Eri sont précédés et suivis de segments A (selon les cas).

				Totaux
A	7	8	8	23
Dri	2	1		3
Di		1	1	2
Eri			1	1

Figure 149 : Le Tableau du développement de la structure de durées de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

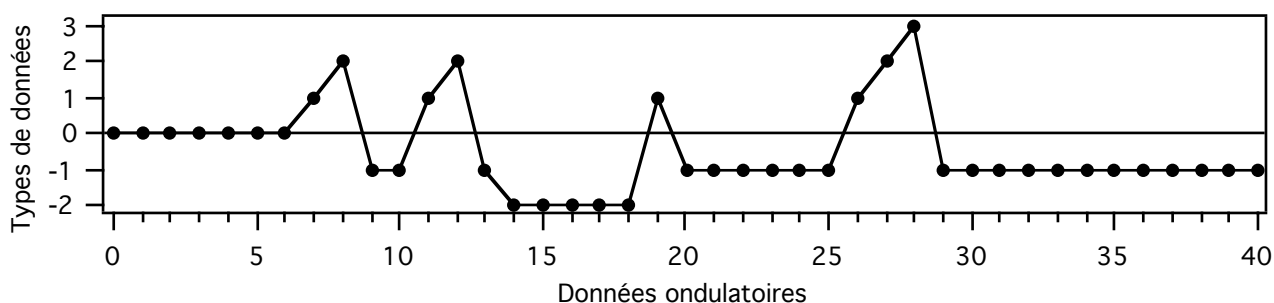
Le tableau de la figure 149 montre la séquence des enchaînements des segments ondulatoires. La séquence s'organise en trois parties, chacune d'entre elles commence avec un groupe de 7 ou de 8 segments A, suivie des segments Dri et Di. Pour la troisième partie de la séquence, l'organisation se fait par un doublet et non pas par un triplet comme dans les deux parties précédentes. Nous avons donc huit segments A qui précèdent un segment Eri.

Encore une fois, la congruence de formes dans cette pièce est un fait d'intérêt. Tout comme dans le prélude de Bach que nous avons analysé précédemment, les principes qui gouvernent cette structure de durées sont ceux de répétition et celui de déviation ou bifurcation. Jusqu'ici toutes les structures de cette pièce de Schönberg que nous avons analysées sont régies par l'ostinato, c'est-à-dire par la répétition presque systématique ou périodique de certains éléments qui vont produire une trame périodique facilement localisable à l'intérieur de chaque structure.

Nous allons voir si cette constatation s'applique aussi à la structure de dynamiques que nous aborderons maintenant.

3.3.11.5. La structure de dynamiques (intensités)

Cette structure comporte seulement trois types de dynamiques écrites, il s'agit des *PP*, *P* et *mf*. Cependant, dans la partition, nous pouvons observer qu'il y a, dans certains passages, des indications concernant le volume sonore de la pièce. À part les régulateurs (mesures 2, 3 et 6), il y a, par exemple, dans la mesure 5, (arpège) une indication d'attaque (>) que nous allons l'interpréter comme un incrément de volume (cf. la partition de cette pièce, page 357).



Premier aperçu de la structure de dynamiques de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

Figure 150

Un premier relevé de la structure de dynamiques (figure 150), laisse entrevoir qu'ici la tendance vers la répétition (périodicité très régulière) est aussi présente. Il est vrai que, normalement dans une structure de dynamiques, les changements de dynamiques ne se produisent pas à chaque instant. En tout cas, il nous a paru appréciable la similitude entre cette courbe et celle de la structure de durées. Donc la « figure » musicale de l'*ostinato* est présente également ici dans la structure de dynamiques.

La figure 151 suivante confronte les deux structures, celle de durées et de dynamiques. Nous pouvons certainement apprécier la similitude assez prononcée de ces deux structures. La caractérisation de la figure de l'*ostinato* apparaît dessinée ici par des répétitions du même type de données ondulatoires, à savoir, des zéros (0) et des moins un (-1) pour la structure de dynamiques (a). Pour la structure de durées, nous avons des zéros (0), des moins un (-1) et des moins deux (-2) (b).

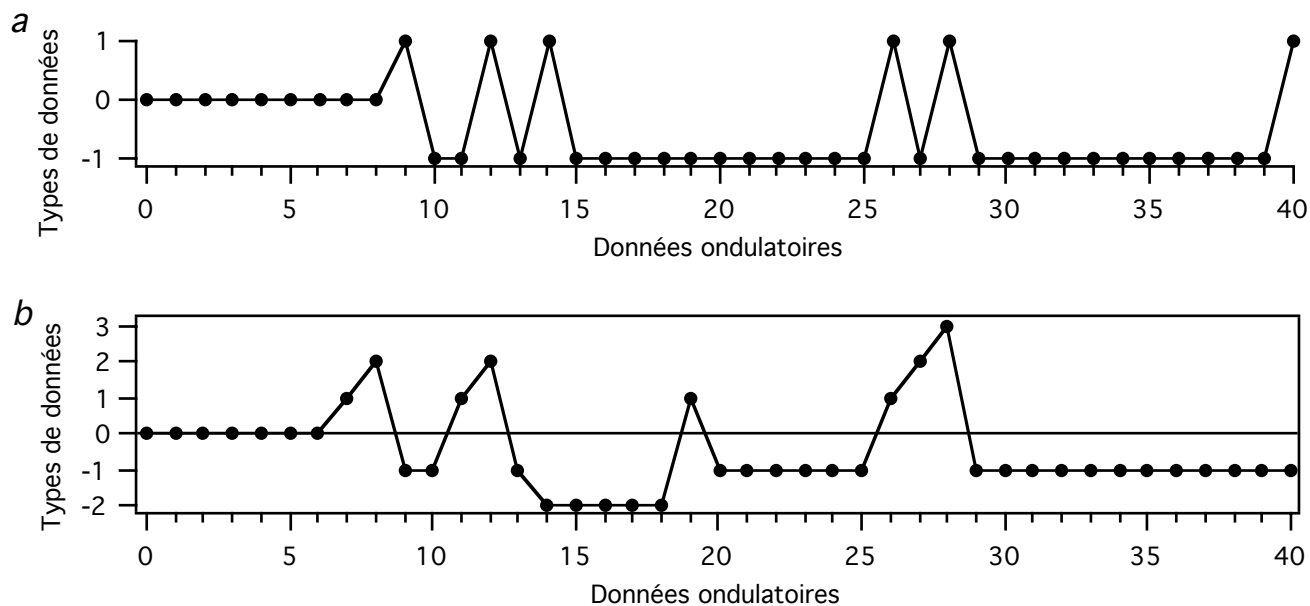
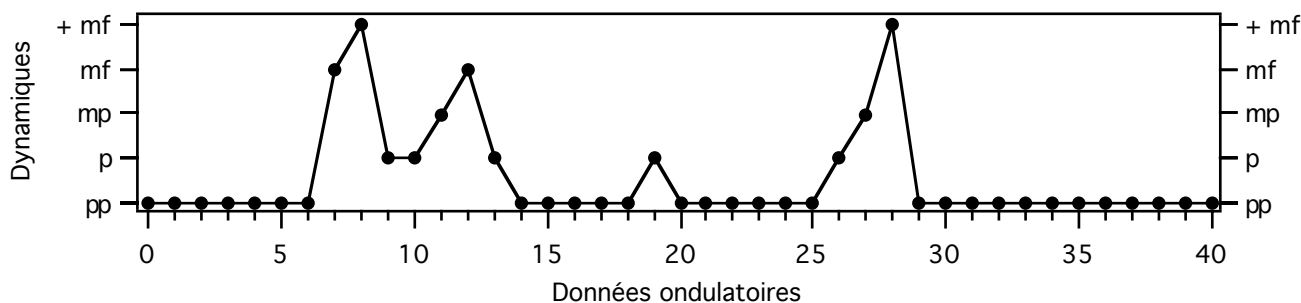


Figure 151 : Confrontation des deux structures de durées (a) et de dynamiques (b) de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

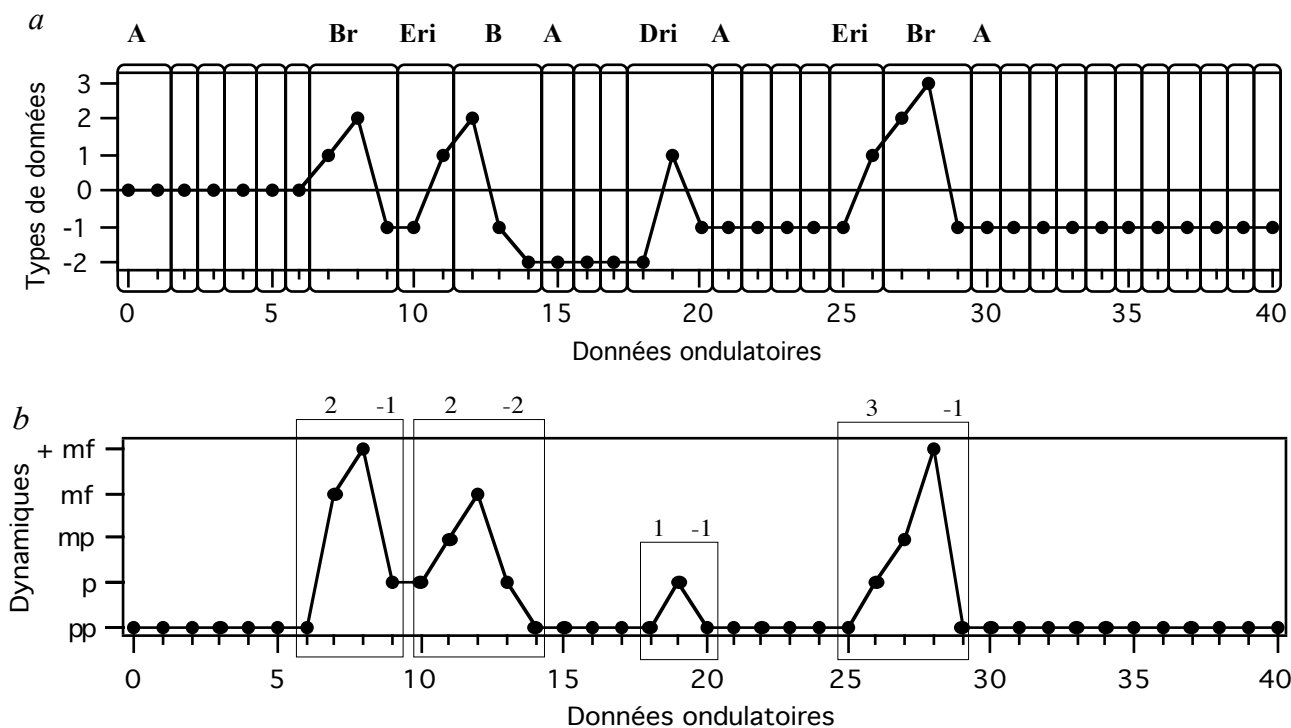
Nous avons réalisé un autre graphique dans lequel nous avons ajouté les dynamiques qui correspondent à chaque donnée ondulatoire de la structure (de dynamiques) qui nous occupe. Dans ce graphique (figure 152 ci-dessous) nous pouvons percevoir comment les intensités pianissimo (*pp*) sont les plus utilisées. Ces intensités sont suivies, par ordre décroissant, par des pianos (*p*), de mezzo pianos (*mp*), de mezzo forte (*mf*) et par un peu plus fort que mezzo forte (*+mf*). Il est important de rappeler que, les données ondulatoires de la trajectoire correspondent à des valeurs locales.



La courbe de la structure de dynamiques de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

Figure 152

3.3.11.5.1. La Segmentation de la structure de dynamiques



La segmentation de la structure de dynamiques de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

Figure 153

Tel que nous le montre la figure 153, tous les segments ondulatoires de cette structure sont issus de la segmentation ondulatoire analytique que nous avons appliquée à la trajectoire ondulatoire de cette pièce (cf. la figure 122, page 364 précédente). Nous pouvons observer, encore une fois, que l'ostinato traverse aussi la structure de dynamiques de ce morceau. De 30 segments, 24 sont des segments A, c'est-à-dire, de segments qui représentent l'intensité *pp*.

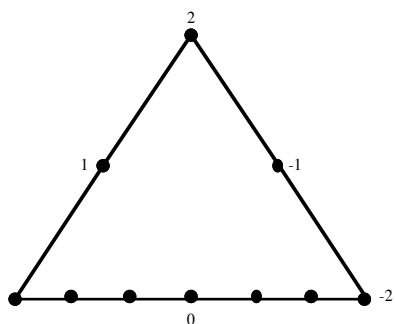
Donc la représentation segmentée de cette structure de dynamiques permet de constater sa distribution dans l'espace temporel de l'œuvre, mais aussi, d'observer son mouvement qui dessine aussi sa forme (figure 153 b). Nous pouvons diviser en 4 parties les déviations de l'ostinato de *pp* et établir une codification chiffrée de chaque mouvement ascendant et descendant. De cette façon, nous avons, pour la première déviation, les chiffres 2 et -1. Nous avons les chiffres 2 et -2 pour la deuxième ; 1 et -1 pour la troisième. Finalement, pour la dernière déviation, nous avons les chiffres 3 et -1 (figure 153 b).

Il est évident que cette lecture que nous venons d'appliquer à la structure de dynamiques laisse entrevoir certains traits intéressants de régularités et symétries. En effet, les déviations 1 et 4 sont asymétriques chacune d'entre elles, (2 -1 et 3 -1 respectivement), mais, au niveau du principe qui déclenche les mouvements, nous pouvons noter une forme de régularité. Celle-ci est observable dans la constitution de chaque déviation, deux mouvements ascendants et un mouvement descendant, pour la première déviation, et trois mouvements ascendants et un mouvement descendant pour la quatrième déviation. La différence entre ces deux déviations (2 et 4) se localise dans la quatrième où nous avons un mouvement ascendant de plus par rapport à la première déviation.

Les déviations 2 et 3 sont symétriques dans le sens où chaque déviation opère le même principe de concaténation dans les mouvements. Chaque déviation opère le même nombre de mouvements. La deuxième déviation de l'ostinato de dynamiques comporte deux mouvements ascendants et deux mouvements descendants. La troisième déviation produit un mouvement ascendant et un mouvement descendant (figure 153 b).

3.3.11.6. Conclusion

Nous avons analysé les principaux éléments qui conforment la structure temporelle et la structure de dynamiques de cette pièce. Un détail qui nous a semblé important de souligner ici, est celui que nous avons observé pendant notre parcours analytique, où toutes ces structures ont été segmentées en utilisant les segments ondulatoires issus de la trajectoire ondulatoire (de sons) de la même pièce pour piano. Cela veut dire que ce morceau, quoique petit, est un exemple intéressant d'équilibre formel. Cet équilibre s'objective, premièrement, dans le fait que les structures du temps musical, de silences, de durées et de dynamiques ne dépassent pas l'extension ondulatoire totale issue de la trajectoire ondulatoire (de sons) sauf dans quelques minuscules exceptions.



EOT de la trajectoire ondulatoire

L'extension ondulatoire totale (EOT) de la trajectoire ondulatoire de cette pièce comporte six mouvements horizontaux (répétition d'un même élément), deux mouvements ascendants et deux mouvements descendants (graphique à gauche).

Les structures du temps musical et de silences ne dépassent pas les limites de l'extension ondulatoire totale. La structure de durées ne dépasse pas les limites ascendantes ni descendantes, elle dépasse seulement la limite de données horizontales, de six à dix répétitions. Par rapport à la structure de dynamiques, elle dépasse la limite ascendante de deux à trois mouvements et la limite de mouvements horizontaux de six à onze.

Deuxièmement, au niveau de similitudes de formes de chaque structure, nous avons aperçu qu'elles se ressemblent : Toutes ces structures sont dominées par le principe de répétition ou ostinato. Cela produit dans chaque trajectoire des zones très stables au niveau du continuum phénoménologique.

L'analyse de la structure de silences (réels) aura permis de réaliser un certain nombre d'exercices qui ont contribué à l'élargissement du champ d'application de la méthode d'analyse ondulatoire. En effet, c'est la première pièce dans laquelle nous avons trouvé une structure de silences qui effectivement fait partie intégrale du continuum sonore. Cette pièce de Schönberg nous alerte dans le sens où dorénavant il est nécessaire d'inclure dans la stratégie analytique l'étude des structures de silences.

Or, il est très répandu l'idée que, dans la musique de Anton Webern, les silences sont des indices capitaux dans sa musique. Nous pensons qu'il faudra vérifier de quelles façons et surtout comment cela va se reproduire dans la représentation ondulatoire de ces structures de la musique Webernienne. Finalement, l'analyse de certaines structures de cette œuvre de Schönberg nous aura permis, malgré sa dimension certainement très modeste, d'accomplir un certain nombre de procédures analytiques importantes qui permettront un développement plus poussé de celles-ci au moment d'analyser des œuvres de plus grandes dimensions.

3.3.12. Le modèle algorithmique

Le processus algorithmique de cette pièce de Schönberg comporte cinq parties. Ces parties indépendantes sont la structure du temps musicale, la structure de durées, la trajectoire ondulatoire, la structure de silences et la structure de dynamiques.

3.3.12.1. Représentation graphique du processus algorithmique

Nous symboliserons la « mécanique » ondulatoire que nous avons déduite de la morphologie de cette pièce pour piano et sa *représentation* sous forme de *processus algorithmiques*, premièrement, sous forme synthétique c'est-à-dire par son *extension algorithmique totale*, et deuxièmement, dans un graphe dans lequel seront représentées les cinq structures morphologiques énoncées plus haut.

3.3.12.1.1. Extension algorithmique totale (EAT)

Nous rapellons que, à différence de l'extension ondulatoire totale (cf. (2.9 : 155)) où sont représentées les *extensions maximales* des mouvements ascendants descendants et horizontaux d'une trajectoire ondulatoire donnée, l'extension *algorithmique* totale rassemblera cette fois-ci, tous les mouvements repérés dans toutes les structures analysées.

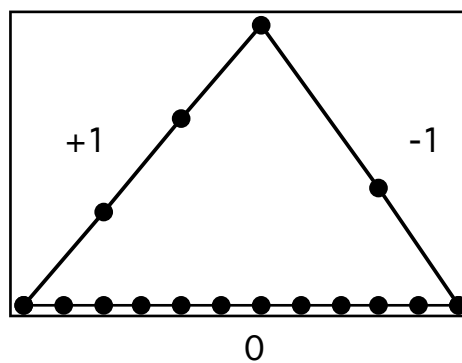
Mouvements Ascendants (+1)	Mouvements Descendants (-1)	Mouvements Horizontaux (0)
3	2	11

Symbolisation en forme de tableau de l'*extension algorithmique totale* de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

Figure 154

La figure 154 de la page précédente montre, sous forme de tableau, l'extension algorithmique totale de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg. Le tableau nous permet de comprendre facilement que, dans ce morceau, les étapes ou procédures algorithmiques de mouvements se limiteront à :

- 3 mouvements conjoints ascendants
- 2 mouvements conjoints descendants
- 11 mouvements conjoints horizontaux



Représentation graphique de l'extension algorithmique totale de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

Figure 155

La figure 155 ci-dessus montre, l'extension algorithmique totale du morceau sous forme de graphe géométrique. En observant le graphe de la structure de l'extension algorithmique totale, nous pouvons déceler que les limites de l'activité algorithmique des différentes structures de cette pièce sont exprimées de façon plus claire, simple et concise.

Cependant, l'analyse de chaque structure de la pièce que nous avons réalisée, nous permet de configurer un tableau dans lequel nous apprécierons le déploiement de chaque structure par rapport à l'extension algorithmique totale de ce morceau. Ce tableau (page suivante) est aussi une forme compactée de l'aspect graphique du modèle algorithmique du morceau.

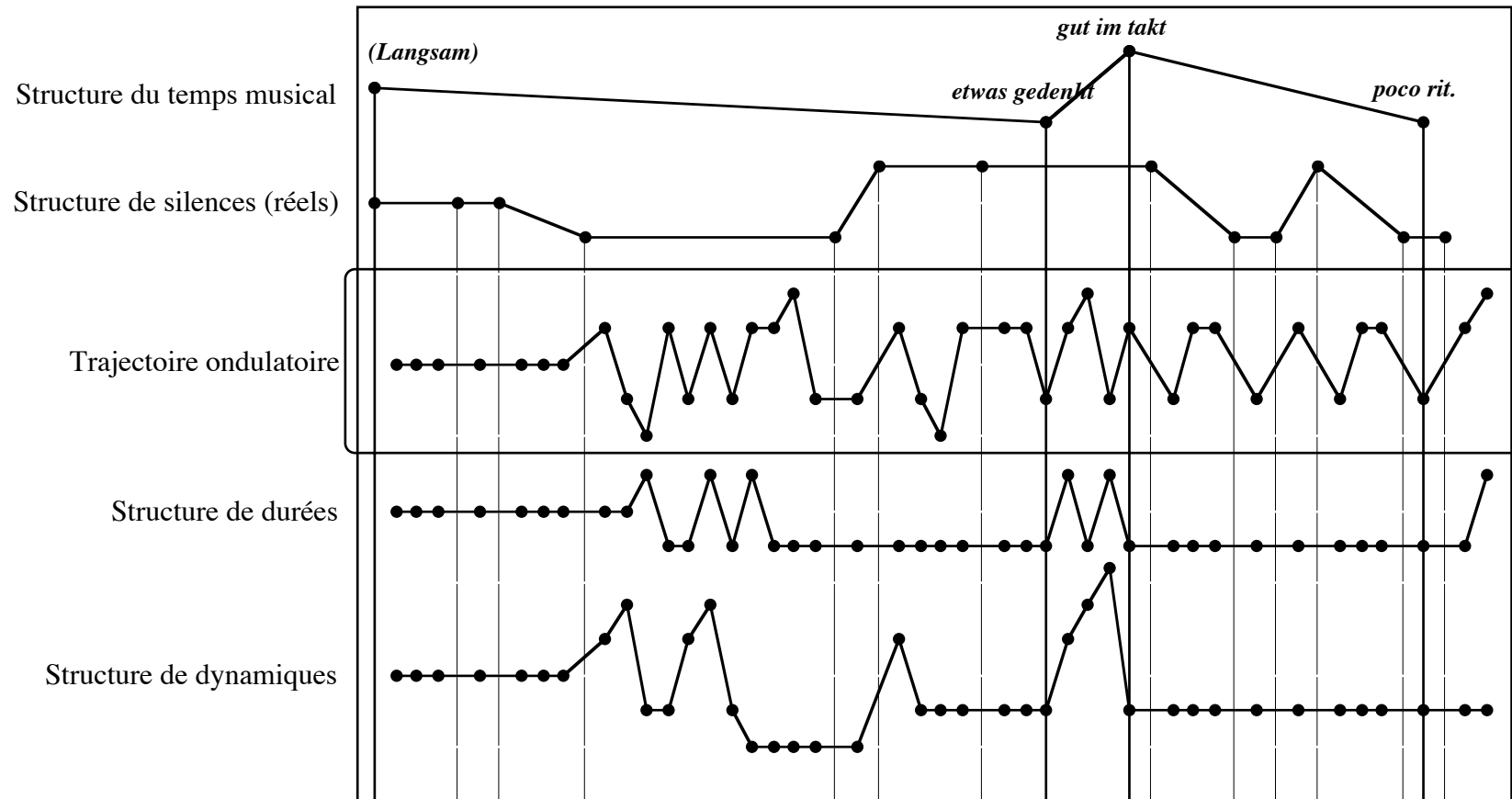
	Mesures			
	1 à 5	6	7 à 8	9
Célérité du temps musical	<i>Langsam</i>	<i>etwas gedenht</i>	<i>gut im tackt</i>	<i>poco rit.</i>
Structure du temps musical	Origine	-1	+1	-1
Structure de Silences	1 00 -1		1 0 -1	0 -1
Trajectoire ondulatoire	1 000 000 -2	2 -1	1 0 -1	2 -1
Structure de durées	1 000 000 000 -1	1 0 -1	000 000 00 -1	1 00
Structure de dynamiques	1 000 000 -1	3 0	000 000 00 -1	000

Déploiement en données ondulatoires des structures analysées de la seconde pièce pour piano de Schönberg

Figure 156

En effet, le tableau de la figure 156, ci-dessus, explicite déjà, mais de façon abstraite les limites de la dynamique et de la combinatoire ondulatoire intrinsèque du morceau. Nous pouvons apprécier que, par exemple, des mesures 1 à 5 (*Langsam*), la structure de silences comporte une tessiture constituée (de façon globale) de deux répétitions de silences, d'un silence plus long (mouvement ascendant) et d'un silence plus petit (mouvement descendant). Nous pouvons aussi déduire que, par exemple, dans la mesure 6, il n'y a pas de silences. De la même façon, nous observons que l'ostinato se met en évidence dans les mesures 1 à 5 et dans les mesures 7 à 9, mouvements horizontaux (zéros).

3.3.12.1.2. Représentation graphique du modèle algorithmique



Modèle algorithmique de la seconde pièce pour piano de l'opus 19 de Schönberg

Figure 157

Le modèle algorithmique (figure 157 précédente) rassemble enfin toutes les structures analysées sous forme de courbes. La structure du temps musical apparaît au top du modèle. À partir de chaque point de la courbe de la structure du temps musical, nous avons placé des lignes verticales qui délimitent chaque changement de mouvement. Plus bas, se trouve représentée la structure de silences, les lignes verticales délimitent les espaces de silences réels de la pièce et ces rapports avec les autres structures, à savoir, la trajectoire ondulatoire, la structure de durées et la structure de dynamiques.

Le phénomène le plus récurrent de cette pièce, l'*ostinato* (répétitions d'une même donnée), se reflète de manière assez claire dans les différentes structures du modèle algorithmique. Grâce au modèle, nous pouvons visualiser de manière globale l'incidence de l'*ostinato*, comme l'élément dans lequel s'*objective l'idée fondamentale de cette pièce*. Un exercice intéressant à réaliser consisterait à écouter la pièce avec le modèle algorithmique en face, de manière à constater, d'une part, comment l'incidence ondulatoire de chaque structure proposée par le modèle représente la phénoménologie de la structure visée, et d'autre part, essayer d'écouter la pièce tout en regardant globalement la représentation de différentes structures de la pièce dans le modèle, cf. Exemple-1.

3.3.13. Conclusion

L'analyse de la deuxième pièce de l'opus 11 de Schönberg aura permis de mettre en évidence le fonctionnement de la méthode d'analyse ondulatoire sur un morceau plus complexe que le précédent (le prélude en do mineur de Bach). Nous avons analysé toutes les structures musicales de ce morceau. Nous avons montré qu'il est possible d'analyser des structures aussi différentes que celles de dynamiques ou celles de silences, entre autres.

Notre hypothèse du début de l'analyse de la pièce de Schönberg, laquelle postulait l'*ostinato* comme le réservoir où se définissait l'idée fondamentale, fut démontrée au fur et à mesure que l'action analytique progressait.

Si bien, nous avons commenté au début de l'analyse que la partition pour elle-même donnée des indices éclairants sur cela, l'analyse de toutes les structures du morceau aurait effectivement et objectivement démontré de manière inéquivoque la validité de l'hypothèse.

Parce que **la méthode d'analyse ondulatoire vise particulièrement sur l'aspect morphologique des données musicales**, le processus analytique a démontré, dans le cas spécifique de cette pièce, que la *répétition, en tant qu'idée abstraite compositionnelle*, s'était révélé être l'élément constructif de base présente dans toutes les structures, sauf dans la structure du temps musical.

Ceci est un détail d'intérêt car c'est à partir de l'application de notre notion de *paradigme ondulatoire* que toutes les structures musicales sont analysées à partir d'un *outil commun*, et c'est justement là, au moment d'établir les modèles ondulatoires et algorithmiques que nous pouvons lire chaque description de chacune des structures dans un environnement descriptif *cohérent et homogène*.

Une fois de plus, nous avons constaté, en ce qui concerne les correspondances en forme, que ce morceau émerge comme un bon exemple de construction musicale basée, en grande partie, sur les symétries. L'analyse de différentes structures aura permis, en effet, de mettre en évidence cela.

Enfin, la représentation graphique du modèle algorithmique permet d'élucider de façon claire et simple la dynamique ondulatoire intrinsèque du processus sonore du morceau étudié et la façon dans laquelle chaque structure s'imbrique dans la description algorithmique voire phénoménologique du modèle.

3.4. Extrait du premier mouvement de la cinquième symphonie de Beethoven

Nous analyserons les mesures 1 à 21 du premier mouvement de la cinquième symphonie de Beethoven parue dans l'édition Ernest Eulenburg (E.E. 3602).

Symphonie, No. 5

I

Allegro con Brio $\text{♩} = 108$

L. van Beethoven Op. 67
1770-1827

The image shows a page of a musical score for the first movement of Beethoven's Fifth Symphony. The score is for measures 1 through 21. The tempo is marked 'Allegro con Brio' with a quarter note equal to 108 beats per minute. The key signature is three flats (B-flat major or D-flat minor) and the time signature is 4/4. The score includes parts for 2 Flauti, 2 Oboi, 2 Clarinetti in B, 2 Fagotti, 2 Corni in Es, 2 Trombe in C, Timpani in C-G, Violino I, Violino II, Viola, Violoncello, and Contrabbasso. The woodwinds and strings play a rhythmic pattern of eighth notes, while the flutes, oboes, and timpani play a sustained note. The dynamics range from *ff* (fortissimo) to *p* (piano). The score is numbered 3, 6, and 9 at the top of the woodwind staves.

12 15 18 21

Fl. *p* *Cresc.* *f*

Ob. *p* *Cresc.* *f*

Cl. *p* *Cresc.* *f*

Fg. *p* *Cresc.* *f*

Cor. (Es) *p* *Cresc.* *f* Zu 2

Tr. (C) *p* *Cresc.* *f*

Tp. *p* *Cresc.* *f*

Vi. *Cresc.* *f*

Vi. *Cresc.* *f*

Va. *Cresc.* *f*

Vc. *Cresc.* *f*

Cb. *p* *Cresc.* *f*

3.4.1. Le son fondamental

Partiel	Nom	Fréquences	Utilisation (nombre de fois)	Amplitude	Couches spectrales
37	sol6	1568.00 Hz	3	1.49%	3
36	fa6	1396.90 Hz	1	0.50%	1
35	mib6	1318.50 Hz	1	0.50%	1
34	ré6	1174.70 Hz	3	1.49%	3
33	do6	1046.50 Hz	3	1.49%	3
32	si5	987.77 Hz	1	0.50%	1
31	sol5	783.99 Hz	11	5.45%	7
30	fa#5	739.99 Hz	1	0.50%	1
29	fa5	698.46 Hz	8	3.96%	5
28	mib5	622.25 Hz	6	2.97%	4
27	ré5	587.33 Hz	3	1.49%	3
26	do5	523.25 Hz	6	2.97%	4
25	si4	493.88 Hz	3	1.49%	3
24	sol#4	415.30 Hz	6	2.97%	4
23	sol4	392.00 Hz	31	15.35%	11
22	fa#4	369.99 Hz	3	1.49%	3
21	fa4	349.23 Hz	13	6.44%	8
20	mib4	311.13 Hz	14	6.93%	9
19	ré4	293.66 Hz	11	5.45%	7
18	do4	261.63 Hz	11	5.45%	7
17	si3	246.94 Hz	15	7.43%	10
16	sol#3	207.65 Hz	2	0.99%	2
15	sol3	196.00 Hz	11	5.45%	7
14	fa3	174.61 Hz	3	1.49%	3
13	ré#3	155.56 Hz	1	0.50%	1
12	ré3	146.83 Hz	1	0.50%	1
11	do3	130.81 Hz	2	0.99%	2
10	si2	123.47 Hz	3	1.49%	3
9	sol#2	103.83 Hz	1	0.50%	1
8	sol2	97.99 Hz	9	4.46%	6
7	fa2	87.30 Hz	6	2.97%	4
6	mib2	77.78 Hz	1	0.50%	1
5	ré2	73.42 Hz	2	0.99%	2
4	do2	65.40 Hz	1	0.50%	1
3	si1	61.74 Hz	3	1.49%	3
2	lab1	51.91 Hz	1	0.50%	1
1	sol1	48.99 Hz	1	0.50%	1

Structure du son fondamental du premier mouvement de la *Cinquième Symphonie* de Beethoven
(mesures 1 à 21)

Figure 158

La structure du son fondamental de cet extrait de Beethoven comporte 37 sons (fréquences) différents (figure 158 de la page précédente). L'espace de fréquences est borné par les sons sol1 et sol6. Déjà cette conformation avec les notes *sol* délimitant l'espace de fréquences, peu nous donner une idée de la sonorité du son fondamental (nous reviendrons sur cela plus tard).

Le chiffre totalisateur de ce son fondamental est 202. Nous rappelons que le *chiffre totalisateur* totalise le nombre exact de fois d'utilisation des sons dans une œuvre donnée.

Par rapport aux couches spectrales, ce son fondamental comporte un nombre de 11 couches spectrales différentes. Les amplitudes des partiels varient entre 0.50 et 15.35 %.

3.4.1.1. Brève analyse du son fondamental

Tel que nous l'avons explicité, le son fondamental de cet extrait est délimité par les sons sol1, pour la région grave et par sol6 pour la région aiguë. Nous avons écouté le son fondamental créé à partir de l'utilisation de la synthèse additive, et l'impression harmonique (auditive) qui se dégage est plutôt de caractère *instable*. C'est-à-dire que sa sonorité fluctue entre les harmonies de la dominante et de la tonique, à savoir, de sol majeur et do mineur respectivement (*grosso modo*). Il faut tenir compte des notes mib, fa, fa# et lab qui sont percevables aussi.

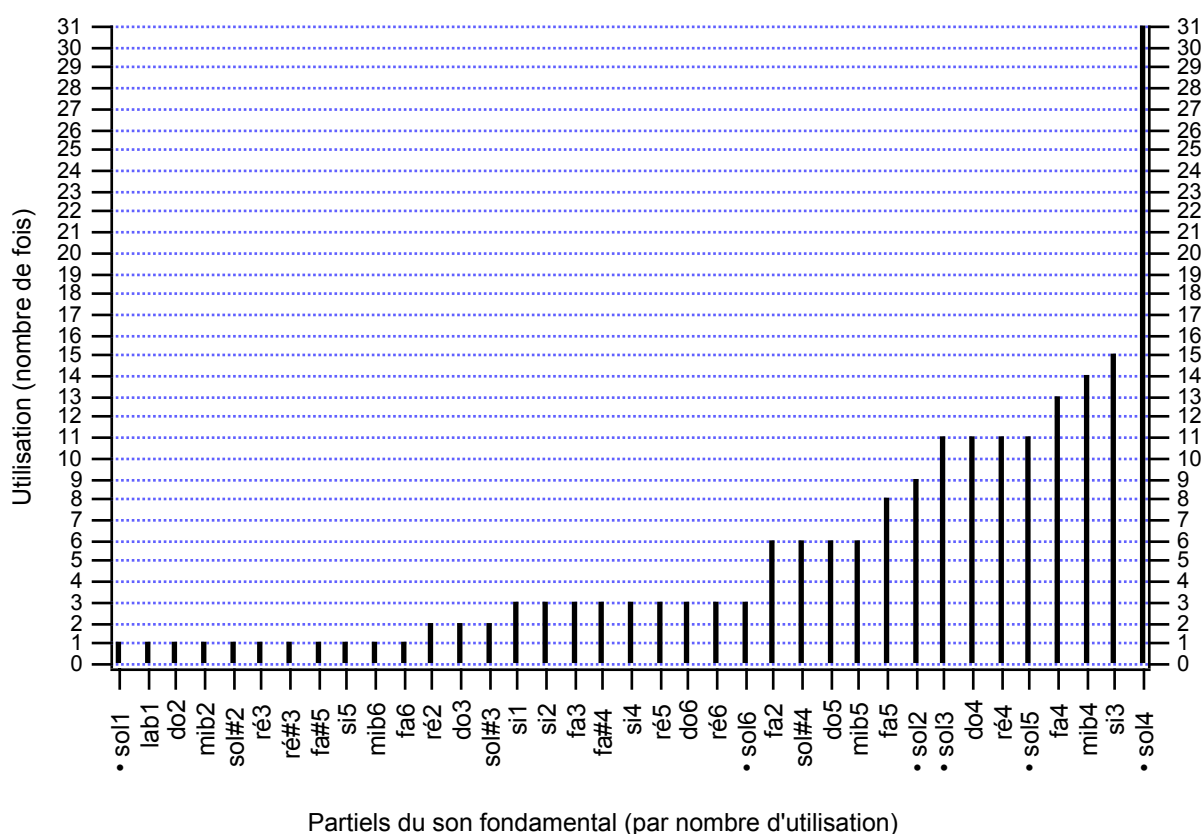
Or, comme nous l'avons constaté précédemment, les sons *sol* sont ceux qui délimitent l'étendue de ce son fondamental. C'est-à-dire que, par logique acoustique, normalement le son fondamental de notre exemple serait, en principe, dominé par une sonorité, disons, attirée par une « harmonie de sol ».

En effet, la figure 158 précédente montre que, dans la structure du son fondamental, le son le plus utilisé est le sol4, il apparaît 31 fois. Ce détail peut nous donner un indice encore plus marquant sur le caractère sonore du son fondamental (cf. les figures 158 précédente et 159 suivante).

Nous conseillons d'écouter le son fondamental de l'extrait de Beethoven dans l'exemple : Exemple-18.

En continuant l'analyse en prenant comme point de référence la note sol, nous pouvons observer que, dans le registre 1, le son le plus utilisé est le si1, utilisé 3 fois, son qui appartient à l'accord de sol. Il est suivi par les sons sol1 et fa1, ces derniers utilisés une fois chacun. Pour le registre 2, c'est le son *sol* encore le plus utilisé, il apparaît 9 fois.

Dans le registre 3, c'est le son *si* qui est donc le plus utilisé (15 fois) tandis que le son *sol* apparaît 11 fois. Pour le registre 4, c'est la note *sol*, la plus utilisée (31 fois), comme nous l'avons déjà signalé c'est la fréquence avec l'amplitude la plus élevée (15.35 %) de l'ensemble de partiels du son fondamental. Dans le registre 5, la note la plus utilisée est aussi *sol*. Finalement, pour le registre 6, nous trouvons trois notes utilisées le même nombre de fois, *do*, *ré* et *sol*, trois fois chacune.



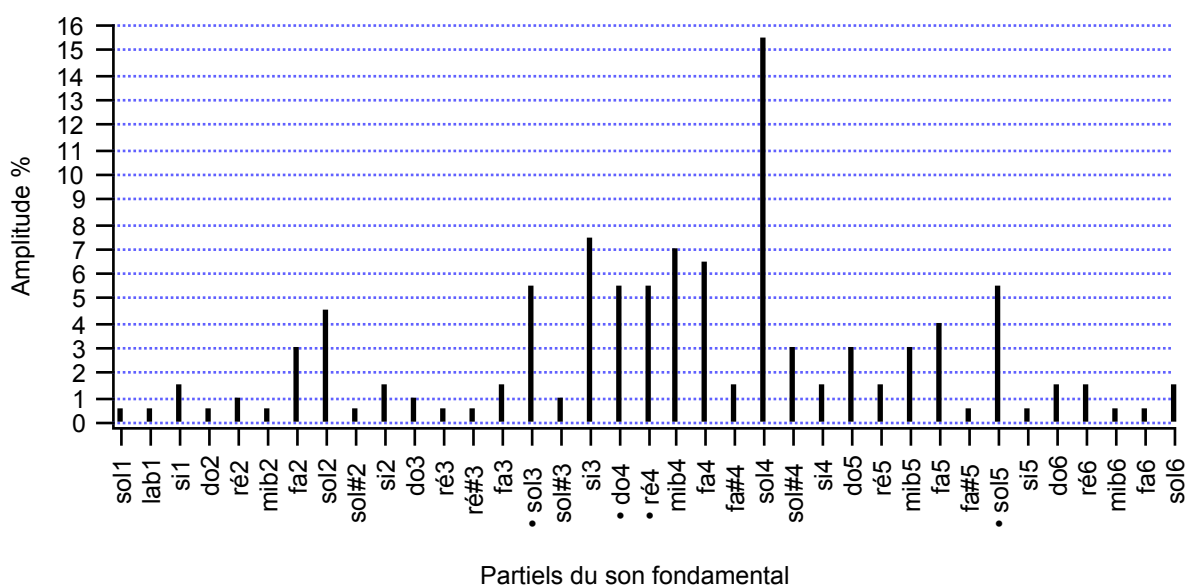
Graphique de la structure spectrale du son fondamental du premier mouvement de la *Cinquième Symphonie* de Beethoven (mesures 1 à 21)

Figure 159

Le graphique de la figure 159 (ci-dessus) peut nous montrer de façon plus explicite la relation entre les différents partiels, ceux-ci ordonnés par nombre de fois d'utilisation.

Nous avons placé de petits points noirs à côté des notes *sol* pour mieux les visualiser. Le graphique montre, par exemple, les sons utilisés une seule fois, *sol1*, *lab1*, *do2*, *mib2*, etc. Trois sons sont utilisés deux fois, à savoir, le *ré2*, *do3* et *lab3*. Neuf sons sont utilisés trois fois, *si1*, *do2*, *fa3*, *fa#4*, *si4*, *ré5*, *do6*, *ré6* et *sol6* (figure 159).

Quatre sons comportent la grille de sons utilisés 6 fois, cette grille est constituée par les sons fa2, lab4, do5 et mib5. Le fa5 est utilisé 8 fois, le sol2 est utilisé 9 fois. Quatre sons sont utilisés 11 fois, sol3, do4, ré4 et sol5, il est intéressant de voir que ces quatre sons rappellent une sorte d'accord qui anticipe la tonique de do. Par exemple : *sol do ré sol* après *sol si ré sol* et finalement *do mib sol do*. Notre interprétation est purement fictive, parce que, dans la structure réelle du son fondamental, les notes de cet accord vont se trouver mélangées avec d'autres notes étrangères, donc cela ne s'applique pas vraiment (cf. la figure 160 ci-dessous).

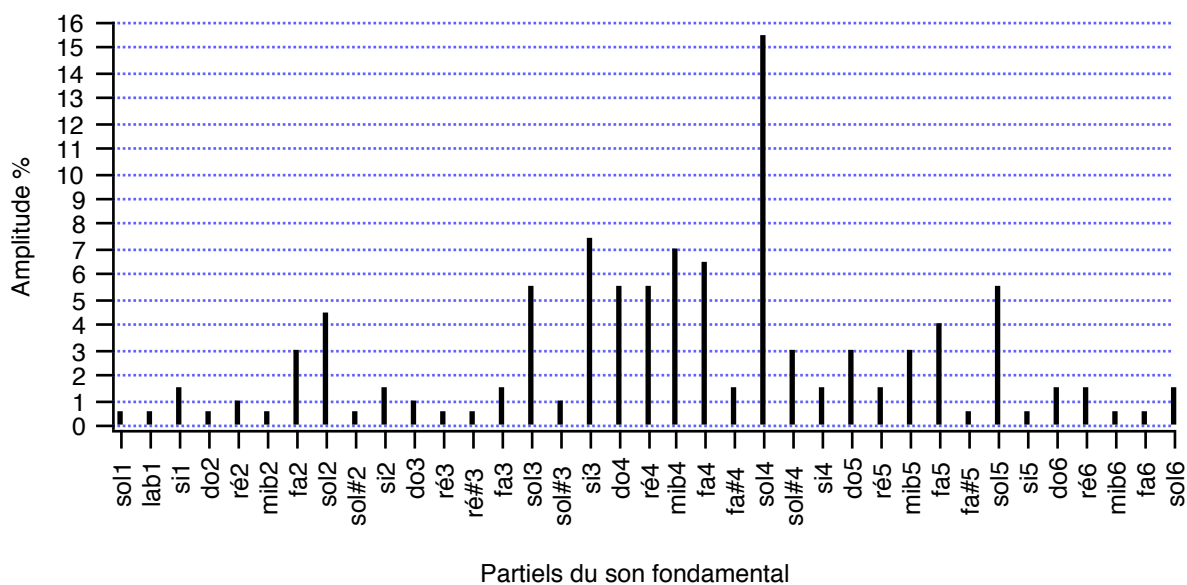


L'accord de sol3, do4, ré4 sol5 et son implication dans le contexte spectral du son fondamental du premier mouvement de la *Cinquième Symphonie* de Beethoven (mesures 1 à 21)

Figure 160

La figure 160 révèle les notes de l'accord (sol3, do4, ré4, sol5,) dont nous avons parlé plus haut. Le mélange spectral de la structure du son fondamental montre en effet que, très probablement, les accords que nous pourrions trouver cachés, selon l'analyse que nous faisons de la structure du son fondamental, vont se fondre inévitablement dans le timbre spécifique du son fondamental.

Le graphique de la figure 161 (ci-dessous) peut nous montrer de façon plus explicite la conformation réelle du son fondamental ainsi que l'importance de chaque fréquence par rapport au champ spectral du son fondamental.



Graphique de la structure spectrale du son fondamental du premier mouvement de la *Cinquième Symphonie* de Beethoven (mesures 1 à 21)

Figure 161

Le son fondamental de cet extrait de la *cinquième* de Beethoven comporte 9 sons différents, à savoir, do, ré, mib, fa, fa#, sol, lab et si. Seuls les notes la, do# et mi bécarré ne sont pas présents (figure 161 ci-dessus).

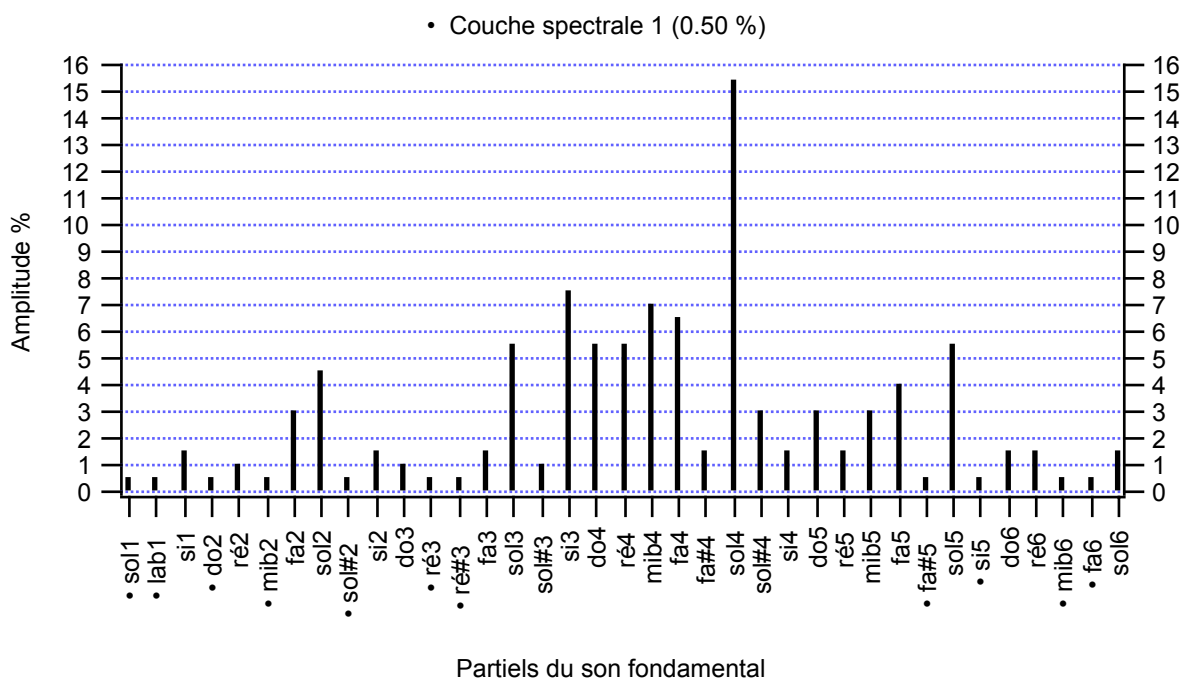
En écoutant à nouveau le son fondamental (Exemple-18) tout en regardant la figure 161, nous apercevons que les sons *fa* et *sol* du deuxième registre sont très audibles. Les sons des registres 3 à 5 sont aussi très présents. Les autres sons des autres registres (1 et 6) vont se mélanger dans une sorte de fond sonore qui complète la *couleur* de ce son fondamental. Il est évident qu'au fur et à mesure que l'on écoute le son fondamental, plus nous apprécierons les notes moins perceptibles comme le si, fa#, mib, entre autres.

3.4.1.1.1. Les couches spectrales

3.4.1.1.1.1. Première couche (0.50 %)

Le son fondamental comporte 11 couches spectrales. La première d'entre elles est confirmée par les sons sol1, lab1, do2, mib2, lab2, ré3, mib3, fa# 5, si5 et fa6.

Cette couche est celle qui contient le plus grand nombre de sons différents, en effet toutes les notes (mais non pas sur tous les registres) du son fondamental. Seuls les notes la, do# et mi bécarré ne sont pas présents. Cette première couche spectrale va constituer la première grande surface timbrique de ce son fondamental. Il est intéressant de noter que cette couche s'étale dans tous les registres de 1 à 6. Le registre 4 n'est pas présent dans cette couche.



Graphique de la première couche spectrale du son fondamental du premier mouvement de la *Cinquième Symphonie* de Beethoven (mesures 1 à 21)

Figure 162

La figure 162 ci-dessus permet d'avoir un aperçu graphique de la disposition des sons qui conforment la première couche spectrale du son fondamental. L'amplitude de cette couche est la plus basse, 0.50 %, nous pensons que cette couche forme une sorte de bassement

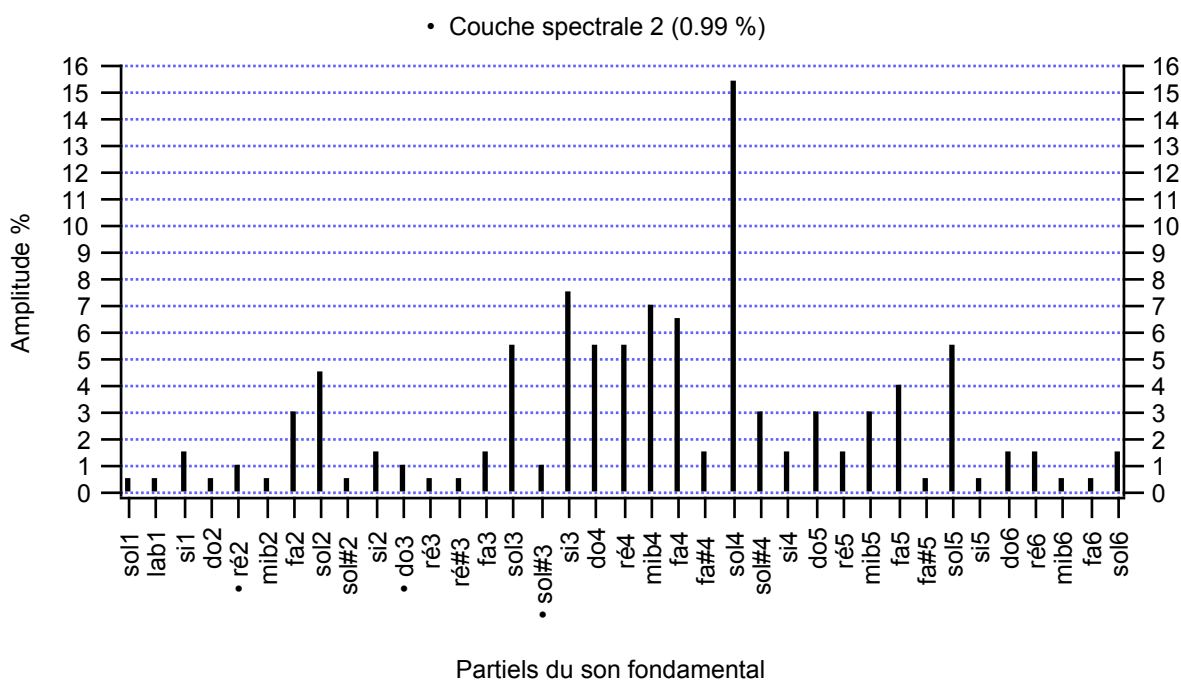
acoustique car tous les sons du son fondamental sont présents. Ce bassement pourrait s'interpréter comme une sorte de résonance, à très bas volume, des notes plus audibles se trouvant dans les couches avec un plus grand indice d'amplitude.



Les sons de la première couche spectrale du son fondamental du premier mouvement de la *Cinquième Symphonie* de Beethoven (mesures 1 à 21)

Figure 163

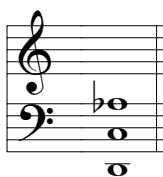
3.4.1.1.1.2. Deuxième couche spectrale (0.99 %)



Graphique de la deuxième couche spectrale du son fondamental (Beethoven (mesures 1 à 21))

Figure 164

Avec, presque, le double de l'indice d'amplitude de la couche spectrale précédente, cette deuxième couche (figure 164 ci-dessus) abrite un accord incomplet de fa mineur (do3 et lab3) avec le son re2, ce dernier fonctionnant comme une note de retard qui pourrait aller vers mib3 ou bien vers do3 pour ainsi compléter une cadence sur do mineur.

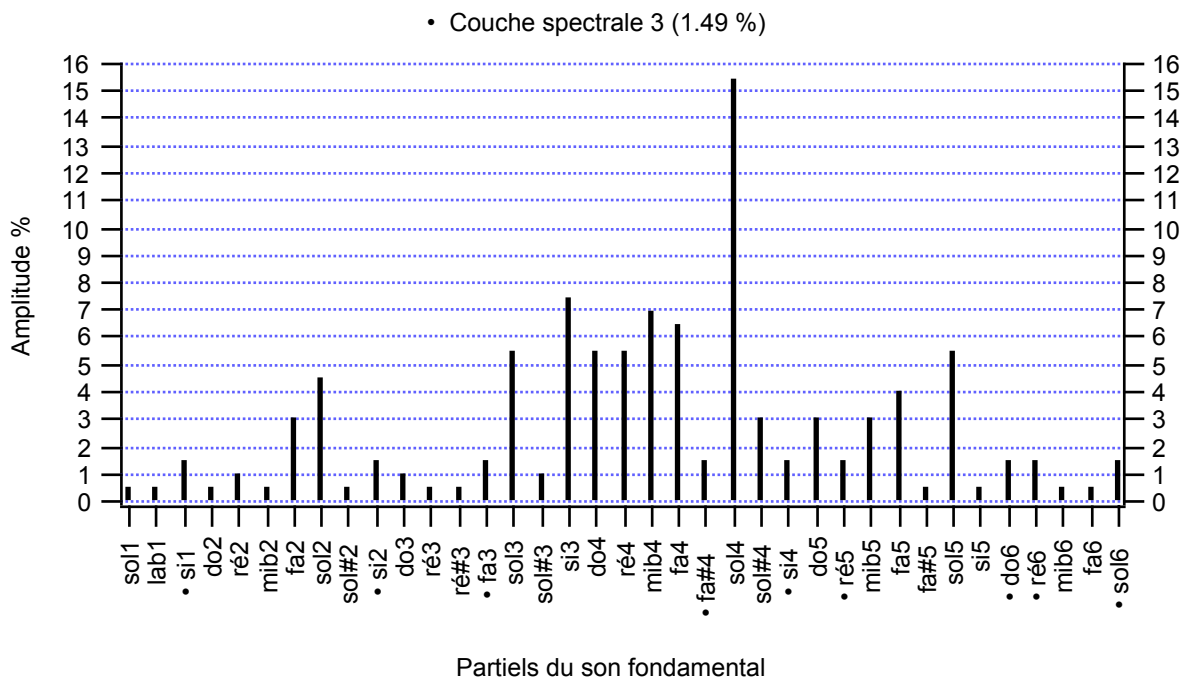


Les sons de la deuxième couche spectrale du son fondamental (Beethoven (mesures 1 à 21))

Figure 165

3.4.1.1.1.3. Troisième couche spectrale (1.49 %)

Cette troisième couche spectrale comporte 9 sons, à savoir, si1, si2, fa3, fa#4, si4, ré5, do6, ré6 et sol6 (cf. la figure 144 ci-dessous).

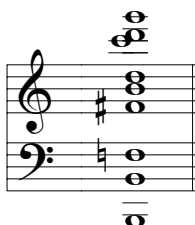


Graphique de la deuxième couche spectrale du son fondamental (Beethoven (mesures 1 à 21))

Figure 166

Encore une fois, l’instabilité harmonique qui caractérise ce son fondamental, c’est-à-dire, sa sonorité partagée entre, d’une part (*grosso modo*), la dominante sol, et d’autre part, la tonique do (*grosso modo*), est présent ici dans cette troisième couche spectrale.

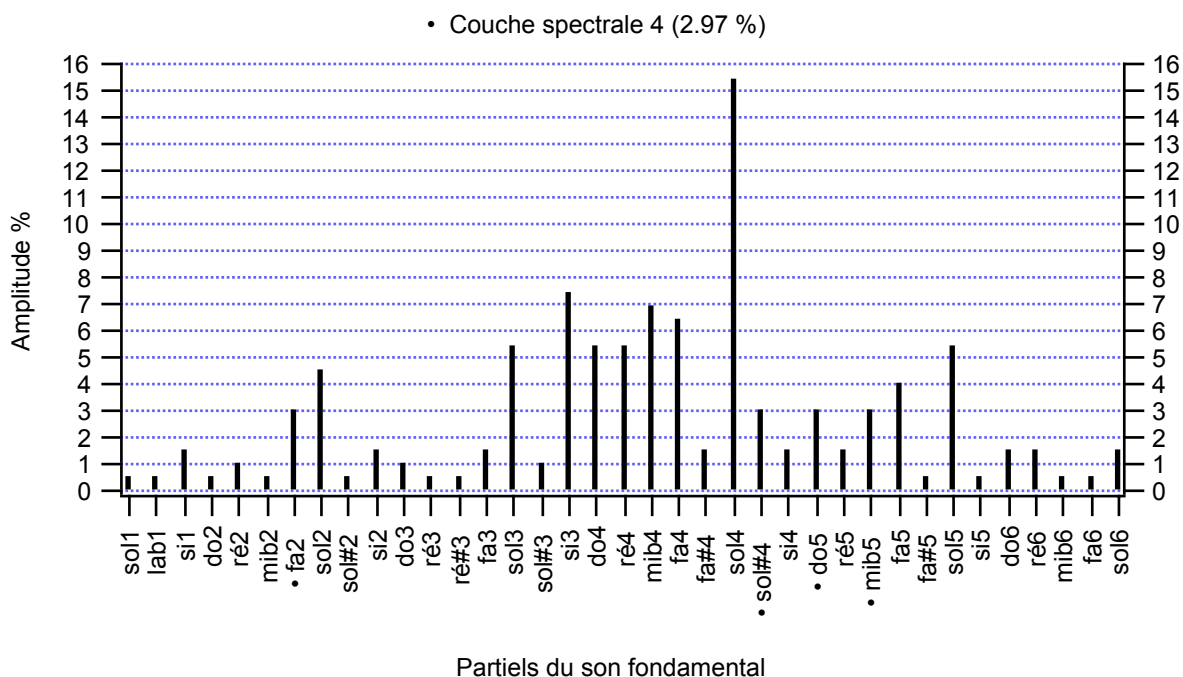
La figure 166 précédente illustre bien cette particularité de la troisième couche spectrale. La figure 167 ci-dessous montre, en notation musicale cette fois-ci, la répartition (registres) de la structure sonore les sons (ou notes) qui conforment cette couche spectrale.



Les sons de la troisième couche spectrale du son fondamental (Beethoven (mesures 1 à 21))

Figure 167

3.4.1.1.4. Quatrième couche spectrale (2.97 %)



Graphique de la quatrième couche spectrale du son fondamental (Beethoven (mesures 1 à 21))

Figure 168

La quatrième couche spectrale émerge avec une singularité bien marquée, cela à cause de sons qui la conforment (figure 168 ci-dessus). C'est la seule couche dont nous avons trouvé un accord complet.

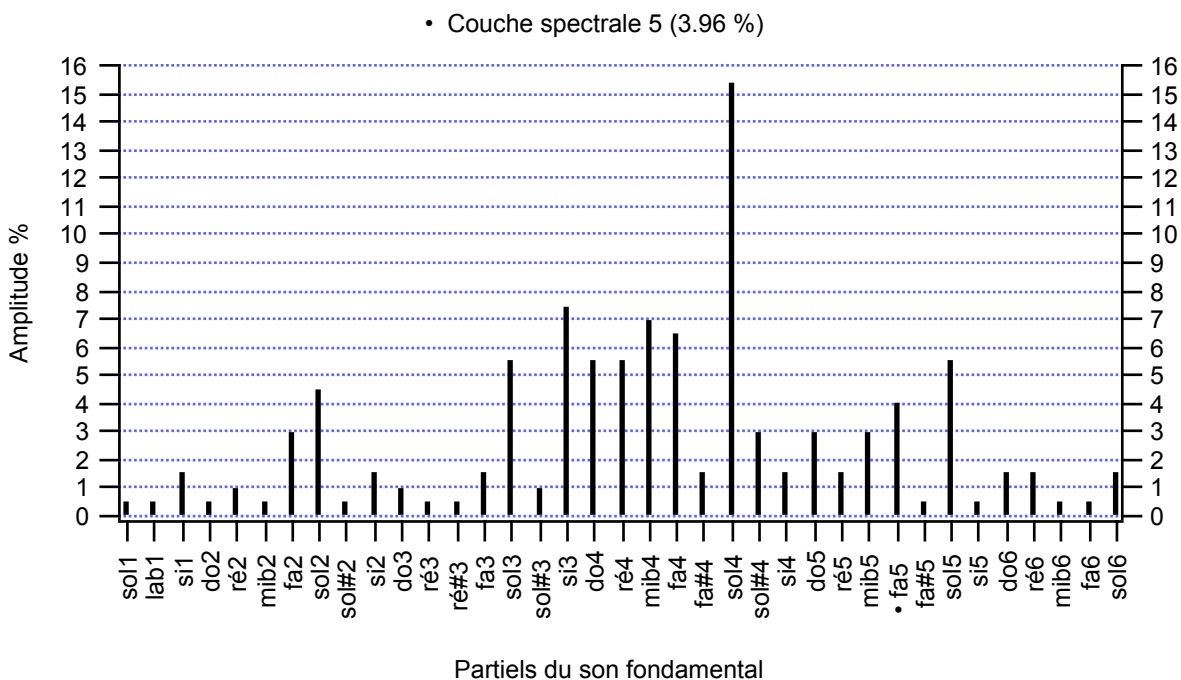
C'est l'accord de fa mineur (figure 169 ci-dessous), avec la septième mineure (fa, lab, do et mib). S'il est vrai que cet accord est parfaitement érigé, cependant, par rapport au contexte acoustique du son fondamental, il se peut que nous ne l'écoutions pas à cause de la structure sonore de type cluster (du son fondamental).



Les sons de la quatrième couche spectrale du son fondamental (Beethoven (mesures 1 à 21))

Figure 169

3.4.1.1.1.5. Cinquième couche spectrale (3.96 %)



Graphique de la cinquième couche spectrale du son fondamental (Beethoven (mesures 1 à 21))

Figure 170

La cinquième couche spectrale, avec une amplitude de 3.98 %, ne comporte qu'un seul son, le fa5. Il est intéressant de signaler qu'à partir de cette cinquième couche et jusqu'à la

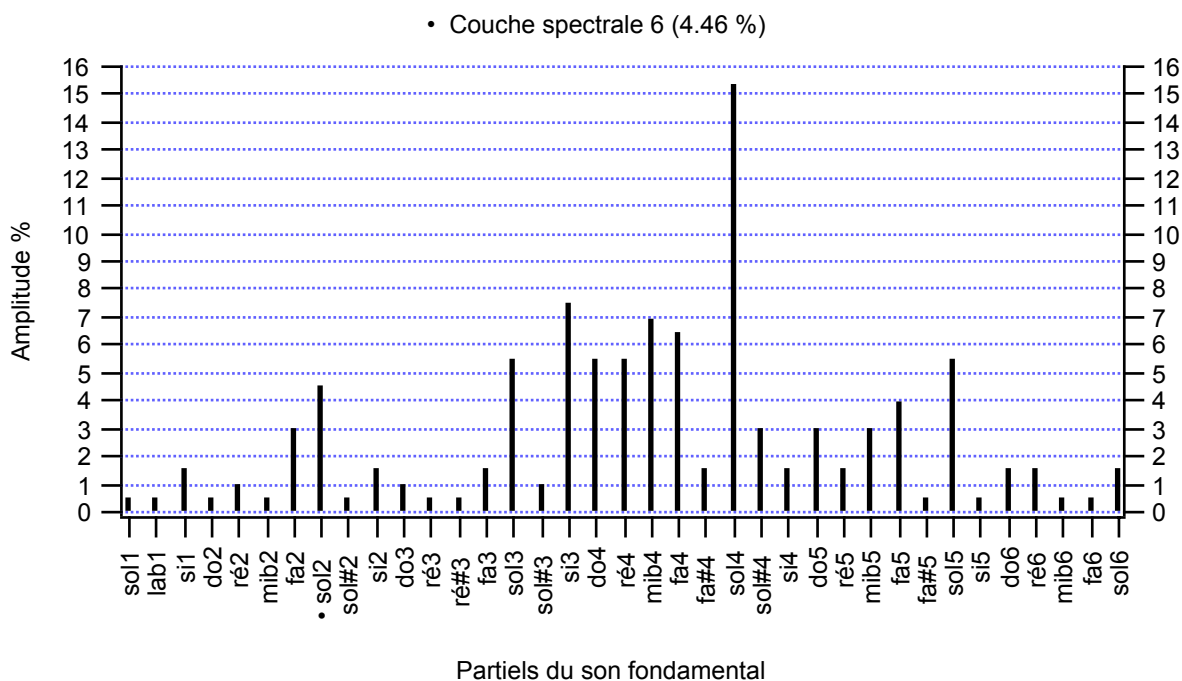
onzième dernière, les couches spectrales sont conformées par un seul son à l'exception de la septième, laquelle est conformée par 4 sons. Nous verrons aussi qu'à partir de cette cinquième couche, va s'opérer une sorte de liquidation dans la dimension spectrale du son fondamental par rapport à sa densité spectrale, un son par couche, mais en même temps les amplitudes seront les plus hautes.



Le son de la cinquième couche spectrale du son fondamental (Beethoven (mesures 1 à 21))

Figure 171

3.4.1.1.1.6. Sixième couche spectrale (4.46 %)

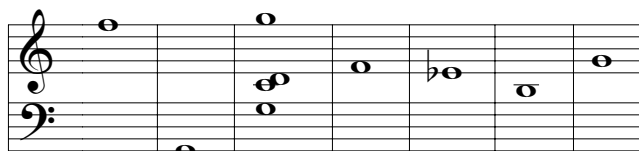


Graphique de la sixième couche spectrale du son fondamental (Beethoven (mesures 1 à 21))

Figure 172

Cette sixième couche spectrale qui comporte uniquement un son, sol2, anticipe – avec le son fa4 de la couche précédente et avec ceux des couches suivantes, jusqu’à la dernière – une sorte de prédominance harmonique vers la dominante (sol majeur).

Amplitudes (%) : 3.96 4.46 5.45 6.44 6.93 7.43 15.35



Couches spectrales : 5 6 7 8 9 10 11

Le son de la cinquième couche spectrale du son fondamental (Beethoven (mesures 1 à 21))

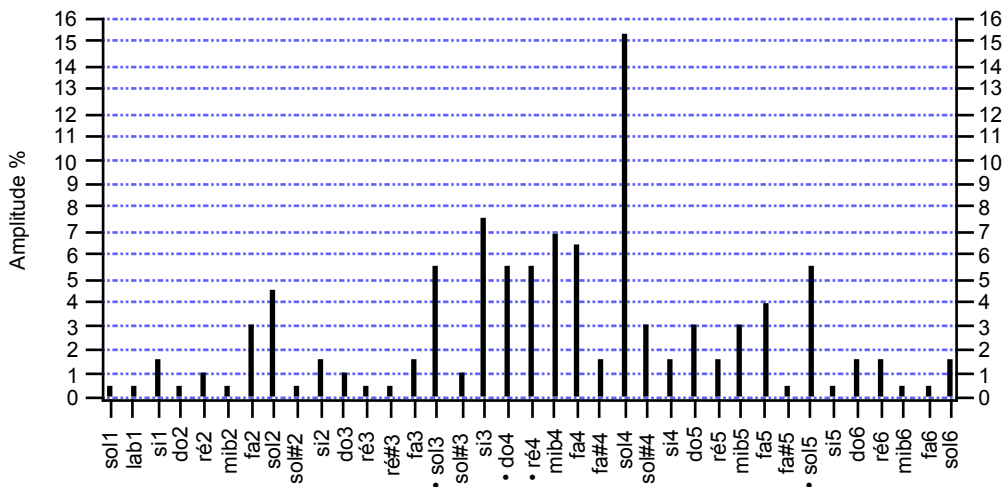
Figure 173

Nous pouvons aussi apprécier dans la figure 173 ci-dessus que, dans cette zone spectrale (de la cinquième à la onzième couche), les amplitudes augmentent de façon quasi régulière, par tranche d’environ 0.50 %. Par contre, le pourcentage de la dernière couche augmente drastiquement, de 7.43 % à presque le double, c’est-à-dire à 15.35 %. Nous pensons que ces observations nous donnent quelques réponses par rapport au pourquoi de la sonorité spécifique du son fondamental avec sa forte attirance harmonique vers la dominante.

3.4.1.1.7. Septième, huitième, neuvième, dixième et onzième couches spectrales

Après avoir dévoilé de façon plus au moins rapide la corrélation des couches 5 à 11 et son implication sur le plan acoustique du son fondamental. Nous allons montrer les graphiques correspondants des couches spectrales de 7 à 11, l’un après l’autre sans les commenter. Ces graphiques permettent de comparer – tel que nous l’avons fait pour les couches précédentes – et confronter les différentes couches par rapport au contexte spectral du son fondamental.

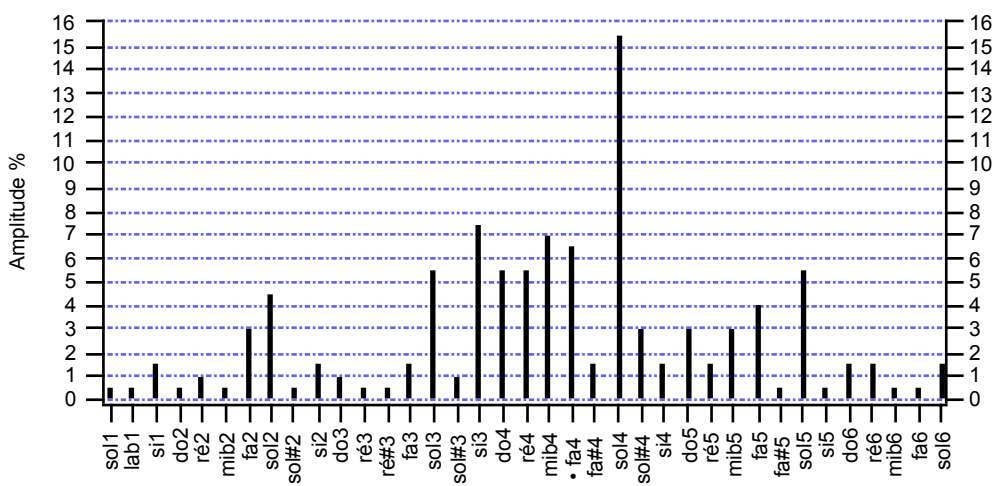
• Couche spectrale 7 (5.45 %)



A

Partiels du son fondamental

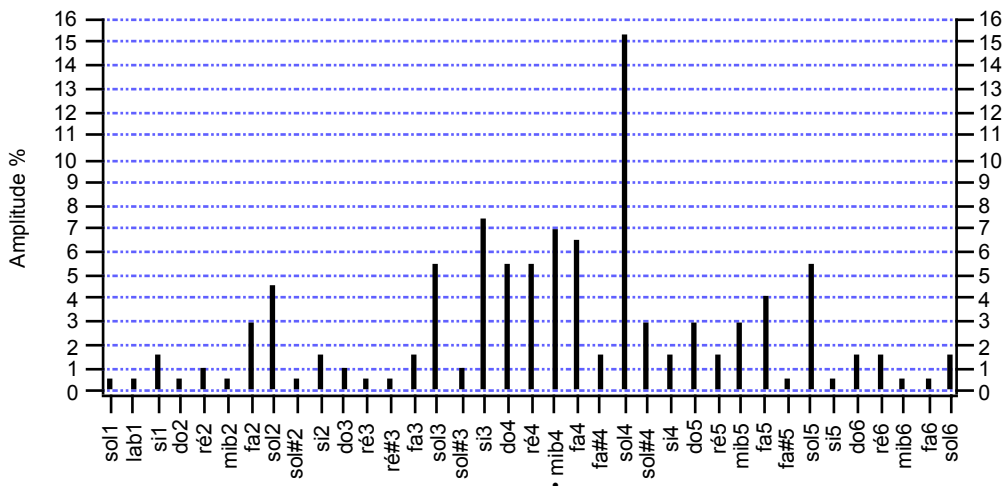
• Couche spectrale 8 (6.44 %)



B

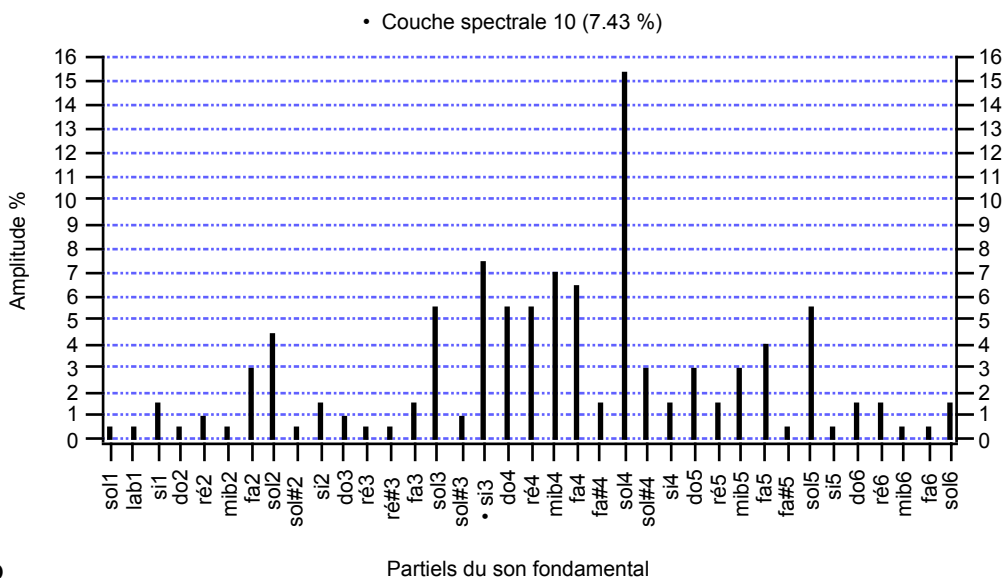
Partiels du son fondamental

• Couche spectrale 9 (6.93 %)

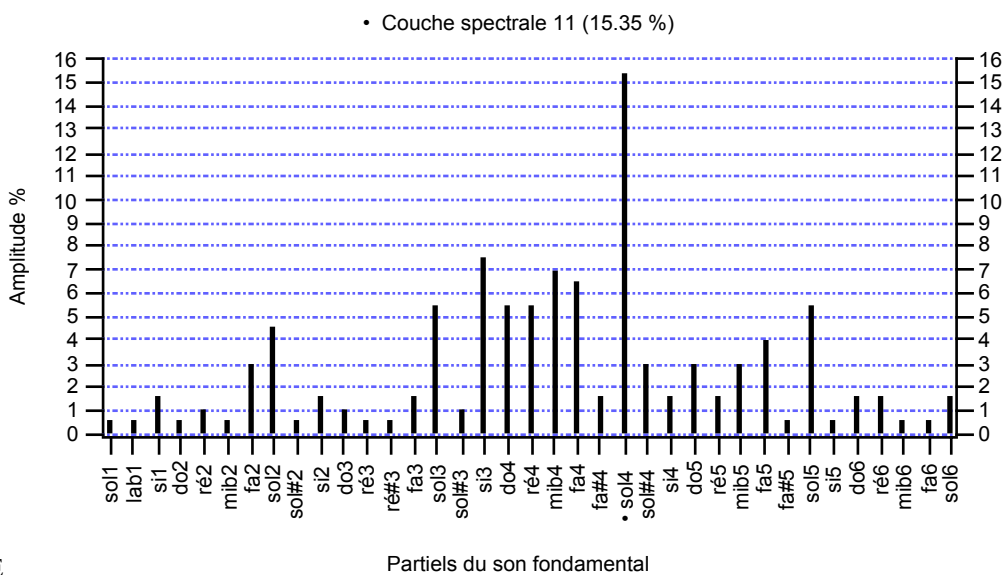


C

Partiels du son fondamental



D



E

Graphiques des 7ème à 11ème couches spectrales du son fondamental (Beethoven (mesures 1 à 21))

Figure 174

La figure 174 (A, B, C, D, E) représente les couches spectrales (7 à 11) du son fondamental. Tel que nous l'avons commenté précédemment, au fur et à mesure que nous approchons les couches supérieures, les amplitudes de chaque couche augmentent. Nous analyserons tout de suite, dans la conclusion qui suit, les implications de chaque couche dans la structure et la sonorité de ce son fondamental.

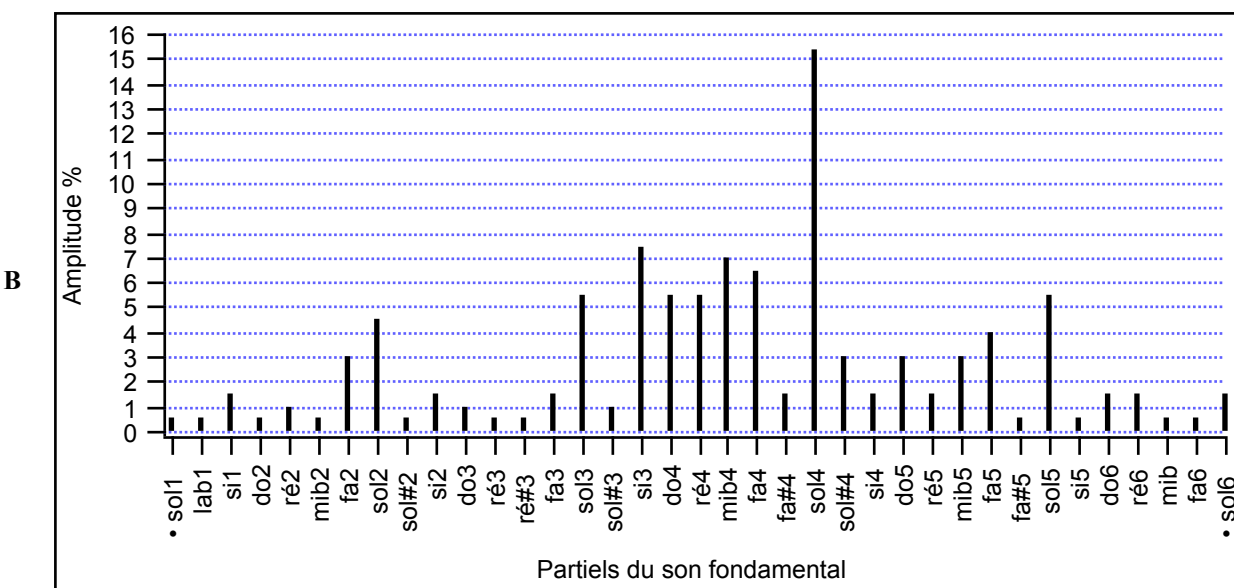
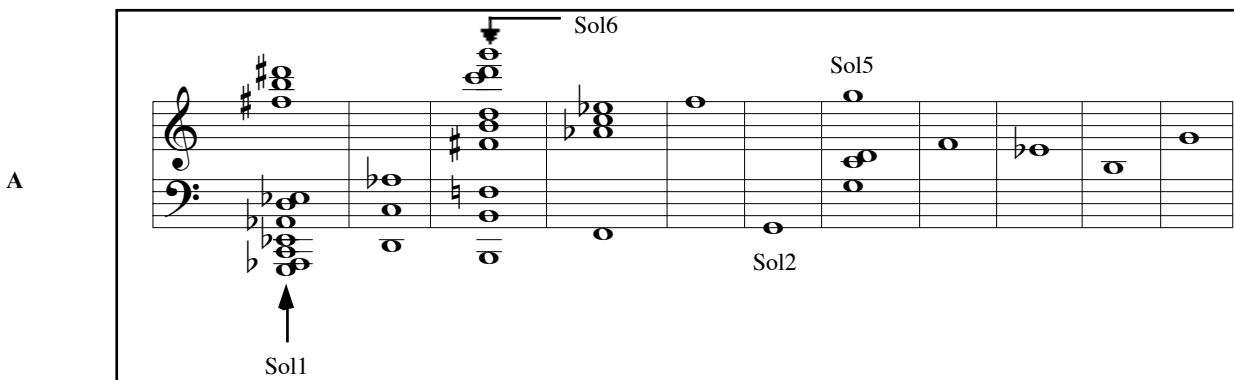
3.4.2. Conclusion

L'analyse du son fondamental du premier mouvement de la *cinquième symphonie* de Beethoven (mesures 1 à 21) aura permis de dégager plusieurs détails, lesquels apportent des indices très pertinents sur la structure, la sonorité et la démarche ou stratégie compositionnelle de l'auteur entre autres.

L'action analytique développée nous a permis d'observer,

- premièrement, en ce qui concerne la structure du son fondamental, qu'elle est organisée à partir des sons (notes) sol, ceux-ci fonctionnant comme des éléments limitrophes.

Couches spectrales :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Amplitudes (%) :	0.50	0.99	1.49	2.97	3.96	4.46	5.45	6.44	6.93	7.43	15.35



La totalité de couches spectrales du son fondamental (Beethoven (mesures 1 à 21)), en notation musicale, Figure 175 A, et, en représentation graphique (plan Cartésien), figure 175 B.

Figure 175

La figure 175 précédente, permet une visualisation du rôle des notes *sol1* et *sol6* comme entités structurantes du son fondamental. La distribution par couches des partiels du son fondamental permet aussi d'observer comment l'indice d'utilisation des sons de l'extrait musical montre le niveau d'organisation du signal acoustique qui émane du son fondamental. Dans ce sens, la figure 175 A peut être parcourue en commençant par la gauche vers la droite. Plus l'on se dirige vers la droite, plus l'amplitude (le volume) de chaque couche sera importante.

Aussi, les sons *sol* sont situés dans des endroits stratégiques en ce qui concerne la division ou segmentation de la structure du son fondamental. C'est ainsi que nous pouvons constater que, à partir de la sixième couche spectrale, jusqu'à la dernière, les limites de la tessiture des fréquences sont aussi indiquées par le son *sol2* de la sixième couche et le son *sol5* de la septième couche (cf. la figure 175 A).

- Deuxièmement, un détail très frappant est celui qui concerne l'agencement des sons du son fondamental. Une lecture de ces sons en commençant par la région grave vers l'aiguë permet de constater que ce son fondamental consiste en une sorte de gamme mineure dite *exotique*, laquelle va se répéter de manière quasi identique dans tous les registres (de 1 à 6).

		Notes															
Registres	sol	lab	la	sib	si	do	do#	ré	mib	mi	fa	fa#	sol	lab	la	sib	si
1	•	•			•												
2						•		•	•		•		•	•			•
3						•		•	•		•		•	•			•
4						•		•	•		•	•	•	•			•
5						•		•	•		•	•	•				•
6						•		•	•		•		•				

Le tableau de la structure en forme de gamme du son fondamental (Beethoven (mesures 1 à 21))

Figure 176 a

Le tableau de la figure 176 a précédente permet, en effet, d’apprécier la disposition en forme de gamme de la structure du son fondamental du premier mouvement de la *Cinquième* symphonie de Beethoven (mesures 1 à 21).

Registre	Type	Gammes								Nombre de notes
		do	ré	mib	fa		sol	lab	si	
2 et 3	1	do	ré	mib	fa		sol	lab	si	7
4	2	do	ré	mib	fa	fa#	sol	lab	si	8
5	3	do	ré	mib	fa	fa#	sol		si	7
6	4	do	ré	mib	fa		sol			5

Structures des différentes gammes qui conforment le son fondamental (Beethoven (mesures 1 à 21))

Figure 176 b

La gamme est conformée par les sons *do, ré, mib, fa, sol, lab et si*, avec certaines variantes, à savoir, l’ajout ou la suppression des notes *fa#, lab et si* (selon les cas). La figure 176 b permet justement de préciser cela. Le premier type d’apparition de cette gamme est *do, ré, mib, fa, sol lab et si*. Le deuxième type d’apparition est *do, ré, mib, fa, fa#, sol lab et si*. Le troisième est *do, ré, mib, fa, fa#, sol et si*. Enfin, le quatrième type est *do, ré, mib, fa, sol*.

Or, ce qui est encore plus frappant en relation à cette sorte de gamme qui se dessine dans la lecture des notes, dans l’ordre ascendant du son fondamental de cette œuvre de Beethoven, est que, comme nous l’avons constaté, sa sonorité est très instable, c’est-à-dire qu’elle oscille entre la dominante et la tonique. Alors la gamme que nous avons trouvée, même si elle est exotique ou défective, elle objective la tonalité de *do mineur*. L’on pourrait donc affirmer que si bien la sonorité du son fondamental n’objective pas la tonalité de *do (mineur)*, par contre la structure fondamentale, de base, de ce son fondamental, objective de manière claire et irréfutable la tonalité de *do mineur*.

• Troisièmement, en partant du rôle que nous avons attribué donc aux notes *sol* dans la structure et dans l’ordonnement des notes du son fondamental, nous avons trouvé une segmentation qui montre certaines symétries et régularités. Plusieurs interprétations sont possibles. Nous allons donc donner une d’entre elles. Un premier détail qui attire immédiatement l’attention est celui qui concerne les enchaînements des accords.

Une lecture, de gauche à droite, des couches spectrales selon le graphique de la figure 177 A, ci-dessous, prenant comme point d'analyse la densité harmonique, c'est-à-dire en différenciant les accords identifiables et ceux qui ne le sont pas, par exemple les clusters, permet de déterminer une certaine structure dans laquelle des régularités apparaissent.

En identifiant les accords par le chiffre 1 et les clusters par le chiffre 0, la lecture de la figure 177 A, donne donc une série que voici :

1 0 1 0

Voilà donc un exemple de régularité qui apparaisse entre les quatre premières couches spectrales. Ce qui nous a paru frappant dans cette série d'accords (accords *réels* et clusters) est qu'aucun d'entre eux n'objective un accord de *repos harmonique* (musicalement parlant), par exemple do mineur. En outre, les accords des couches 2 et 4 sont plus au moins similaires.

En effet, nous pouvons former un accord de ré (onzième mineure) en prenant comme note plus basse le ré de la deuxième couche et ainsi avoir l'accord de *ré, fa, lab, do, mib*, avec, évidemment, des doublures de certaines notes dans des octaves différentes (figure 177 B ci-dessous).

Couches spectrales :	1	2	3	4
Amplitudes (%) :	0.50	0.99	1.49	2.97

	1	0	1	0	
A					B
	Cluster	Accord	Cluster	Accord	

Régularités entre les couches spectrales (1 à 4) du son fondamental (Beethoven (mesures 1 à 21))

Figure 177

Il est certain que, l'accord de la figure 177 B, suggère une sous-dominante de do mineur. Nous recommandons d'écouter avec attention l'exemple : Exemple-19. Dans cet

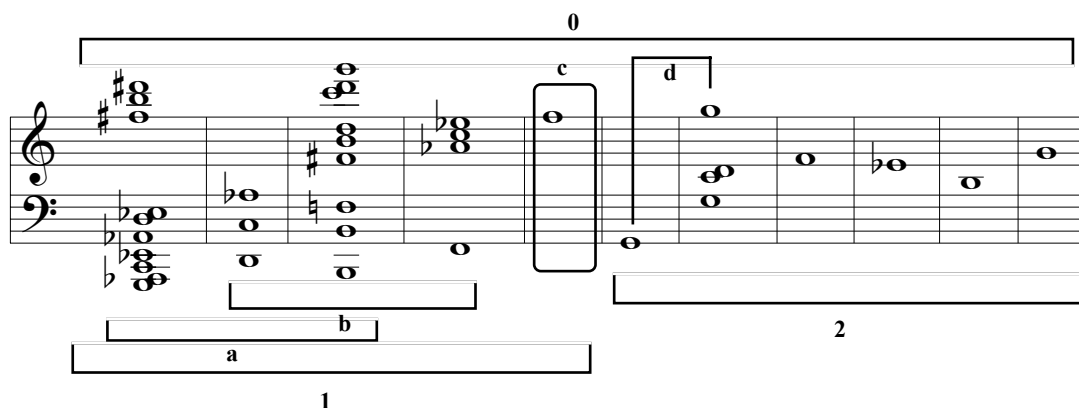
exemple, nous écoutons, par ordre d'apparition, les couches 1 à 4, puis l'accord de la figure 177 B ci-dessus. En définitive, l'on pourrait aussi affirmer que (grosso modo) les couches spectrales 1 et 3 s'approchent à une sonorité de dominante, tandis que les couches 2 et 4 s'approchent à celle de sous-dominante.

- Quatrièmement, l'application de la segmentation au son fondamental et l'analyse de sa structure (segmentée), aura permis de localiser une organisation remarquable avec quelques structures morphologiques régulières ou symétriques.

Nous avons appliqué (approximativement) une sorte de segmentation par projection des couches spectrales, nous avons trouvé une organisation qui permet de dégager des informations sur l'architecture du son fondamental. C'est ainsi que le chiffre zéro de la figure 178 ci-dessous symbolise le son fondamental en tant qu'entité complète. Un premier niveau de segmentation (chiffre 1 et 2) représente les deux parties principales du son fondamental.

Dans le chiffre 1, nous trouvons trois sous-segments (a, b et c).

Les sous-segments *a* et *b*, nous pouvons les lire comme s'il s'agissait d'une série d'accords. Une lecture par type d'accords nous a donné la suite de caractéristiques : cluster, accord et cluster, pour le sous-segment *a* ; et accord, cluster, accord, pour le sous-segment *b*.



Segmentation du son fondamental (Beethoven (mesures 1 à 21))

Figure 178

Le sous-segment *c* nous a suggéré qu'il pouvait fonctionner comme une sorte de pivot. Or, la note fa5 qui conforme le sous-segment *c*, se trouve à l'intérieur des notes sol1 et sol6

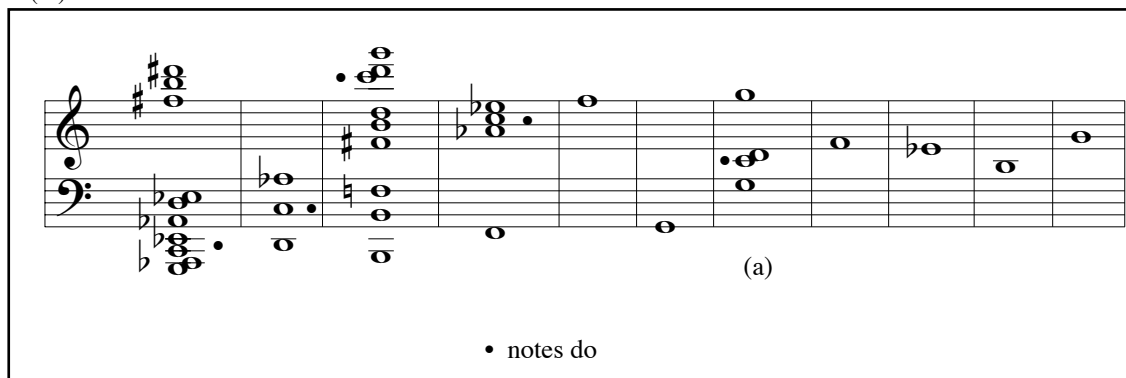
qui délimitent le son fondamental. Corrélativement cette note fa5 se trouve aussi à l'intérieur des notes sol2 et sol5 qui délimitent la deuxième partie du son fondamental, (cf. la figure 178 ci-dessus). Finalement, le sous-segment *d* annonce la tessiture du deuxième segment du son fondamental, c'est-à-dire sol2 et sol5.

• Cinquièmement, à partir des informations obtenues de l'analyse, la stratégie musicale du compositeur se voit, d'une certaine façon, dévoilée. En effet, l'analyse du son fondamental aura permis de comprendre une partie de la démarche compositionnelle de l'extrait étudié. Par exemple, pour nous tous, il est évident que le premier mouvement de la symphonie est en do mineur. L'extrait que nous avons analysé l'est aussi.

Mais, ce qui nous a paru curieux est le fait que, dans la structure du son fondamental, les notes *do* intègrent (dans les couches spectrales) soit des clusters ou des accords, mais ces derniers ne font pas allusion à la tonalité de do mineur. Il faut rappeler que la sonorité du son fondamental que nous avons synthétisé *ne donne pas* l'impression harmonique de do mineur.

Dans la figure 179 ci-dessous, nous pouvons observer les notes do faisant partie dans des accords ou des clusters mais il n'y a pas d'accord de do mineur. Nous avons placé des petits points pour visualiser les notes do.

Couches spectrales :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Amplitudes (%) :	0.50	0.99	1.49	2.97	3.96	4.46	5.45	6.44	6.93	7.43	15.35



Relevé des notes *do* du son fondamental (Beethoven (mesures 1 à 21))

Figure 179

Dans l'analyse auditive du son fondamental de cet extrait, nous avons parlé de sa principale caractéristique acoustique, à savoir, le caractère harmonique instable.

Nous avons insisté sur sa sonorité fluctuante entre les harmonies de la dominante et de la tonique. Justement, la figure 179 (a) ci-dessus (couche spectrale 7) montre un accord de suspension qui pourrait parfaitement faire cadence avec do mineur ou avec sol majeur. Nous rappelons que cette couche *sonne* à une amplitude importante (5.45 %) par rapport aux couches précédentes.

Alors, si bien, la tonalité de cet extrait est do mineur, l'analyse du son fondamental aura dévoilé l'existence d'une sonorité instable et sous-jacente, sonorité qui cristallise de manière très subtile, comme dans une dimension plus fondamentale que la tonique théorique de do mineur. Nous pouvons donc affirmer que la caractéristique sonore instable du son fondamental objective une partie de la stratégie compositionnelle : L'utilisation récurrente (consciente ou pas) des notes *sol* serait à la base de cette stratégie. À son tour, l'instabilité sonore du son fondamental permettrait au *motif* de la symphonie de se propager dans le temps (développement formel) de l'œuvre.

3.4.3. La segmentation naturelle

La segmentation naturelle de cet extrait de la *Cinquième symphonie* de Beethoven exhibe une structure dans laquelle les répétitions de certains éléments sont très visibles. La figure 180a A ci-dessous (page suivante) représente la segmentation naturelle de l'extrait. Nous pouvons apprécier un relevé de quelques-unes des répétitions (figure 180a B).

En effet, la suite de données ondulatoires (0 0 -1) de la figure 180a B (page suivante) est présente de manière *constante* dans la segmentation naturelle de l'extrait. Une autre forme de périodicité apparaît aussi visible, il s'agit de la suite (-1 +1), appréciable surtout dans la figure 180b ci-dessous (page suivante) (encadrés noir foncé).

A

Segmentation naturelle														
<i>O</i>	0	0	-1	+1	0	0	-1	+1	0	0	-1	+1	0	0
-1	+1	0	0	-1	-1	0	0	-1	+1	0	0	-1	+1	0
0	-1	+1	0	-1	-1	+1	0	+1	-1	+1	0	-1	-1	+1
0	+1	-1	-1	0	0	+1	-1	-1						

B

Segmentation naturelle														
<i>O</i>	0	0	-1	+1	0	0	-1	+1	0	0	-1	+1	0	0
-1	+1	0	0	-1	-1	0	0	-1	+1	0	0	-1	+1	0
0	-1	+1	0	-1	-1	+1	0	+1	-1	+1	0	-1	-1	+1
0	+1	-1	-1	0	0	+1	-1	-1						

Segmentation naturelle des mesures 1 à 21 du premier mouvement de la *Cinquième* symphonie de Beethoven

Figure 156

Segmentation naturelle														
<i>O</i>	0	0	-1	+1	0	0	-1	+1	0	0	-1	+1	0	0
-1	+1	0	0	-1	-1	0	0	-1	+1	0	0	-1	+1	0
0	-1	+1	0	-1	-1	+1	0	+1	-1	+1	0	-1	-1	+1
0	+1	-1	-1	0	0	+1	-1	-1						

Segmentation naturelle des mesures 1 à 21 du premier mouvement de la *Cinquième* symphonie de Beethoven

Figure 180b

Il est pertinent de noter qu'il n'y a pas des répétitions de mouvements ascendants (+1 +1). Les répétitions de mouvements horizontaux (0) et de mouvements descendants (-1) s'élèvent à une, à savoir, (0 0) et (-1 -1) respectivement.

Le tableau de la figure 180b précédente montre le relevé de tous les segments naturels de l'extrait de cette pièce de Beethoven. Il est intéressant de constater que, déjà l'analyse de la structure ondulatoire naturelle segmentée, montre que cet extrait de la cinquième symphonie les segments qui contiennent les mouvements horizontaux figurent en plus grand nombre. Ceci s'explique car le *motif* formé par la répétition, de trois fois, d'une même note apparaît de manière constante dans l'extrait choisi.

3.4.3.1. Les segments naturels

3.4.3.1.1. Les segments naturels horizontaux (0)

Les segments naturels de mouvements horizontaux (0) se présentent de deux formes différentes. Nous ne trouverons qu'une seule modalité de répétition de ce mouvement, à savoir la répétition simple, deux mouvements horizontaux consécutifs (0 0). La première forme d'apparition du segment naturel 0 n'est que lui même (0).

1	2
(1)	(2)
0	0 0

Segments naturels des mouvements horizontaux de l'extrait de la *Cinquième* symphonie de Beethoven

Figure 181

Le tableau de la figure 181 représente les 2 formes d'apparition du mouvement horizontal (0). Nous avons donc que ce mouvement horizontal peut apparaître répété dans la structure de sons de la pièce, de façon consécutive deux fois.

3.4.3.1.2. Les segments naturels ascendants (+1)

Les segments naturels de mouvements ascendants (+1) se présentent d'une seule forme. Nous ne trouverons qu'une seule modalité d'apparition de ce mouvement, à savoir un seul mouvement ascendant (+1), (figure 182 ci-dessous).

1
(1)
+1

Segment naturel du mouvement ascendant de l'extrait de la *Cinquième* symphonie de Beethoven

Figure 182

3.4.3.1.3. Les segments naturels descendants (-1)

Le tableau de la figure 183 ci-dessous représente les 2 formes d'apparition du mouvement descendant (-1). Ce mouvement descendant peut apparaître répété dans la structure de sons de cet extrait, de façon consécutive une fois.

1	2
(1)	(2)
-1	-1 -1

Segments naturels des mouvements descendants de l'extrait de la *Cinquième* symphonie de Beethoven

Figure 183

Les segments naturels de mouvements descendants (-1) se présentent de deux formes. Nous ne trouverons qu'une seule modalité de répétition de ce mouvement, à savoir la répétition simple, deux mouvements descendants consécutifs (-1 -1). La première forme d'apparition du segment naturel -1 n'est que lui même (-1).

La figure 184 ci-dessous permet d'apercevoir déjà sous forme de tableau la tessiture ondulatoire de cet extrait de Beethoven. Tel que nous l'avons indiqué précédemment les trois mouvements ascendants, descendants et horizontaux, apparaissent une fois respectivement. Seul les mouvements descendants et horizontaux peuvent apparaître deux fois consécutivement dans la segmentation naturelle.

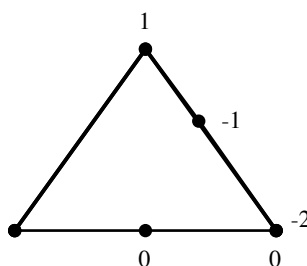
1	2
(1)	(2)
+1	
0	0 0
-1	-1 -1

Relevé de tous les segments naturels de l'extrait de la *Cinquième* symphonie de Beethoven (mesures 1 à 21)

Figure 184

3.4.4. L'extension ondulatoire totale

L'*extension ondulatoire totale* (cf. 2.9 : 155) de cette œuvre apparaît déjà de manière évidente dans le tableau de la figure 184 précédente. En effet l'extension ondulatoire totale de la structure de sons de cet extrait musical comportera donc 1 mouvement ascendant, 2 mouvements descendants et 2 mouvements horizontaux.



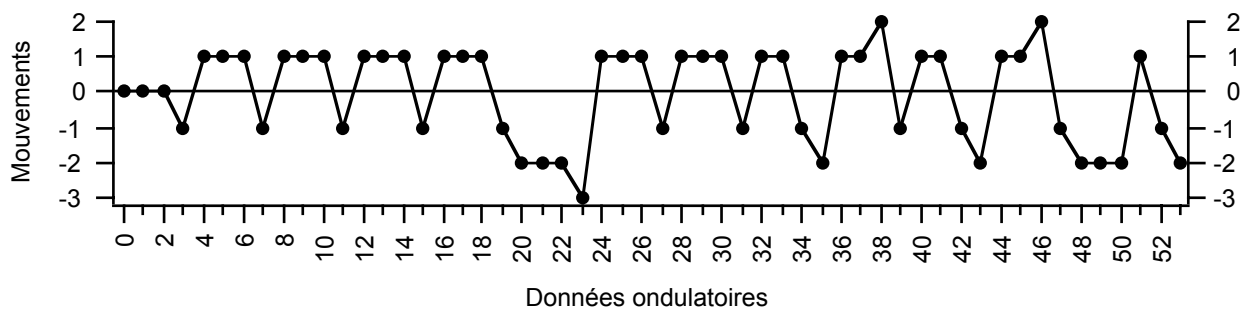
Extension ondulatoire totale de l'extrait de la *Cinquième* symphonie de Beethoven (mesures 1 à 21)

Figure 185

La figure 185 de la page précédente montre de manière convaincante la géométrisation de l'extension ondulatoire totale de l'extrait de la cinquième de Beethoven qui nous occupe. Il est montré de forme évidente aussi une forme de symétrie entre les mouvements horizontaux et les descendants, en tout cas dans le point de vue du modèle de la figure 185. Nous verrons plus tard, dans la représentation de la morphogénèse ondulatoire de cet extrait, c'est-à-dire dans la courbe de la trajectoire ondulatoire si effectivement cette symétrie se montre aussi pertinente que dans la représentation de l'extension ondulatoire totale de l'extrait (figure 185 précédente).

3.4.5. La trajectoire ondulatoire

La trajectoire ondulatoire de l'extrait de la cinquième symphonie de Beethoven est représentée dans la figure 186 ci-dessous. Cette trajectoire (mesures 1 à 21) du premier mouvement, comporte 54 données ondulatoires (de zéro a cinquante trois).



Trajectoire ondulatoire de l'extrait (premier mouvement) de la *Cinquième* symphonie de Beethoven (mesures 1 à 21)

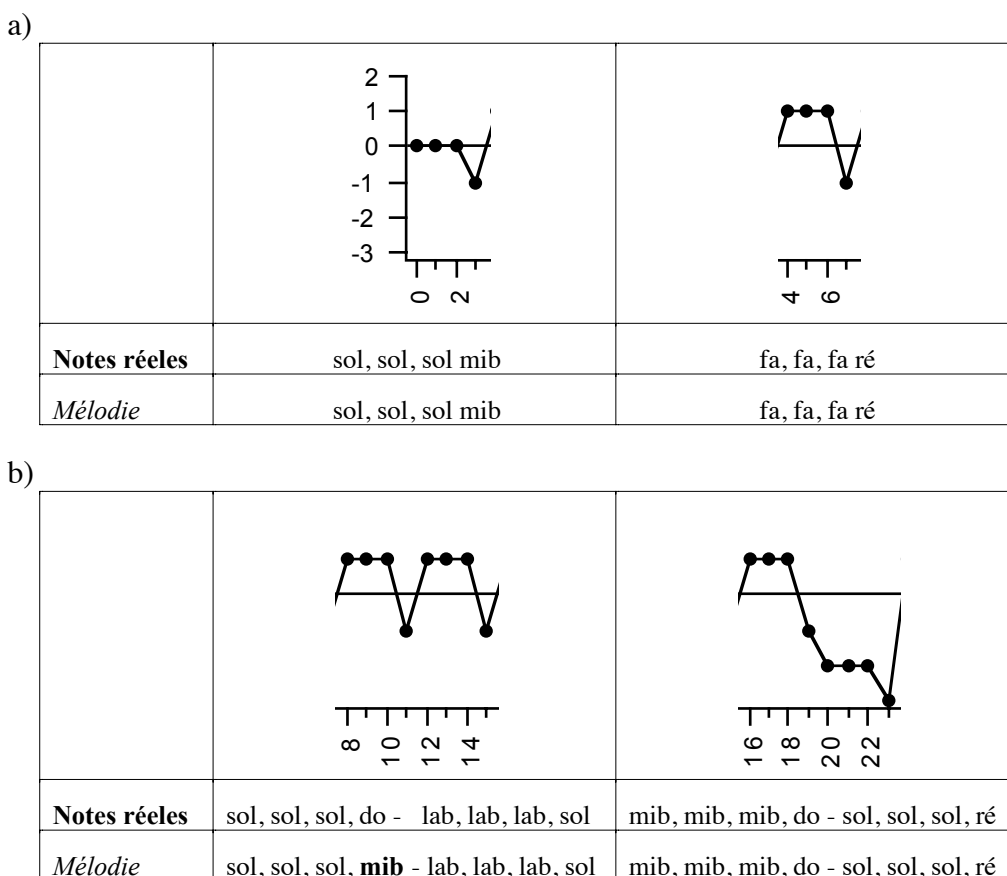
Figure 186

Le premier évènement qui se met en évidence dans la figure 186 est la répétition de mouvements horizontaux. Ces répétitions représentent dans le graphique les notes qui conforment le motif principal (sol, sol, sol mib et ses variantes) du premier mouvement.

Un détail intéressant qui se dégage de la représentation de la trajectoire ondulatoire de

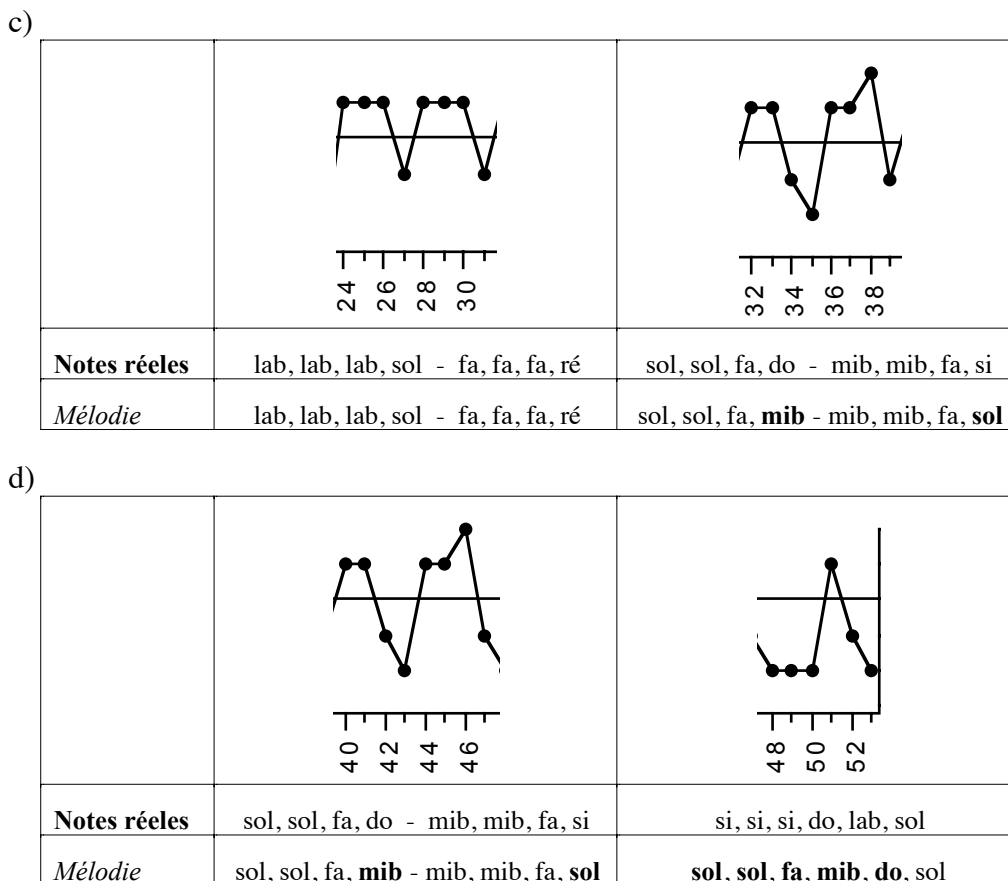
l'extrait, est que cette dernière coïncide presque parfaitement avec la partie mélodique, la mélodie de l'extrait. Nonobstant, les sons qui correspondent à chaque donnée ondulatoire de la trajectoire ne sont pas toujours ceux de la mélodie.

En effet, la trajectoire peut représenter parfaitement les notes de la mélodie. La figure 187 ci-dessous illustre notre remarque. La rangée « Notes réelles » dénombre les notes auxquelles chaque donnée ondulatoire est liée. La rangée « Mélodie » indique les notes de la mélodie de cet extrait. Ainsi, nous pouvons comparer les similitudes et les différences entre les éléments de chaque rangée, entre la *mélodie* et les *notes réelles* qui correspondent à la trajectoire ondulatoire du passage.



Comparaison entre la mélodie et les notes qui correspondent à chaque donnée ondulatoire de la trajectoire ondulatoire de l'extrait (premier mouvement) de la *Cinquième* symphonie de Beethoven (mesures 1 à 21)

Figure 187 (première partie)



Comparaison entre la mélodie et les notes qui correspondent à chaque donnée ondulatoire de la trajectoire ondulatoire de l'extrait (premier mouvement) de la *Cinquième* symphonie de Beethoven (mesures 1 à 21)

Figure 187 (deuxième partie)

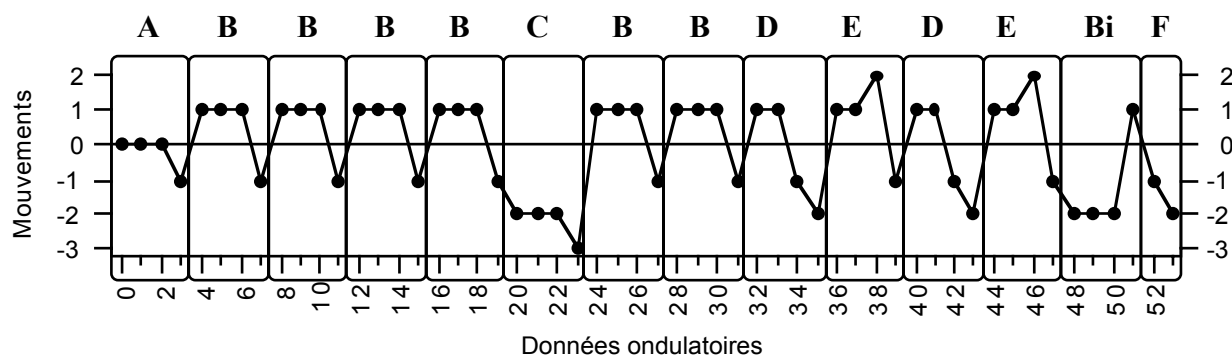
Certainement, la figure 187 ci-dessus montre les endroits où la mélodie coïncide avec les sons correspondants de la trajectoire ondulatoire (donc avec la courbe). Les notes en caractères foncés (rangée *Mélodie*) indiquent les endroits où les notes de la mélodie ne sont pas les mêmes dans la trajectoire ondulatoire. En conclusion, ce qui révèle notre observation est que, dans le cas particulier de cet extrait de la 5^{ème} de Beethoven, la mélodie et la trajectoire aient presque la même configuration ondulatoire. Nous pensons que cette particularité met en évidence le caractère très linéaire ou téléologique de cette section de l'œuvre.

3.4.6. Segmentation ondulatoire analytique

Le motif qui domine cette partie du début de la 5^{ème} symphonie de Beethoven, c'est-à-dire, les trois notes répétées systématiquement, a donné une segmentation très intéressante au niveau des symétries et des régularités. Ce motif est présent partiellement ou totalement dans tous les segments, mais comme nous le verrons, chaque segment fonctionnant de façon précise par rapport à la structure de la trajectoire. Nous avons observé que la structure segmentée de cette trajectoire comporte deux parties. La première d'entre elles, de la mesure 1 à la 13, est très similaire. Par contre, dans la deuxième partie (mesures 14 à 21 de la partition) là où Beethoven applique une sorte de compression des éléments musicaux, va s'apprécier aussi dans la structure segmentée de l'extrait donnant ainsi une segmentation moins régulière. Nous verrons cela en détail plus bas.

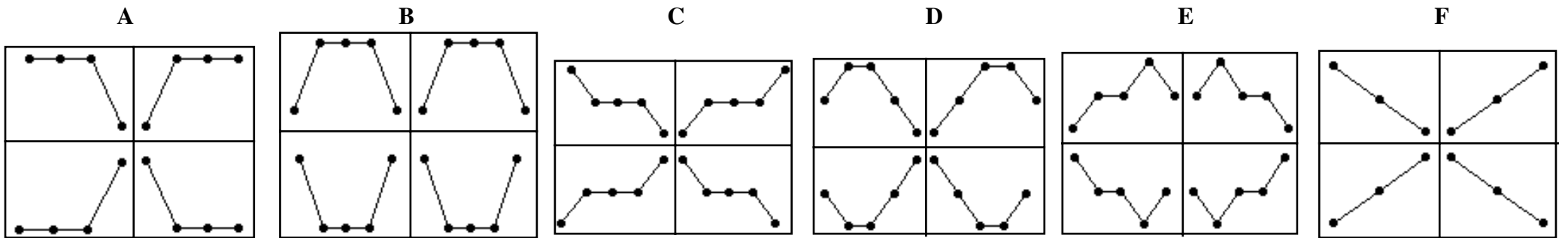
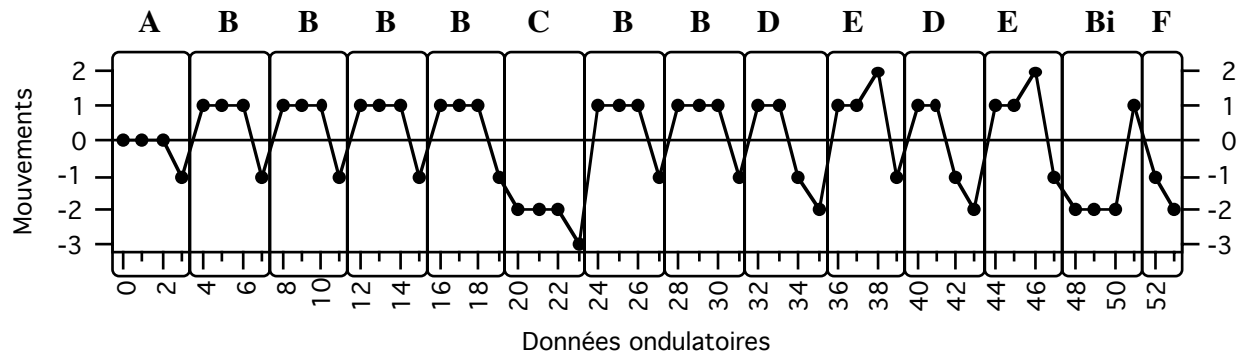
3.4.6.1. Les segments ondulatoires

Nous avons établi une segmentation de la trajectoire ondulatoire de cet extrait de la 5^{ème} symphonie de Beethoven qui contient donc 6 types différents de segments ondulatoires, à savoir des segments s'étalant de A à F.



Segmentation de la trajectoire ondulatoire de l'extrait (premier mouvement) de la *Cinquième* symphonie de Beethoven (mesures 1 à 21)

Figure 188



Segmentation de la trajectoire ondulatoire de l'extrait (premier mouvement) de la *Cinquième* symphonie de Beethoven (mesures 1 à 21)

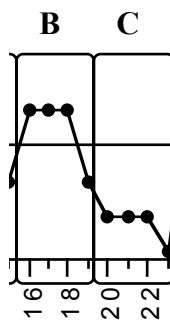
Figure 189

3.4.6.2. Caractéristiques des segments ondulatoires

Le **segment A** est celui qui contient le motif célèbre de cette symphonie, caractérisé donc avec les notes sol, sol, sol mib *et ses variantes*. Ce segment n'apparaît qu'*une seule fois* dans la trajectoire de l'extrait que nous avons analysée (cf. la figure 189 précédente).

Le **segment B** apparaît six fois dans sa forme originale et une fois dans sa forme inversée (**Bi**). *Il comporte aussi le motif paradigme de la symphonie*. Le segment B pourrait être entendu comme une sorte de continuation ou évolution du segment A. Il faut noter que ce segment (B) est le plus utilisé dans la trajectoire ondulatoire, il apparaît donc 7 fois.

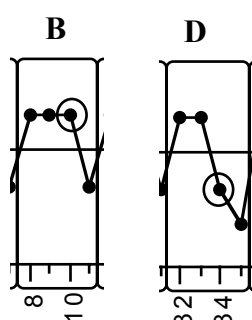
Le **segment C** est celui qui comporte la bifurcation de la direction de la trajectoire ondulatoire vers le bas (figure 190 ci-dessous). Ce segment est une variation du segment B. En effet, il est presque identique au segment B sauf que son premier mouvement ondulatoire n'est pas ascendant, mais descendant. Le segment C apparaît une seule fois dans l'extrait.



Différence entre les segments B et C qui montre la bifurcation descendante de la première donnée ondulatoire du segment C

Figure 190

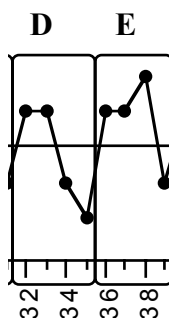
Le segment **D** comporte aussi, comme le segment C, la bifurcation vers le bas de la trajectoire ondulatoire. Ce qui est important d'observer, par rapport à la conformation de ce segment, est que c'est là où la partie répétitive du motif, répétition de trois notes du même nom, est interrompue pour donner une répétition de deux notes. La troisième note qui se répète dans le motif est transformée ici en un mouvement descendant (cf. la figure 191 ci-dessous).



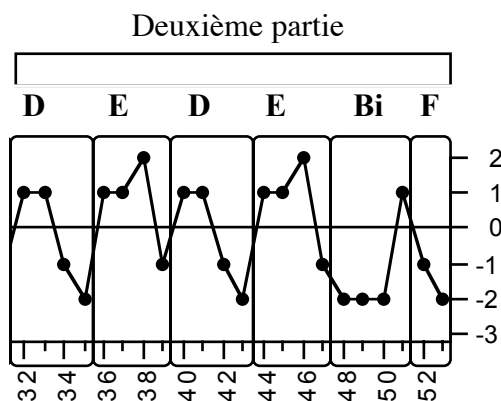
Bifurcation descendante de la troisième donnée ondulatoire du segment D

Figure 191

Le segment **E** pourrait être imaginé comme une transformation du segment D.

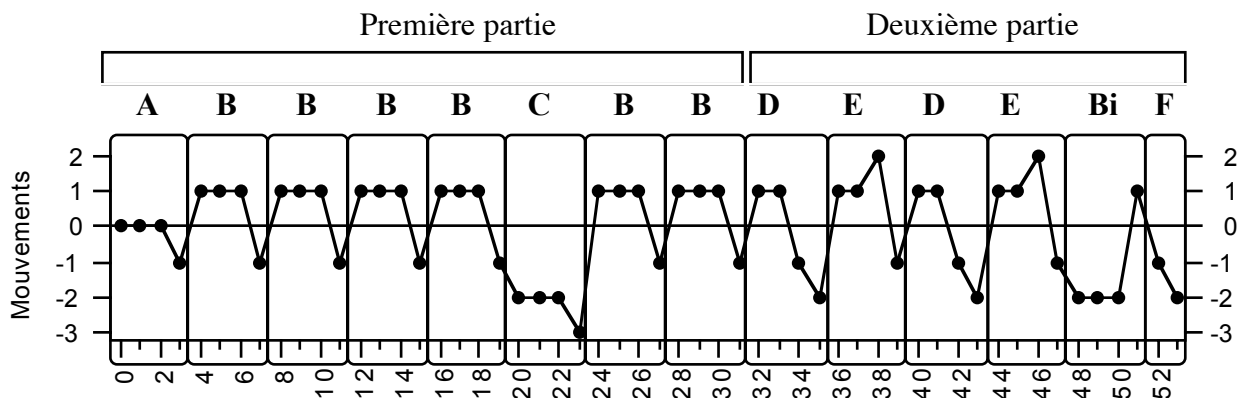


Le troisième mouvement du segment D, à savoir, un mouvement descendant (donnée 34 du graphique à gauche), est transformé ici dans le segment E en un mouvement ascendant (donnée 38 du même graphique). Le quatrième mouvement du segment D, le mouvement descendant ne se modifie pas dans le segment E. Il est important de noter que le segment D précède toujours un segment E (cf. la figure 189 précédente).



Deuxième partie du modèle ondulatoire

Figure 193 a



La structure en deux parties du modèle ondulatoire de l'extrait de Beethoven

Figure 193 b

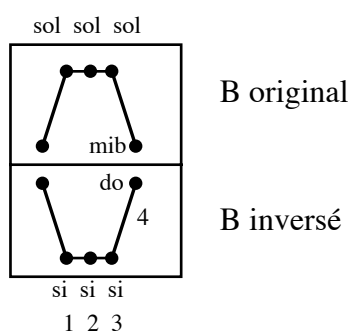
La figure 193 b ci-dessus permet d'observer dans sa totalité la structure bipartite du modèle. Encore une fois la spécificité *ondulatoire* et dans le cas du graphique de la figure 193 b montre la finesse de la construction Beethovenienne. Les segments se succèdent tout en formant une construction compacte et symétrique par endroits.

En effet, la segmentation de la première partie est presque régulière. Cette partie est conformée presque totalement par le segment ondulatoire B. Seul le segment C est celui qui va altérer la structure répétitive formée par les segments B.

Dans la seconde partie du modèle, l'apparition (deux fois consécutives) des segments D et E, permet aussi de constater ce que nous venons d'affirmer par rapport aux jeux de

symétries et de régularités dans cet extrait. Cette deuxième section du modèle comporte aussi une distribution assez régulière de parties avec, à la fin de la section, une sorte de brisement de cette régularité par les segments Bi et F, (figure 193 b de la page précédente).

Il est important de noter que vers la fin de la trajectoire ondulatoire de l'extrait, fin qui coïncide avec celle de l'introduction du premier mouvement de la symphonie, nous avons le segment ondulatoire B utilisé dans sa forme inversée (Bi), lequel fonctionne comme un élément morphologique à caractère conclusif. Nous voulions rappeler que l'usage de la forme *inversée* d'un segment ondulatoire pour *clorre* une section ou un morceau musical a été déjà constaté dans les modèles des œuvres que nous avons analysées auparavant (Bach et Schönberg). Encore une fois la *symétrie bilatérale* d'un segment ondulatoire important (le segment B) est présente ici, dans cet extrait de Beethoven, tout en occupant une place prépondérante dans la morphogénèse ondulatoire.



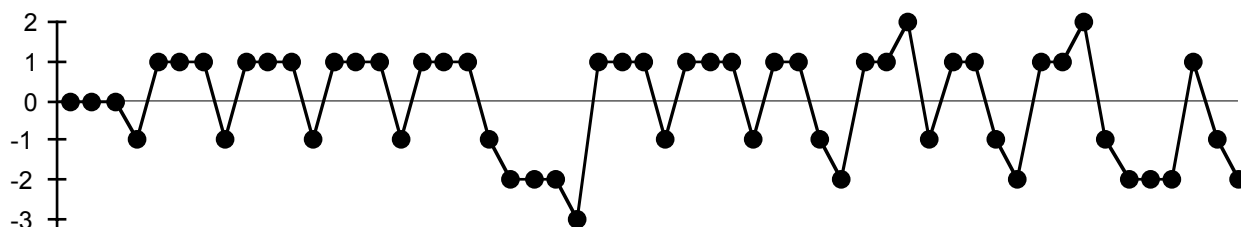
Symétrie bilatérale du segment ondulatoire B

Figure 194

La figure 194 ci-dessous montre le segment B dans sa forme originelle et inversée, donc, la représentation de la symétrie bilatérale du segment. Nous pouvons constater un détail marquant dans le cas précis de l'apparition de la symétrie bilatérale du segment B à la fin de l'extrait de Beethoven. Ceci consiste en ce que, les notes correspondantes à chaque donnée ondulatoire du segment B dans sa forme inversée, sont précisément celles qui font partie de l'harmonie de dominante (sol majeur), à savoir les notes *si* répétées trois fois et, à la fin (quatrième donnée ondulatoire) la note *do* (tonique) cf. la figure 194 ci-dessus.

C'est-à-dire que le seul endroit où apparaisse le segment ondulatoire B inversé (Bi) est justement au moment de la clôture de la première section de l'introduction du premier mouvement de la symphonie, avec les notes *si* jouées trois fois, suivies par la note *do*, notes qui objectivent un mouvement ascendant vers la tonique de *do* mineur, cf. la figure 194 de la page précédente.

3.4.8. Le modèle ondulatoire

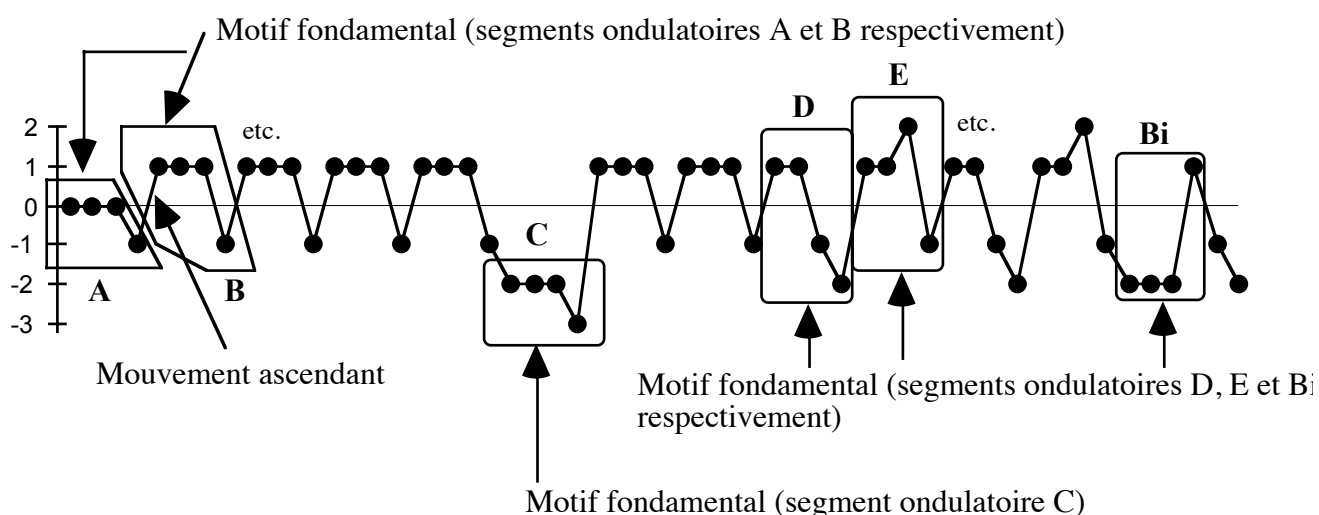


Modèle ondulatoire (blanc) de l'extrait (premier mouvement) de la *Cinquième* symphonie de Beethoven (mesures 1 à 21)

Figure 195

Le modèle de l'extrait de l'introduction de la cinquième symphonie de Beethoven est un exemple intéressant de morphogénèse symétrique à peu près totale. Nous pouvons apercevoir que la répétition, comme élément déterminant dans cet extrait, acquiert une signification particulière (nous rappelons que le modèle objective la partition d'orchestre et non pas la mélodie). Dans le graphique de la figure 195 (ci-dessus), nous pouvons observer l'apparition presque systématique de la répétition de trois points. Ce type de répétition de trois points (données ondulatoires) met en évidence le *motif*, si l'on peut dire, *fondamental* de cette œuvre. Deuxièmement, nous pouvons observer que la majeure partie des données ondulatoires apparaissent dans la région positive (1 ou 2) de la courbe qui représente la trajectoire ondulatoire – effectivement, de 54 données qui comportent la trajectoire ondulatoire de notre exemple, 29 se trouvent réparties dans la zone positive de la courbe. D'un autre côté, 22 données ondulatoires vont apparaître dans la zone négative (-1 -2 -3) de la courbe. Finalement, les trois données ondulatoires restantes sont dans la zone zéro au début.

Ce constat permet d'apercevoir un détail important concernant cette section de l'œuvre, à savoir, que sa tendance de mouvement est particulièrement marquée vers le haut : Toutes les répétitions consécutives de deux ou trois notes (motif fondamental) se réalisent quasi totalement dans la région positive de la courbe.



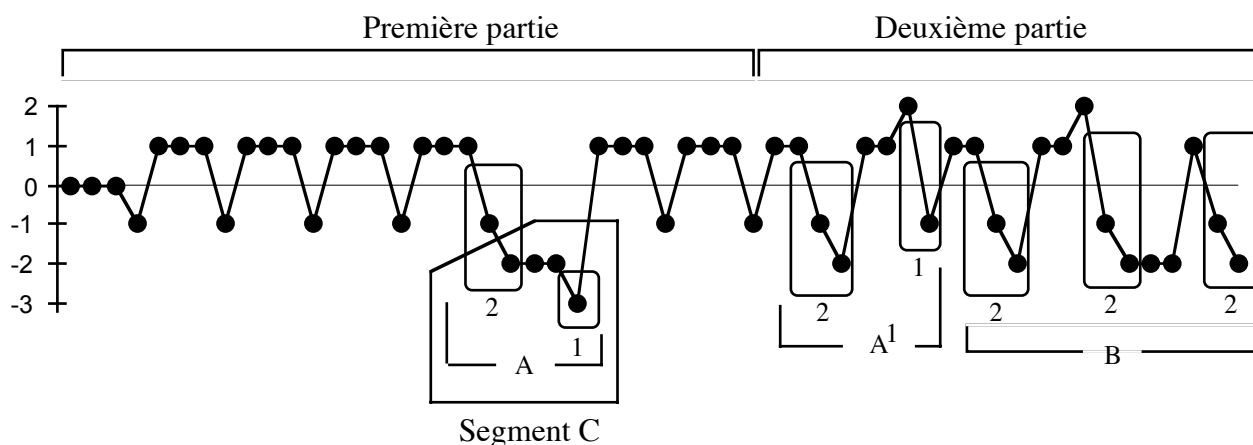
Localisation du motif fondamental dans le modèle ondulatoire (blanc) de l'extrait (premier mouvement) de la *Cinquième symphonie* de Beethoven (mesures 1 à 21)

Figure 196

Cela montre donc une spécificité clairement définie dans cet extrait où le motif (fondamental) et ses variantes vont, pour ainsi dire, se renouveler constamment (musicalement parlant) car ils apparaissent toujours dans la zone positive de la courbe, sauf deux exceptions, chaque apparition du motif étant donc précédée par un mouvement ascendant (figure 196 ci-dessus).

Un autre détail à signaler par rapport à la caractéristique morphologique de cet extrait est celui qui se trouve dans les transformations du segment B en segment D ou E, selon le cas. Justement là, nous observons, à partir des transformations du segment B, que l'amplitude des mouvements descendants de la courbe atteint ses limites, c'est-à-dire deux mouvements descendants consécutifs. Alors, toute la seconde partie du modèle est très marquée par l'apparition de mouvements descendants (un ou deux selon les cas), mouvements descendants

qui vont donner à cette partie de l'extrait une sorte de caractère (musical) plus stressant ou diversifié que le précédent. Dans la figure 197 ci-dessous nous pouvons vérifier l'incidence et l'importance très particulière des mouvements descendants.



L'incidence des mouvements descendants dans l'extrait (premier mouvement) de la
Cinquième symphonie de Beethoven (mesures 1 à 21)

Figure 197

Nous apercevons effectivement que la première partie contient presque totalement des mouvements descendants simples (un seul mouvement descendant) sauf dans un endroit précis (avant le segment C) où la structure du modèle comporte deux mouvements descendants consécutifs. Dans la figure 197 ci-dessus, nous avons marqué les mouvements descendants simples avec un chiffre 1, les mouvements descendants consécutifs doubles avec le chiffre 2. Nous pouvons vérifier, encore une fois que la première partie du modèle de la morphologie de cet extrait est très stable. La deuxième partie est plus mouvementée.

Nous pouvons apprécier aussi que, dans la première partie, apparaisse une section de la structure que nous avons démarquée avec la lettre A, laquelle symbolise une séquence de deux mouvements descendants consécutifs, suivis de deux mouvements horizontaux (0 0) et à la fin un mouvement descendant. Dans la deuxième partie du modèle, nous avons que cette section A se répète presque identiquement (A¹), tandis qu'après ceci, nous trouverons une succession ou séquence de mouvements ondulatoires descendants qui apparaîtront trois fois consécutives (section B de la seconde partie).

Or, comme nous l'avons déterminé auparavant, à propos du segment ondulatoire F, ce segment fonctionne comme un élément morphologique à caractère conclusif. Justement l'analyse de la deuxième partie du modèle, montre qu'effectivement le segment F, lequel est conformé, nous le rappelons, par deux mouvements consécutifs descendants, apparaît de façon récurrente (deux mouvements descendants consécutifs faisant partie d'autres segments) dans cette deuxième section. Alors cette constatation laisse entrevoir quelque chose de très pertinent par rapport à la corrélation entre les *mouvements ondulatoires descendants* de la courbe et ses implications musicales. C'est ainsi qu'ici dans ce court extrait de la symphonie, la succession de deux mouvements consécutifs descendants acquiert une fonction conclusive : L'écoute de cette partie de l'extrait montre de façon éclairante cette particularité conclusive des segments descendants (nous recommandons d'écouter l'exemple : Exemple-20).

3.4.9. Le mécanisme morphogénétique de la trajectoire ondulatoire

Il nous a semblé évident que l'origine du principe de prolifération de cet extrait de la *Cinquième* de Beethoven pourrait se localiser dans les segments ondulatoires qui contiendraient le motif fondamental (* 0 0 -1) l'astérisque peut être un mouvement ascendant ou descendant. Encore une fois, comme nous l'avons vu dans les analyses précédentes (Bach et Schönberg), une trame régulière apparaissant dans la trajectoire ondulatoire (mouvements horizontaux, dans le cas de la symphonie de Beethoven), nous indique que très probablement le noyau du principe de prolifération serait localisé là.

En effet le motif fondamental de la Symphonie apparaît de façon périodique dans l'ensemble de la trajectoire (segments A et B). En regardant le modèle ondulatoire de la figure 193 b précédente, nous pouvons constater cela.

Nous situerons en conséquence, l'origine du principe de prolifération, le noyau à partir duquel se génère le processus de développement de la trajectoire ondulatoire de cet extrait de la Symphonie dans le segment ondulatoire A. Nous rappelons que le segment A apparaît seulement une fois dans l'extrait, au début de l'œuvre.



Le segment A, contenant les deux principes fondamentaux, la répétition et la bifurcation

Figure 198

Justement, en considérant comme élément-hypothèse de travail sur l'origine du principe de prolifération de cet extrait de Beethoven, le segment ondulatoire A, nous pouvons déceler que ce segment comporte deux caractéristiques de base d'importance extrême. La première étant la répétition consécutive de deux sons, et deuxièmement, un mouvement descendant (figure 198 ci-dessus). Or, ces deux caractéristiques cinétiques révèlent à leur tour deux principes *que nous considérons comme fondamentaux*. Car le premier, la répétition, permet la continuité, disons-le, du même. Le deuxième, la bifurcation, permet en effet la rupture du premier principe, celui de la répétition. Nous reviendrons sur cet aspect capital plus tard dans notre analyse. Pour l'instant nous insisterons sur l'hypothèse selon laquelle l'idée fondamentale (abstraite) serait celle qui comporte donc le principe de la répétition et au même temps celui de la bifurcation. L'idée fondamentale (abstraite) se trouvant exemplifiée de manière éloquente dans le segment ondulatoire A du début de la Symphonie, (cf. la figure 198 ci-dessus et la figure 193 b précédente).

3.4.9.1. Le substrat ondulatoire

Nous rappelons que le substrat ondulatoire d'une pièce de musique est constitué des segments qui apparaîtront en majeur nombre dans la trajectoire ondulatoire de la pièce étudiée, (cf. 2.3.4. : 185). Le substrat ondulatoire correspondant aux 21 premières mesures du premier mouvement de la *Cinquième symphonie* de Beethoven serait donc constitué de segments B. Nous rapellons que *le segment B contient le motif fondamental de la cinquième symphonie*.

Voici la relation d'apparition ou d'utilisation, dans la trajectoire ondulatoire, de chaque segment ondulatoire (permutations de segments comprises).

Le segment A apparaît 1 fois

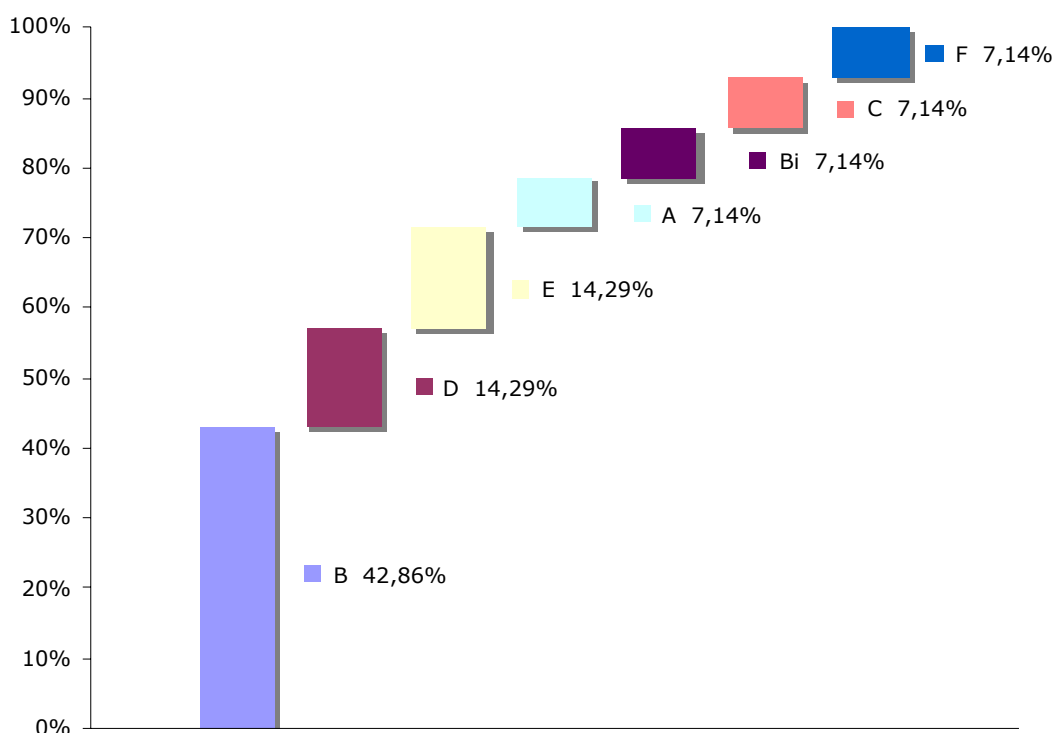
Le segment C apparaît 1 fois

Le segment E apparaît 2 fois

Le segment B apparaît 8 fois

Le segment D apparaît 2 fois

Le segment F apparaît 1 fois

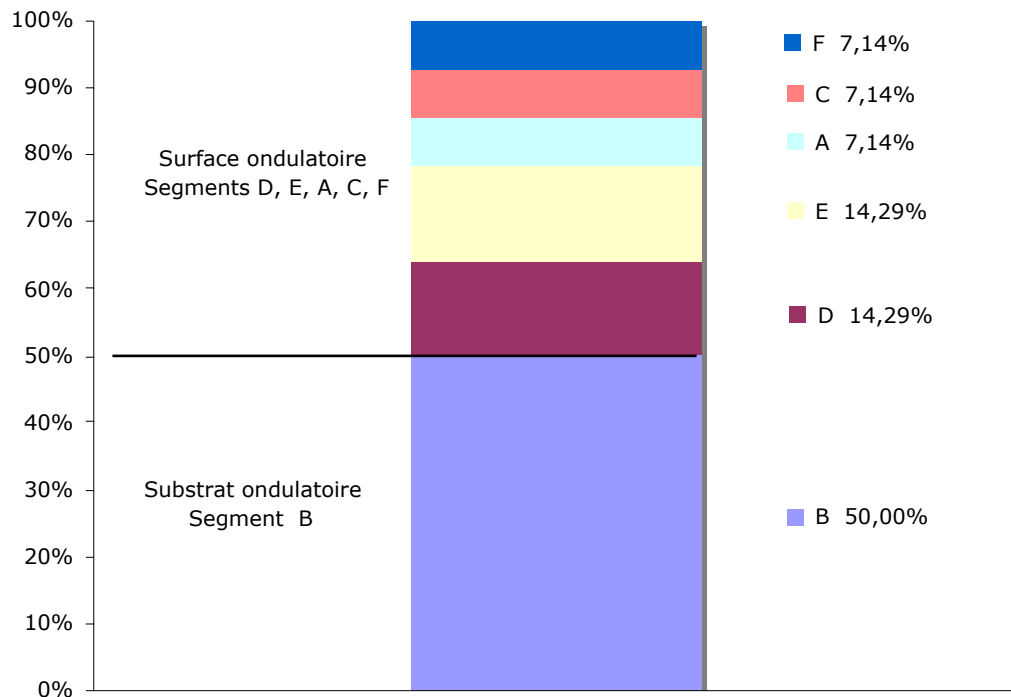


Relation d'utilisation des segments ondulatoires dans la trajectoire ondulatoire de l'extrait du début de la 5ème Symphonie de Beethoven

Figure 199

Le pourcentage d'apparition de chaque segment ondulatoire est représenté dans le graphique de la figure 199 ci-dessus. Nous pouvons déceler de façon précise que le segment B est le plus utilisé dans le début de cette œuvre de Beethoven. Nous pouvons apprécier aussi que le pourcentage du segment B s'élève à 42, donc presque la moitié du total de segments. La transposition inversée du segment B (Bi) comporte un pourcentage de 7.14, donc si nous additionnons ces deux pourcentages, nous obtenons juste 50 % de l'étendue ondulatoire de l'extrait.

Ce détail confirme l'importance du segment B (motif fondamental de l'œuvre) dans la section étudiée.



Le substrat ondulatoire conformé par le segment B, et la surface ondulatoire formée par les segments restants.
(début de la 5ème Symphonie de Beethoven)

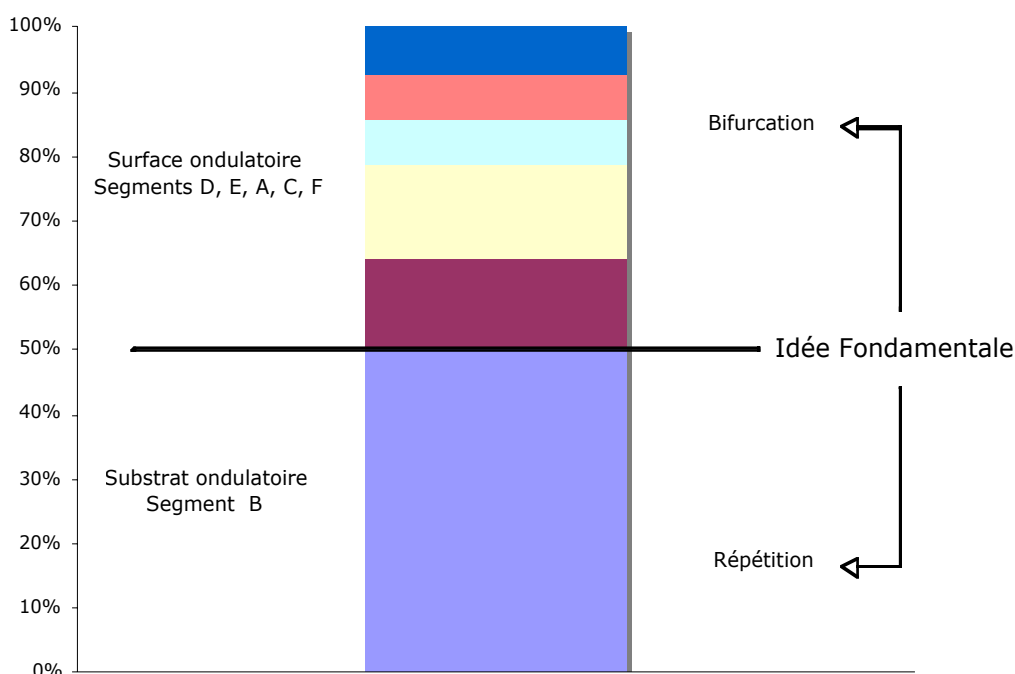
Figure 200

La figure 200 ci-dessus permet de visualiser (abstraitement parlant) l'espace dynamique dans lequel se trouvent représentés le substrat et la surface ondulatoire de l'extrait de Beethoven. Au même temps la figure 200 nous permet aussi d'objectiver la structure abstraite de l'idée fondamentale du même extrait. En effet, tel que nous l'avons déjà signalé auparavant, cette idée fondamentale comporte un premier versant constitué par la répétition, ici dans le graphique représenté par la réunion des segments B et Bi *le substrat ondulatoire*. Le deuxième versant, la bifurcation, appréciable par l'hétérogénéité des segments D, E, A, C, F, *la surface ondulatoire*.

3.4.9.2. L'idée fondamentale

Après avoir identifié la structure du substrat et de la surface ondulatoire de l'extrait de Beethoven, il est évident que l'idée fondamentale est localisée avec certitude. Nous rappelons que, à l'intérieur du système musical ondulatoire, nous avons établi deux types de concepts d'idée fondamentale : L'abstraite et l'objective (réelle), (cf. 2.20. : 177-178).

Or, en ce qui concerne l'idée fondamentale *abstraite* de l'extrait nous avons établi précédemment l'hypothèse selon laquelle elle serait constituée de deux principes, celui de la répétition et celui de la bifurcation. Justement, l'analyse et la mise en structure de l'organisation de l'étendue ondulatoire de l'extrait nous a confirmé de façon juste la véracité de notre hypothèse. Par rapport à l'idée fondamentale *objective*, l'analyse aurait aussi démontré que la tendance majoritaire dans l'étendu ondulatoire vers les segments B (B et Bi) confirme aussi que l'idée fondamentale *objective* se trouve représentée par le segment ondulatoire B.



L'idée fondamentale et ces deux versants, en premier lieu, la répétition (substrat ondulatoire) et en deuxième lieu, la bifurcation (la surface ondulatoire) du début de la 5ème Symphonie de Beethoven

Figure 201

Nous pensons que ce qui se dégage après l'obtention de l'idée fondamentale réelle est que le premier versant constituant de l'idée fondamentale abstraite, à savoir la répétition consécutive de mêmes types de données, est le plus utilisé. Cela met en évidence l'importance morphologique du motif fondamental présent dans le substrat ondulatoire précédemment établi. D'un autre côté, s'il est vrai que la surface ondulatoire soit formée par différents types de segments, même si cette surface comporte la moitié de l'étendu ondulatoire, elle est moins prenante ou compacte (hétérogénéité des segments) que le substrat lequel est formé intégralement par des segments B.

3.4.10. Le processus d'engendrement de la trajectoire ondulatoire

Parce que la trajectoire ondulatoire de cet extrait de Beethoven est de petite dimension, son processus d'engendrement comporte un numéro réduit de règles. Un premier aperçu de la figure 202 ci-dessous permet d'observer, premièrement, que le segment *A* ne succède pas à aucun segment, donc c'est celui avec lequel commence la trajectoire ondulatoire. Deuxièmement, nous pouvons observer aussi que le segment *F* ne précède aucun segment, il est donc le dernier segment de la trajectoire ou du modèle.

Succède

		A	B	Bi	C	D	E	F
P r é c è d e	A		1					
	B		4		1	1		
	Bi							1
	C		1					
	D						2	
	E			1		1		
	F							

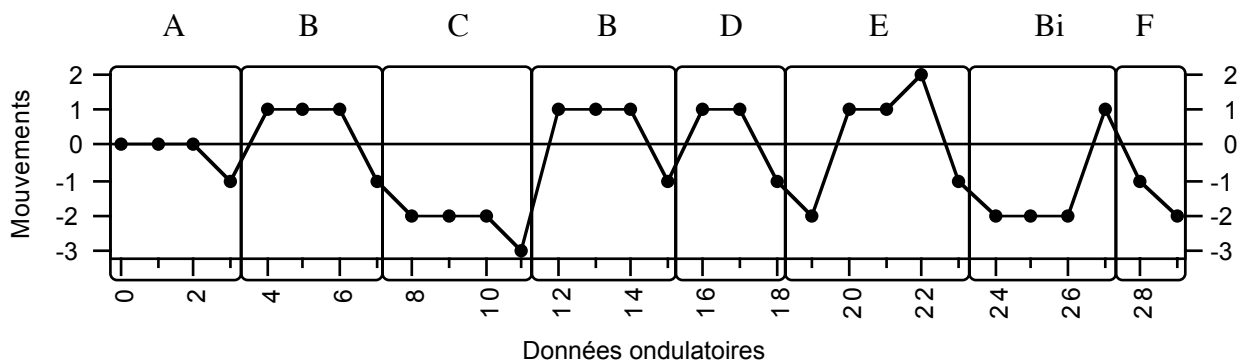
Matrice de règles d'interaction des segments de la trajectoire ondulatoire

Figure 202

C'est pour cela que, dans la matrice, tous les rectangles correspondants aux rangées « précède » et « succède » relatives aux segments *A* et *F* apparaissent noircis (cf. la figure 202 précédente).

Comme pour tous les autres processus d'engendrement d'une trajectoire ondulatoire, les matrices de règles d'interaction servent (entre autres) pour donner un aperçu introductif de la séquence des règles d'engendrement qui doit être posée postérieurement. En effet nous avons établi, à manière d'exemple, une trajectoire ondulatoire à partir de la lecture *aléatoire* des règles d'interaction de la figure 202 précédente. Une fois les règles d'engendrement posées, nous aurions la possibilité de reconstruire la même trajectoire de l'extrait qui nous occupe.

Nous avons obtenu, donc, une trajectoire ondulatoire plus courte que l'originelle. Normalement la trajectoire de l'extrait de Beethoven comporte un nombre de 14 segments, nous avons construit une trajectoire qui comporte huit segments tout en respectant les interactions entre les segments.



Trajectoire ondulatoire obtenue à partir de la lecture aléatoire des règles d'interaction

Figure 203

La figure 203 décrit la trajectoire et sa segmentation que nous avons obtenue à partir de la lecture aléatoire des règles d'interaction. Dans certaines zones de la nouvelle trajectoire, la segmentation correspond à celle de l'originelle. Par exemple, la séquence *A B* du début, la séquence *B C B*, la séquence *B D E* ; et la séquence *E Bi F* de la fin.

3.4.10.1. Les règles locales d'engendrement de la trajectoire ondulatoire (par paires)

Ordre des Segments ondulatoires

a

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A	B	B	B	B	C	B	B	D	E	D	E	Bi	F

Règles d'engendrement

b

Segments	Occurrence	Précède	Succède	Ordre	
A	1	B		1	A
B	6	B(4), C, D	A, B(4), C	2-5, 7-8	B
Bi	1	F	E	13	Bi
C	1	B	B	6	C
D	2	E(2)	B, E	9, 11	D
E	2	D, Bi	D(2)	10, 12	E
F	1		Bi	14	F
Total	14 segments				

Tableau qui schématise la liste des règles locales d'engendrement de l'extrait de Beethoven

Figure 204

Le tableau de la figure 204 montre (de façon schématique) les règles locales qui permettent la reconstruction totale de la trajectoire ondulatoire. Nous pouvons énoncer donc, en effectuant la lecture du tableau de la figure 204, les règles locales de l'engendrement (morphogénèse) de la trajectoire ondulatoire de cette pièce. Voici un exemple. En commençant par la partie supérieure gauche du graphique inférieur (b), nous pouvons lire que le segment *A* précède le segment *B* et qui ne succède pas à aucun segment. La première des règles d'engendrement peut être donc énoncée de la façon suivante : Le segment *A* est le premier segment de la trajectoire (il ne succède pas à aucun segment), il précède une fois un segment *B*. En ce qui concerne, par exemple, le segment *B*, une autre règle d'engendrement pourrait être énoncée de la façon suivante : Le segment *B* apparaît six fois. Il succède le segment *B*, quatre fois ; une fois les segments *C* et *D* respectivement. Ainsi de suite pour les autres segments.

3.4.10.2. Les règles locales d'engendrement de la trajectoire ondulatoire (par triplets)

a

Règle	Segments		
	Succède		Précède
1		A	B(4)
2	A	B	B(3)
3	C	B	B
4	B	B	D
5	E	Bi	F
6	B(4)	C	B(2)
7	B(2)	D	E
8	E	D	E
9	D	E	D
10	D	E	Bi
11	Bi	F	

b

Ordre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Règles	1	2	6	3	4	7	9	8	10	5	11
Succède		A	B (4)	C	B	B(2)	D	E	D	E	Bi
Segment (s)	A	B	C	B	B	D	E	D	E	Bi	F
Précède	B(4)	B (3)	B(2)	B	D	E	D	E	Bi	F	

La liste des règles locales d'engendrement (par triplets) de la trajectoire ondulatoire de l'extrait de la Cinquième de Beethoven

Figure 205

Voici, enfin, le graphique qui schématise les règles, par triplets, de la trajectoire ondulatoire du début du premier mouvement de la Cinquième Symphonie de Beethoven. Nous voudrions rappeler que l'énonciation des règles par triplets permet d'établir sans équivoque les règles d'engendrement. La lecture aléatoire ou non des règles donnera toujours la même trajectoire. La lecture de la figure 205 (a) permet de formuler les règles locales d'engendrement.

C'est ainsi que nous pouvons, par exemple, lire la première règle comme suit :

Le segment A ne succède à aucun segment et précède 4 segments B.

La deuxième règle, comme suit :

Un segment B succède un segment A et précède 3 segments B, (etc.).

La lecture de la figure 205 (b) précédente montre, dans la rangée *Ordre*, l'ordre séquentiel des règles. Dans la rangée *Règles*, nous pouvons visualiser le lieu qui occupe chaque règle (rangée ordre) dans la séquence des règles.

c

Ordre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Règles	1	2	6	3	4	7	9	8	10	5	11

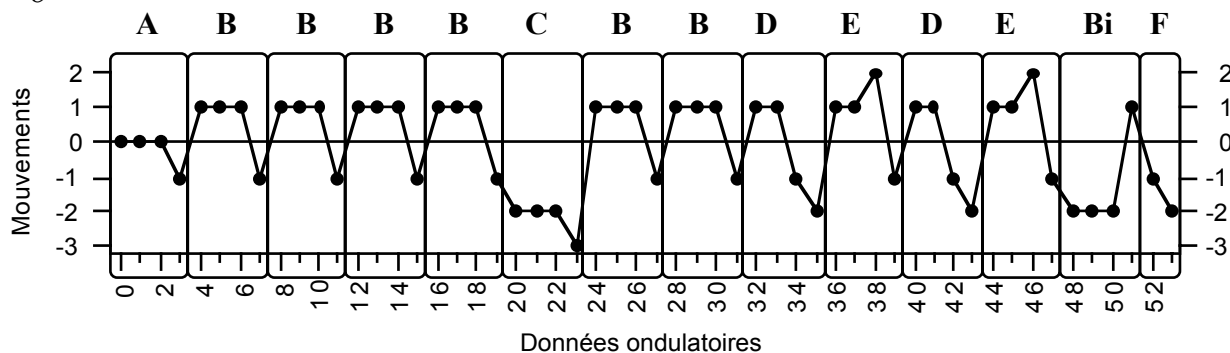
Figure 205 (c)

C'est ainsi que la règle 1 est la première dans l'ordre séquentiel des règles, suivie de la règle 2, puis, la règle 6, 3, 4, 7, 9, 8, 10, 5 et 11 (figure 205 (c) ci-dessus). Voici donc l'ordre des règles d'engendrement (par triplets) de la trajectoire ondulatoire des 21 premières mesures de la Cinquième Symphonie de Beethoven. Avec cette liste de règles, nous pouvons reconstruire la trajectoire ondulatoire (cf. la page suivante).

a

Ordre des règles	1	2				3	4	5	6	7	8	9	10	11
Séquence des règles	1	2				6	3	4	7	9	8	10	5	11
Segments ondulatoires	A	B	B	B	B	C	B	B	D	E	D	E	Bi	F

b



c

- | | | | | |
|-----|---------------|---------|--------------|-------------------------|
| 1. | Un segment A | précède | 1 segment B | |
| 2. | Un segment B | succède | 1 segment A | et précède 3 segments B |
| 3. | Un segment C | succède | 4 segments B | et précède 2 segments B |
| 4. | Un segment B | succède | 1 segment C | et précède 1 segment B |
| 5. | Un segment B | succède | 1 segment B | et précède 1 segment D |
| 6. | Un segment D | succède | 2 segments B | et précède 1 segment E |
| 7. | Un segment E | succède | 1 segment D | et précède 1 segment D |
| 8. | Un segment D | succède | 1 segment E | et précède 1 segment E |
| 9. | Un segment E | succède | 1 segment D | et précède 1 segment Bi |
| 10. | Un segment Bi | succède | 1 segment E | et précède 1 segment F |
| 11. | Un segment F | succède | 1 segment Bi | |

La liste définitive des règles locales d'engendrement (par triplets) de la trajectoire ondulatoire de l'extrait de la Cinquième de Beethoven

Figure 206

La figure 206 ci-dessus exemplifie la liste de règles (liste séquentielle) qui permet de reconstruire la trajectoire ondulatoire de l'extrait musical de Beethoven. Nous pouvons lire la liste des règles sous forme séquentielle dans la figure 206 c. Nous avons dans le tableau (a) la séquence des règles et donc l'organisation séquentielle de celles-ci. Dans la figure 206 b, nous pouvons observer la trajectoire ondulatoire qui en résulte.

3.4.11. Les différentes structures du modèle algorithmique

Nous étudierons la structure temporelle des premières 21 mesures du premier mouvement de la cinquième symphonie de Beethoven, laquelle comporte trois parties que voici :

- la structure du temps musical
- la structure de silences
- la structure de durées

3.4.11.1. La structure du temps musical

La structure générale du temps des premières 21 mesures du début de la symphonie est marquée par des arrêts opérés par des points d'orgues plus au moins récurrentes. Ces points d'orgues se trouvent dans la partition aux mesures 2, 5 et 21.

À partir de cette réalité l'*allegro con brio* ($\text{♩} = 108$) qui caractérise cette section de la symphonie, sera modifié donc trois fois à cause des points d'orgues.

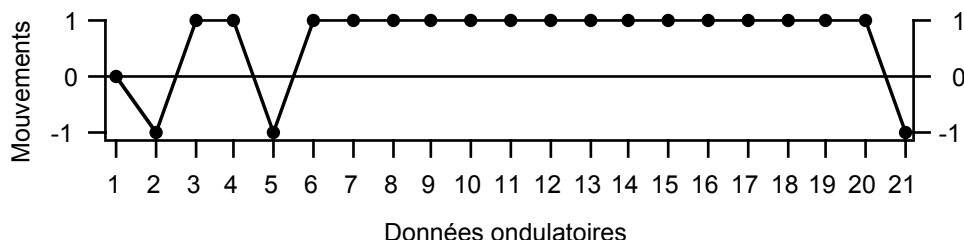
Mesure (s)	1	2	3-4	5	6-20	21
Célérité du temps musical	<i>allegro con brio</i>	<i>point d'orgue</i>	<i>allegro con brio</i>	<i>point d'orgue</i>	<i>allegro con brio</i>	<i>point d'orgue</i>
Type de Mouvement	(origine)	-1	+1	-1	+1 etc.	-1

Tableau de la structure du temps musical des premières 21 mesures du début de la cinquième symphonie de Beethoven

Figure 207

La figure 207 ci-dessus nous montre un premier relevé de la structure générale du temps de l'extrait musical. Nous pouvons visualiser que cette structure présente une certaine périodicité en ce qui concerne les alternances de l'*allegro* et des points d'orgues.

Un aperçu graphique de cette structure représentée en tant que courbe permet, en effet, de visualiser plus objectivement sa forme (figure 208 a ci-dessous).



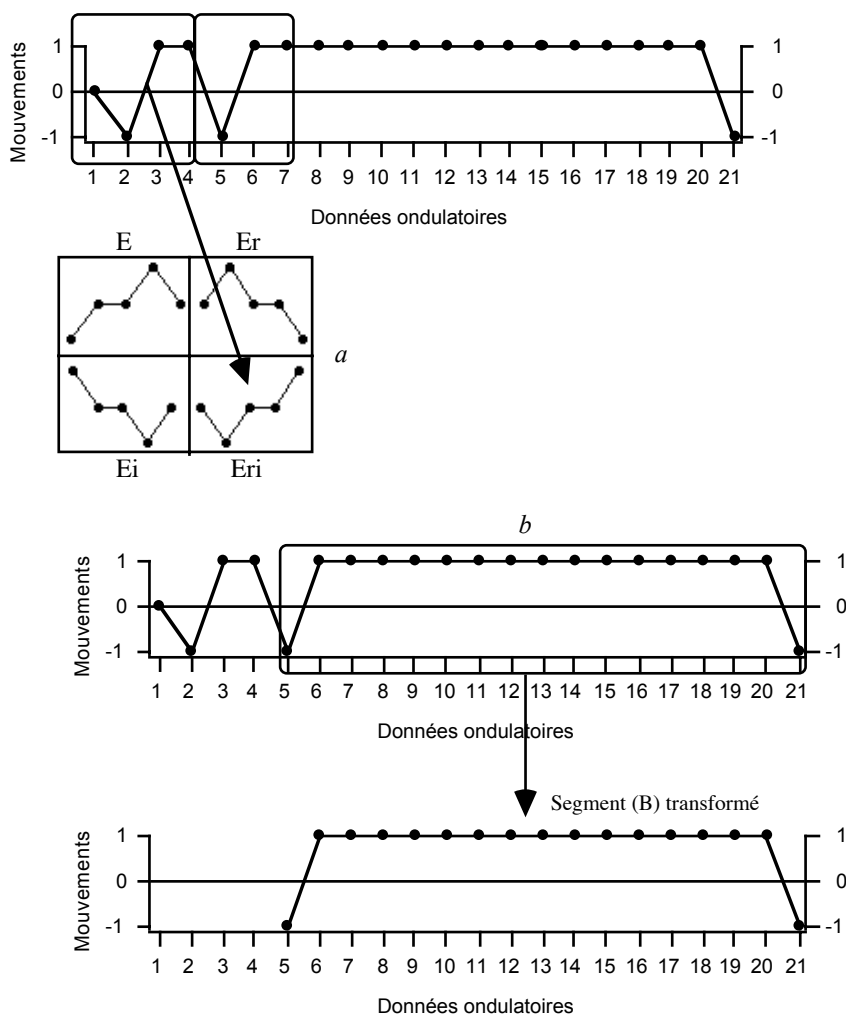
La courbe de la structure du temps musical des premières 21 mesures du début de la cinquième symphonie de Beethoven

Figure 208 a

Nous pouvons apercevoir que l'Allegro est représenté ici, dans l'origine de la courbe (0) et dans l'ordonnée 1 du plan. Les points d'orgues se trouvent tous représentés dans l'ordonnée (-1) du plan cartésien. Donc, la phénoménologie de la structure du temps est facilement percevable. Il nous a paru pertinent de signaler un constat que nous avons aperçu par rapport à l'agencement de la structure du temps. Il existe une sorte de coïncidence entre ce que représentent les valeurs (-1) des points d'orgues de la structure du temps musical vis-à-vis de ceux (-1) de la trajectoire ondulatoire.

Dans la trajectoire ondulatoire, les mouvements descendants ont une fonction, si l'on peut dire, conclusive, donc de repos. Alors cette fonction coïncide réciproquement à celle que nous trouvons dans la structure du temps. Ce qui se dégage ici est, à nos yeux, qu'au niveau morphologique profond, ces similitudes matérialisent une forme de rigueur d'organisation exemplaire, que ce soit conscient ou non. La répétition de plusieurs données ondulatoires (+1) dans la structure du temps musical, trouverait aussi sa contrepartie phénoménologique dans la trajectoire ondulatoire. Dans ce cas-là, les valeurs (+1) détermineraient une sorte d'entité énergétique liée à une espèce de notion de continuum. Cette idée de continuum, dans la structure du temps est synonyme de temps musical inchangé, et de l'autre côté dans la trajectoire ondulatoire, elle est synonyme de réinitialisation du motif où se véhicule l'idée fondamentale de l'extrait de Beethoven.

3.4.11.1.1. La Segmentation de la structure du temps musical



La segmentation de la courbe de la structure du temps musical des premières 21 mesures du début de la cinquième symphonie de Beethoven

Figure 208 b

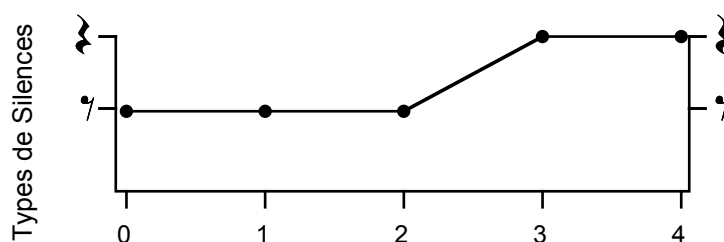
La figure 208 b ci-dessus, montre deux détails d'une pertinence visible. Premièrement, nous pouvons apercevoir que la première partie de la structure du temps musical apparaît, une segmentation contenant, deux fois consécutives, une partie du segment Eri (figure 208 b a).

Deuxièmement, toute la partie suivante de cette structure du temps musical est construite à partir d'une variation ou transformation du segment B (cf. la figure 208 b b). Nous avons trouvé cette même transformation du segment B dans la segmentation de la structure de durées (cf. la figure 216 de la page 475).

3.4.11.2. La structure de silences

3.4.11.2.1. Les éléments de la structure de silences

Le début de la cinquième symphonie de Beethoven (21 premières mesures) comporte une structure de *silences réels*, assemblé avec de silences de noires et de croches.



La courbe de la structure de silences des premières 21 mesures du début de la cinquième symphonie de Beethoven

Figure 209

Tel que nous pouvons le constater dans la courbe de la figure 209 ci-dessus, seulement cinq silences conforment la structure. Encore une fois, même si celle-ci est assez petite, nous pouvons observer que cette structure a une fonction importante dans le déroulement du début de la symphonie. En effet, les silences de croches articulent la présentation du motif fondamental de la symphonie (mesures 1, 3 et 6 successivement). D'un autre côté, les silences de noires, deux derniers silences, servent à renforcer le caractère conclusif de cette section (cf. les figures 210 a et b des pages suivantes).

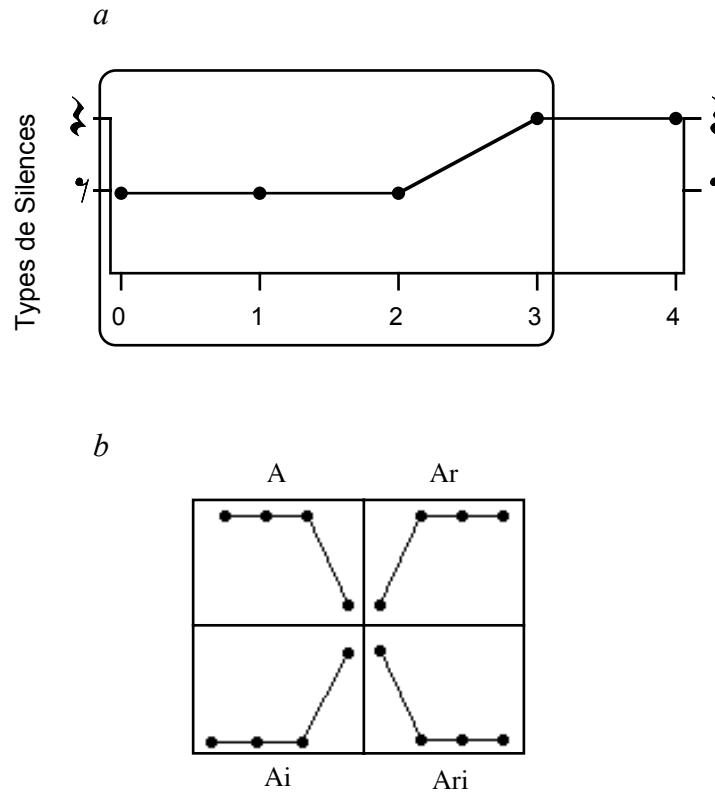
Les figures 210 a et b des pages suivantes montrent, sur la partition, l'emplacement de la structure de silences des premières 21 mesures de notre exemple. Nous pouvons déceler clairement la disposition des silences de croches et de noires à travers les 21 mesures de l'extrait musical.

The image displays a page from a musical score, specifically measures 12 through 21 of the beginning of Beethoven's Fifth Symphony. The score is arranged in a standard orchestral format with multiple staves. The instruments listed on the left are Flute (Fl.), Oboe (Ob.), Clarinet (Cl.), Bassoon (Fg.), Cor Anglais (Es), Trumpet (Tr. C), Trombone (Tp.), Violin I (Vi.), Violin II (Vi.), Viola (Va.), Violoncello (Vc.), and Contrabass (Cb.). The key signature is three flats (B-flat major/D minor), and the time signature is common time (C). The score shows a gradual build-up of sound, starting with a piano (*p*) dynamic and a crescendo (*Cresc.*) leading to a forte (*f*) dynamic. The first 17 measures are marked with a 'y' symbol, indicating a specific performance instruction. The dynamics *p*, *Cresc.*, and *f* are explicitly marked for several instruments, including the woodwinds, brass, and strings. The string parts (Violins, Viola, and Cello) show a continuous rhythmic pattern of eighth notes. The woodwinds and brass parts enter in measure 18 with chords, also marked with *p*, *Cresc.*, and *f*. The score ends at measure 21 with a final chord. Above the staff for measures 18 and 21, there are two vertical lines with a 'z' symbol, likely indicating a specific performance instruction or a section marker.

La structure de silences réels des premières 21 mesures du début de la cinquième symphonie de Beethoven
et son emplacement dans l'étendu de la partition

Figure 210 b

3.4.11.2.2. La Segmentation de la structure de silences

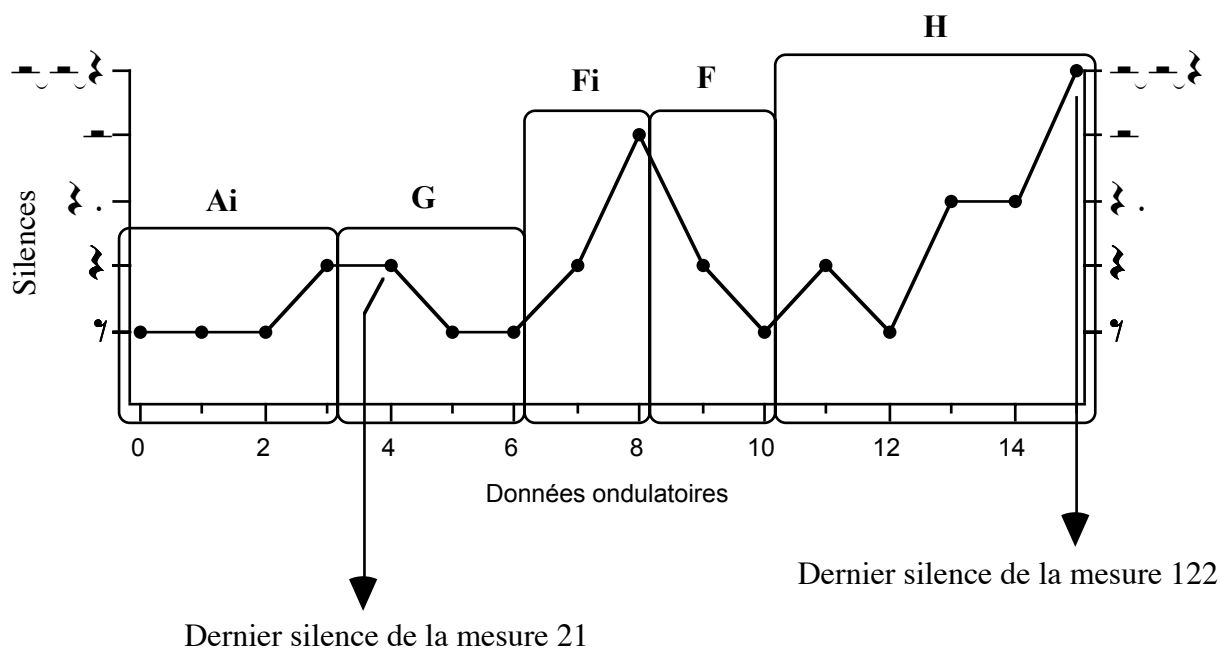


Segmentation analytique de la courbe de la structure de silences des premières 21 mesures du début de la cinquième symphonie de Beethoven

Figure 211

La figure 211 montre un détail remarquable par rapport à la forme de cette structure de silences. En appliquant la segmentation analytique à la structure, nous avons trouvé que le segment *A* dans sa forme inversée (*Ai*) est présent. La partie *b* de la figure 211 montre, pour information, les quatre formes quadratiques du segment *A*. Nous le rappelons, le segment *A* est celui avec lequel débute la symphonie (cf. (b : 426)).

Encore une fois, ici nous pouvons apercevoir une cohérence morphologique manifeste : Le segment ondulatoire qui contient le motif fondamental de l'œuvre *domine* la structure de silences de l'extrait.



Segmentation analytique de la courbe de la structure de silences (mesures 1 à 122) du début de la cinquième symphonie de Beethoven

Figure 212

La donnée ondulatoire 4 (abscisse 4), répète le silence de noire précédent. Cette donnée ne fait pas partie du segment A. Comme nous pouvons le constater dans la figure 212 ci-dessus, nous avons extrait toute la structure de silences qui s'étale de la première mesure jusqu'à la mesure 124 (fin de l'exposition du premier mouvement de la symphonie). Nous pouvons apercevoir qu'il y a deux nouveaux segments (G et H). Il est très pertinent de noter que la structure de silences comporte une seule fois un segment, disons, *motivique*, comme c'est le cas du segment *Ai*. Les segments *F*, *G* et *H* ne coïncident pas avec la morphologie du segment A ou B (segments qui contiennent, nous le rappelons, le motif fondamental).

En conclusion, nous pouvons donc constater que, à partir de la mesure 22, c'est-à-dire après l'introduction du premier thème de la symphonie, la structure de silences bifurque vers une morphologie différente à celle de la trajectoire ondulatoire (de sons, des mesures 1-21). Il est intéressant aussi d'observer que cette structure va progressivement utiliser des silences plus longs $\} \cdot \text{---} \text{---} \text{---} \} \cdot$ (figure 212 ci-dessus).

3.4.11.3. La structure de durées

Nous allons étudier la structure de durées des premières 21 mesures du début de la cinquième symphonie de Beethoven. La durée de base de cette structure est la *croche*, valeur la plus petite de l'étendu des durées des mesures 1 à 21.

3.4.11.3.1. Les éléments de la structure de durées

La structure de durées des premières 21 mesures du premier mouvement de la cinquième symphonie de Beethoven comporte un numéro restreint de durées.



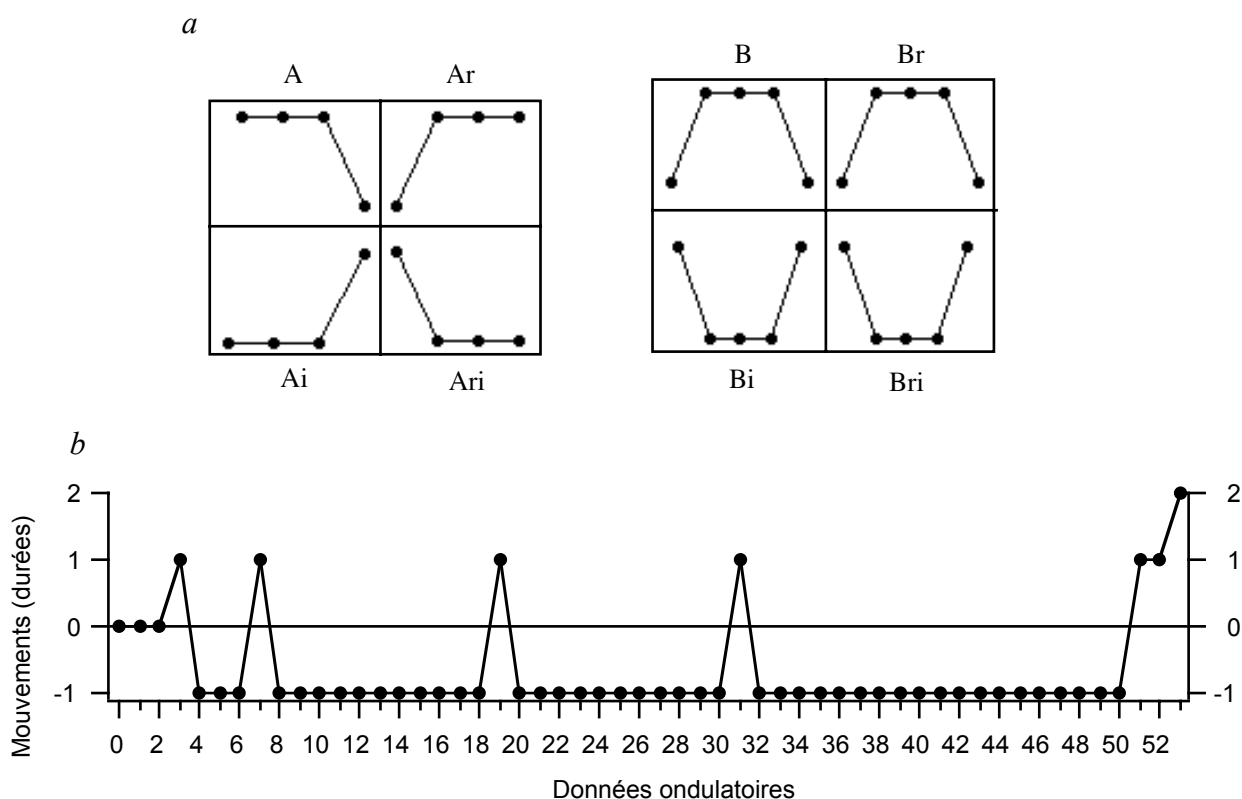
Les durées qui conforment la structure de durées (mesures 1 à 21) du début de la cinquième symphonie de Beethoven

Figure213

En effet cette structure utilise cinq types différents de durations, à savoir, la croche, la noire, la blanche liée à une croche, la blanche avec un point d'orgue et la blanche liée à autre blanche et à un point d'orgue (cf. figure 213 ci-dessus). Pour des raisons pratiques et graphiques nous lions des notes avec des points d'orgue pour signifier que la note est affectée à un point d'orgue. De la même façon l'expression « lié avec un point d'orgue » est utilisée aussi pour signifier que la note est affectée à un point d'orgue.

3.4.11.3.2. La courbe de la structure de durées

Cette structure de durées présente une peculiarité intéressante en relation à la correspondance entre celle-ci et la trajectoire ondulatoire (de sons). En effet la structure de durées est constitué basiquement par les segments A et B (de la trajectoire de sons).



La trajectoire ondulatoire (courbe) de la structure de durées des premières 21 mesures du début de la cinquième symphonie de Beethoven

Figure 214

La figure 214 ci-dessus montre la courbe de la structure de durées de l'extrait de la cinquième symphonie de Beethoven. Nous observons à première vue que le début de la courbe contient les mêmes mouvements (grosso modo) que nous avons trouvés dans la trajectoire ondulatoire de sons. Nous pouvons comparer les segments, A inversé et B inversé (figure 214 a), segments extraits de la trajectoire ondulatoire, avec la courbe de la structure de durées (figure 214 b).

3.4.11.3.3. La Segmentation de la structure de durées

En effet, en appliquant la segmentation ondulatoire à cette structure de durées, nous observons que presque toute la courbe est construite à partir des segments A et B.

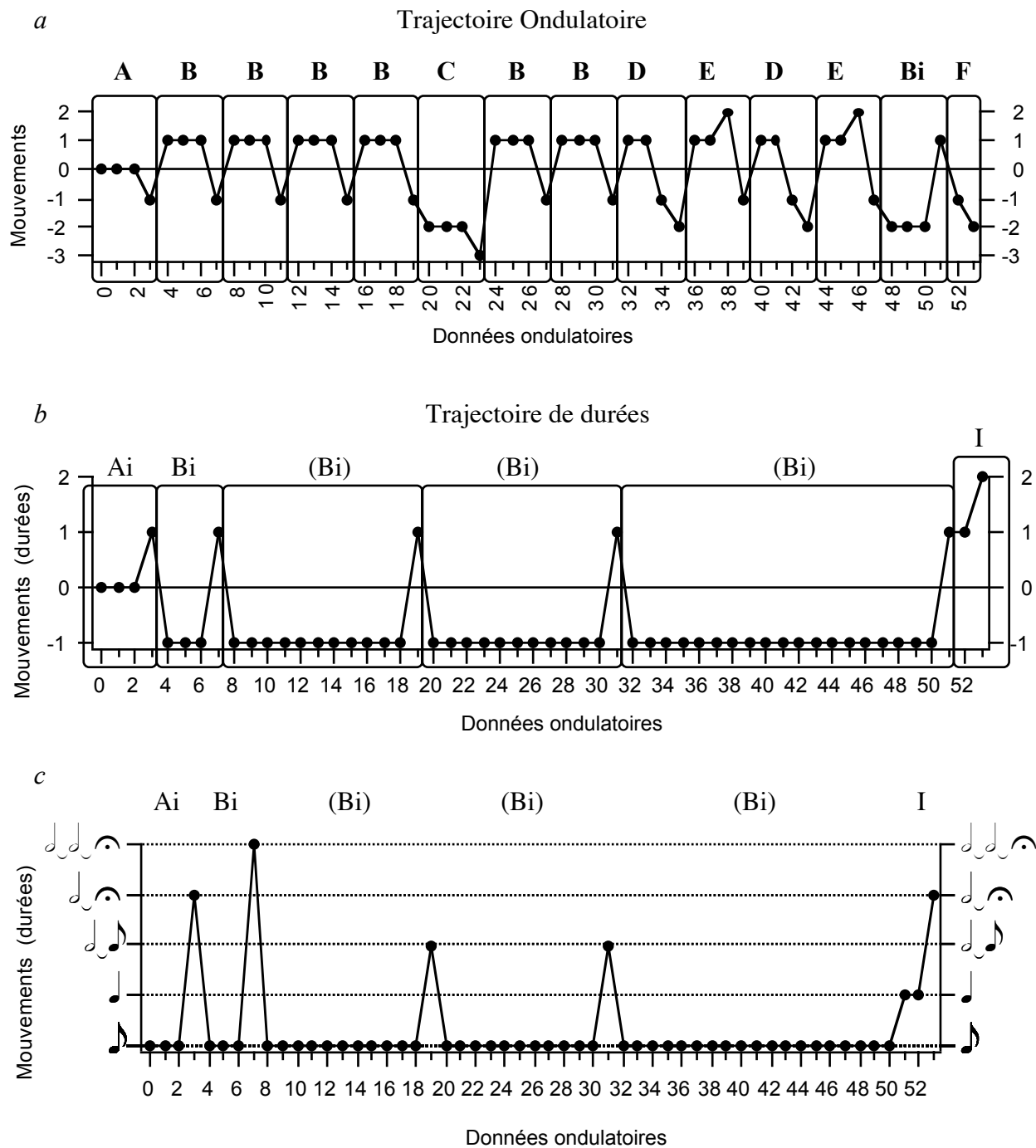
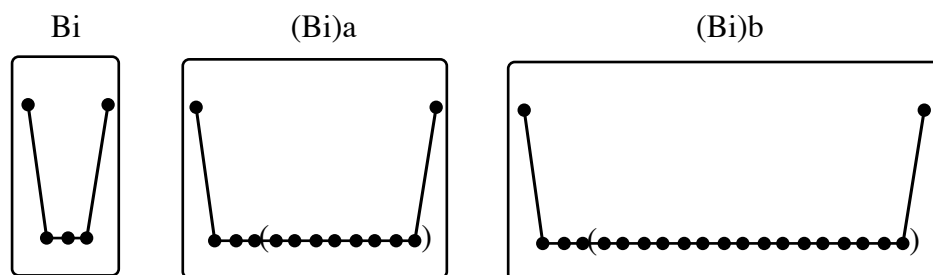


Figure 215

Il existe une très grande similitude entre la segmentation de ces deux structures. Nous pouvons apprécier que la première, celle de durées (figure 215 *b* et *c* précédente) soit sectionnée par trois segments différents. Deux d'entre eux véhiculent la même phénoménologie cinétique du motif fondamental de la symphonie (segments A et B inversés). Il faut remarquer que nous avons trouvé un nouveau segment, le segment *I*, lequel segmente la fin de la structure de durées (figure 215 *b* et *c* précédente).

Nous pouvons aussi apprécier un détail très marquant en relation au segment B inversé dans le cadre de cette structure de durées. Il s'agit d'une sorte de multiplication d'une partie de ce segment, c'est-à-dire la reproduction de la partie répétitive du segment.

C'est ainsi que le segment Bi se *transforme* en un nouveau type de segment, toute fois en gardant les caractéristiques morphologiques et musicales du segment Bi. C'est pour cela que nous avons mis en parenthèse ces nouveaux segments Bi (figure 215 *b* et *c* précédente).



La transformation du segment Bi en un nouveau segment (Bi)

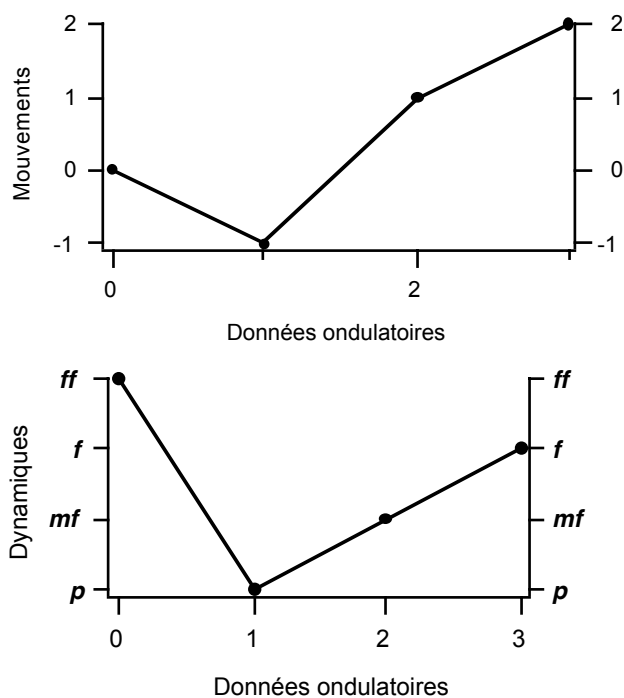
Figure 216

La figure 216 ci-dessus nous montre graphiquement la transformation qui s'opère dans le segment ondulatoire Bi. Dans sa première transformation, la répétition de trois données horizontales, donne huit données horizontales (données entre parenthèses) de plus (Bi)a. Dans la seconde transformation, la répétition de trois données horizontales (données entre parenthèses) donne seize données horizontales de plus, le double par rapport à la première transformation (Bi)b.

3.4.11.4. La structure de dynamiques (intensités)

La structure de dynamiques de l'extrait de la cinquième de Beethoven est construite à partir de quatre dynamiques (nuances) différentes :

P mf f ff

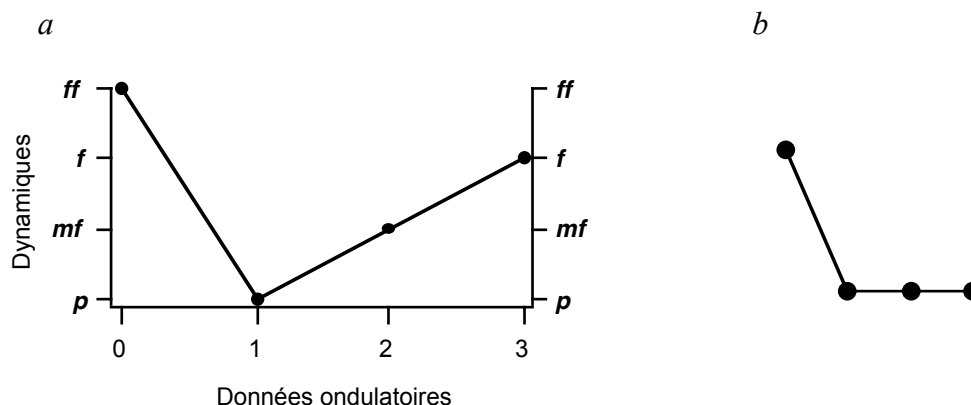


La courbe de la structure de dynamiques des premières 21 mesures du début de la cinquième symphonie de Beethoven

Figure 217

Il faut noter que, dans l'extrait que nous avons choisi pour l'analyse (mesures 1 à 21), la dynamique *mf*, nous l'avons établie à partir de l'indication *crescendo* qui se trouve dans la partition à partir de la mesure 18.

La figure 217 ci-dessus montre la courbe qui produit les différents nuances qui conforment la structure. Encore une fois nous avons trouvé une coïncidence entre cette structure de dynamiques et le segment *A* de la trajectoire ondulatoire de l'extrait de Beethoven.



La courbe de la structure de dynamiques (a) comparée avec le segment *A* des premières 21 mesures du début de la cinquième symphonie de Beethoven

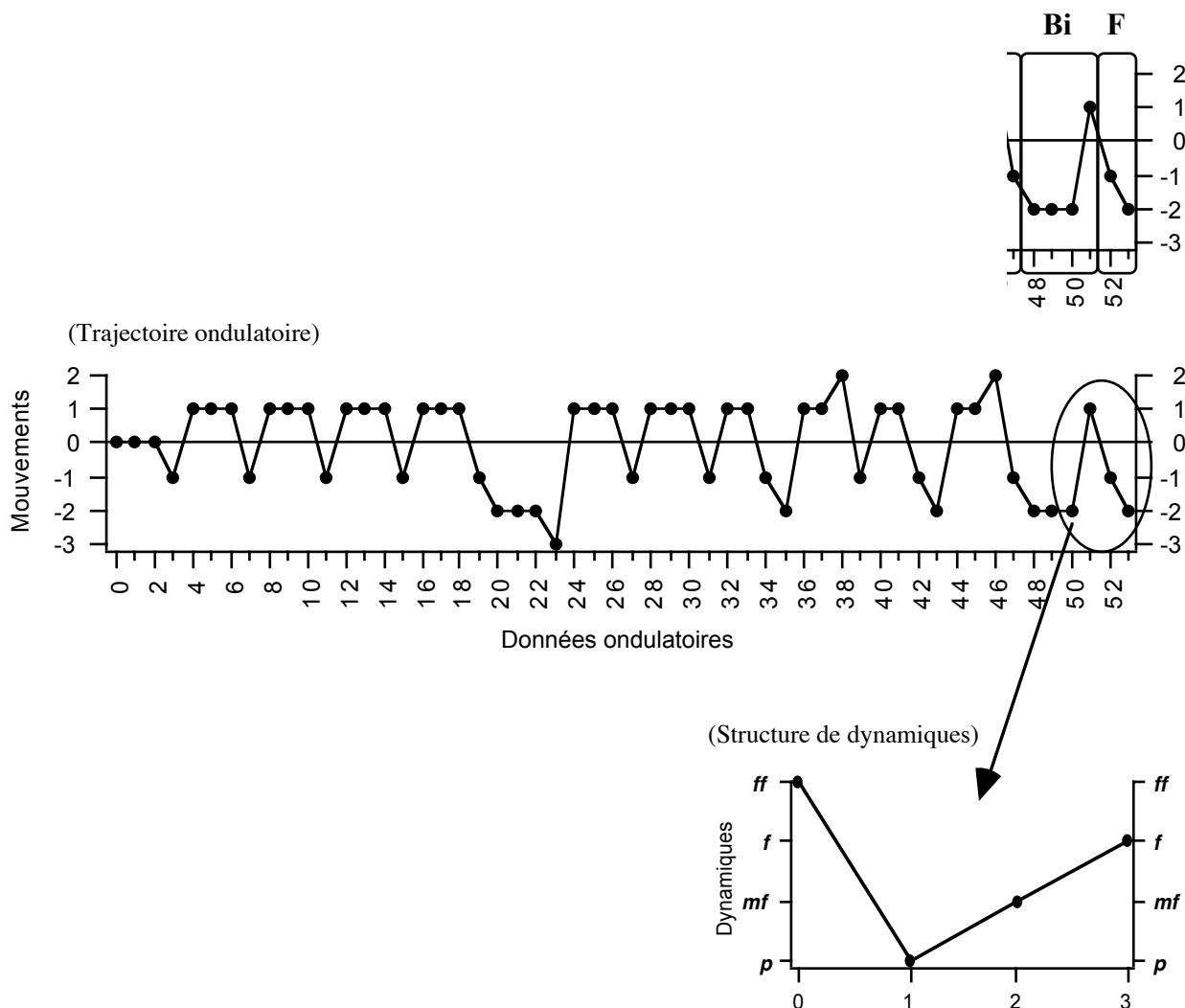
Figure 218

En effet, la structure de dynamiques rappelle de très près le segment ondulatoire *A*, segment avec lequel commence la symphonie et qui abrite le motif fondamental de l'œuvre. Mais, il est vrai qu'ici dans cet exemple, nous avons approché cette structure avec le segment *A* dans une perspective plutôt graphique, car la répétition des données horizontales du segment *A* (figure 218 *b*) ne correspond pas avec les données ondulatoires 1, 2 et 3 (données ascendantes) de la structure de dynamiques.

3.4.11.4.1. La Segmentation de la structure de dynamiques

Il est évident que cette structure, par sa petite dimension, comporterait une segmentation réduite, c'est-à-dire avec peu de segments. Nous avons trouvé, en effet, une segmentation qui comporte un segment *F* inversé et un *mouvement* descendante qui ferait partie d'un segment *B* inversé (figure 219 de la page suivante).

En effet, la figure 219 de la page suivante exhibe un détail marquant qui montre que la segmentation de la structure de dynamiques coïncide avec la disposition de la trajectoire ondulatoire de l'extrait musical.



La trajectoire ondulatoire et la courbe de la structure de dynamiques des premières 21 mesures du début de la cinquième symphonie de Beethoven

Figure 219

La figure 219 ci-dessus exhibe la trajectoire ondulatoire de notre extrait de Beethoven et la forme de la structure de dynamiques. Cette dernière contient, dans sa segmentation, l'inversion de la dernière partie de la trajectoire ondulatoire (une partie du segment Bi et le segment F). Encore une fois nous trouvons que la finesse dans la construction Beethovenienne est percevable même dans des détails à première vue insignifiants.

3.4.12. Conclusion

Jusqu'à ce point de l'analyse ondulatoire des premières 21 mesures du début de la cinquième symphonie de Beethoven, nous avons trouvé des aspects d'inflexions formelles certainement très intéressants. À propos de cela, nous rappelons que dans la section suivante de la thèse, celle qui concerne le modèle algorithmique, nous serons en condition d'observer et d'étudier les implications formelles des différentes structures analysées précédemment.

L'analyse de cet extrait de Beethoven aura permis d'élucider les morphologies de chacune des structures. Grâce à *l'analyse ondulatoire* nous avons trouvé des relations formelles très importantes et pertinentes entre les différentes structures.

Par exemple, la force formelle des segments *A* et *B* a été l'une des principales constatations que nous avons observées : Nous avons été même surpris de la cohérence morphologique générale du fragment musical étudié. Or, justement l'observation de cette cohésion morphologique a été possible grâce à l'application de notre méthodologie analytique. La morphologie de la trajectoire ondulatoire a montré que toute l'introduction du premier thème de la symphonie est construite avec le segment ondulatoire *A*, point de départ morphologique, et surtout le segment *B* qui apparaît comme une sorte de ampliation du segment *A* (cf. (3.4.6.2. : 445).

En ce qui concerne l'idée fondamentale, l'analyse nous a montré que la tendance ondulatoire s'était manifestée vers le segment ondulatoire *B*, segment qui abrite le motif fondamental de la symphonie. Autre détail à ne pas négliger est celui qui concerne l'idée fondamentale abstraite. Nous avons constaté qu'elle se trouvait parfaitement dessinée dans le segment *A*, à savoir le premier segment de la trajectoire, celui qui annonce pour la première fois le motif fondamental de l'œuvre (cf. (3.4.9. : 453))

Nous avons aussi observé que la structure de silences, structure petite d'ailleurs, nonobstant nous avons, encore une fois, été surpris de voir que celle-ci était conformée par le segment ondulatoire *A* inversé.

L'analyse aura montré également que cette structure de silences est la plus différenciée par rapport aux autres structures, en effet, à partir de la mesure 21, elle comporte une segmentation qui exclut les segments A et B. En même temps, cette structure reflète l'évolution thématique de la symphonie au four et à mesure qu'elle se développe dans le temps.

En ce qui concerne la structure de durées, nous avons trouvé que cette structure est construite uniquement à partir des segments A et B inversés respectivement.

La structure de dynamiques aura montré qu'elle « contient, dans sa segmentation, l'*inversion de la dernière partie de la trajectoire ondulatoire* (une partie du segment Bi et le segment F) » (cf. la page 478).

Enfin, un détail d'importance à rappeler dans cette conclusion est celui qui concerne la cohérence ondulatoire morphologique générale de l'extrait de Beethoven. Nous avons observé que, dans toutes les structures que nous avons analysées, à savoir la trajectoire ondulatoire, la structure de durées, celles de silences et de dynamiques, toutes ces structures sont en très étroite relation avec les segments A ou B, segments qui véhiculent le motif fondamental de l'œuvre. Encore une fois, cette cohérence morphologique aura démontré une claire finesse dans la construction musicale Beethovenienne. Nous pensons que la force du célèbre motif fondamental de cette symphonie s'est révélé être d'une importance constructive capitale tel que toutes les structures en témoignent dans chacune de ses segmentations.

3.4.13. Le modèle algorithmique

Le modèle algorithmique de cet extrait du début de la cinquième symphonie de Beethoven comporte, comme nous l'avons déjà vu et énoncé, cinq structures, à savoir, la trajectoire ondulatoire, la structure du temps musical, la structure de durées, la structure de silences et la structure de dynamiques. Pour l'instant nous pouvons anticiper, tout en partant de la polarisation morphologique que nous avons signalée vers les segments A et B de cet extrait musical, que le modèle algorithmique pourrait consister en une structure amplement compacte et focalisé, sur les segments qui véhiculent le motif fondamental de la symphonie, ceci est à vérifier.

3.4.13.1. Représentation graphique du processus algorithmique

3.4.13.1.1. Extension algorithmique totale (EAT)

La extension algorithmique totale (cf. (2.18. : 177)) du début de cette œuvre de Beethoven comporte 2 mouvements ascendants, 3 mouvements descendants et 16 mouvements horizontaux.

Mouvements Ascendants (+1)	Mouvements Descendants (-1)	Mouvements Horizontaux (0)
2	3	16

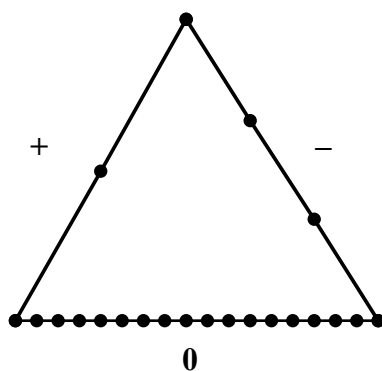
Représentation en forme de tableau de l'*extension algorithmique totale* du début du premier mouvement de la cinquième symphonie de Beethoven

Figure 220

La figure 220 ci-dessus montre le tableau de la extension algorithmique totale (EAT) de l'extrait musical de Beethoven. Les 16 mouvements horizontaux nous rappellent les répétitions des notes (entre autres) du motif fondamental et aussi des répétitions des durées.

La figure 221 ci-dessous symbolise en forme géométrique l'extension algorithmique totale de l'extrait de Beethoven qui nous occupe. Nous pouvons donc comprendre facilement que les étapes ou procédures algorithmiques de mouvements de toutes les structures se limiteront à :

- 2 mouvements conjoints ascendants
- 3 mouvements conjoints descendants
- 16 mouvements conjoints horizontaux

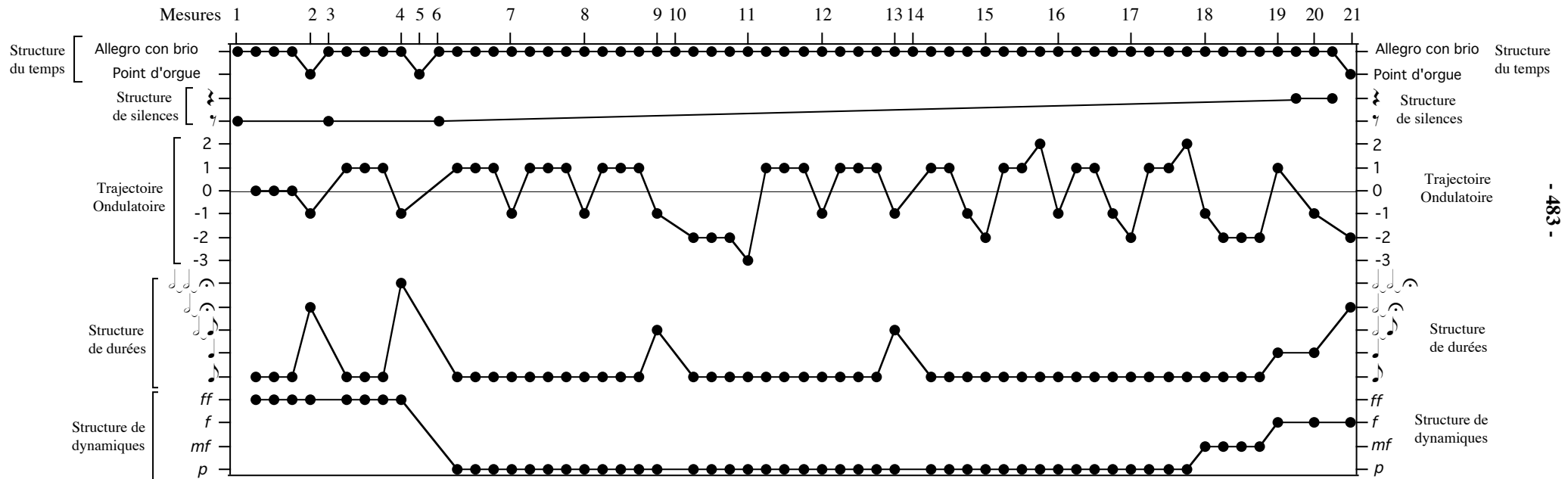


Représentation graphique (géométrique) de l'*extension algorithmique totale* du début du premier mouvement de la cinquième symphonie de Beethoven (21 premières mesures)

Figure 221

En observant le graphe de la structure de l'extension algorithmique totale de la figure 221 ci-dessus, nous pouvons déceler que les limites de l'activité algorithmique des différentes structures de cet extrait du premier mouvement de la cinquième symphonie de Beethoven sont exprimées de façon plus précise et simple à la fois. En effet, nous pouvons observer d'une façon peut-être plus proche de la réalité phénoménologique (mouvements) des structures représentées dans le graphe, l'incidence des différents mouvements et ses relations entre elles.

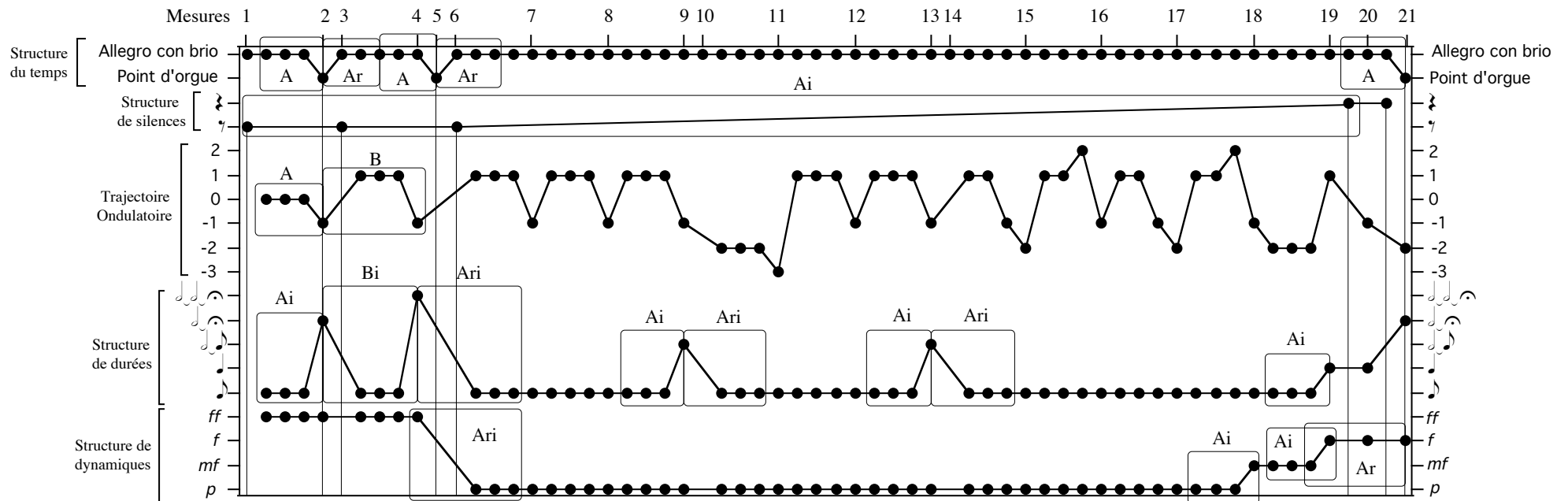
Représentation graphique du modèle algorithmique



Le modèle algorithmique de l'extrait (21 premières mesures) du début de la cinquième symphonie de Beethoven

Figure 222

Le modèle algorithmique des premières 21 mesures du début du premier mouvement de la cinquième symphonie de Beethoven est enfin visible. En effet, ceci est possible, grâce à l'action analytique, laquelle nous aura permis de déceler, pas à pas, les structures qui le conforment pour arriver en conséquence à établir et construire le modèle. Plusieurs informations apparaissent au fur et à mesure que l'on analyse le modèle.



Incidence des segments A et B dans la structure du modèle algorithmique de l'extrait (21 premières mesures) du début de la cinquième symphonie de Beethoven

Figure 223

Justement, nous avons ajouté dans certaines des structures du modèle, des rectangles qui indiquent comment les segments A et B, segments qui contiennent le motif fondamental de la symphonie, apparaissent dans chaque structure du modèle. Nous pouvons donc observer, encore une fois, la solidité de cette section de l'œuvre. Lors de l'examen du modèle algorithmique de cet extrait, nous avons l'impression que les segments A et B fonctionnent comme des *joint*s qui *solidifient* la structure globale du modèle. Nous avons ajouté aussi dans le graphique de la figure 223, des lignes verticales qui servent à mieux saisir l'incidence, dans l'étendu du modèle, des silences et du temps musical sur les structures du modèle.

3.4.14. Conclusion

Dans les analyses que nous avons réalisées jusqu'ici nous n'avons pas abordé une partition musicale pour orchestre. Si bien, nous sommes conscients que l'extrait que nous avons choisi d'analyser de la cinquième symphonie de Beethoven n'est pas d'une complexité réelle, nonobstant, l'extrait aura été d'une utilité importante pour montrer l'action analytique ondulatoire, cette fois-ci, sur une œuvre pour orchestre.

Nous voudrions exprimer notre modeste, mais sincère, satisfaction en ce qui concerne les *aspects de cohésion formels* que nous avons trouvé, lors de l'application de l'analyse ondulatoire à cet extrait de Beethoven, d'ailleurs très célèbre.

Nous avons choisi cet extrait spécifiquement car cette œuvre phare de l'histoire de la création musicale nous aura fortement interpellées. Notre idée était, en principe d'essayer de voir si à partir de notre approche analytique, sérions-nous en capacité de relever des indices formels intéressants, autres que ceux que l'on connaît bien, ceux qui parviennent des analyses dites traditionnelles. Alors, pour notre surprise, l'outil analytique nous a servi, de manière très précise et pertinente, à observer (entre autres) une sorte de finesse dans la construction Beethovenienne. Cette adresse constructiviste s'est cristallisée dans presque toutes les structures de l'extrait analysé.

Nous pensons que la force de l'*idée fondamentale* (cf. (3.4.9.2. : 457)) du début de la symphonie aurait véritablement imprégné l'appareil créateur du compositeur, encore une fois, conscient ou pas, nous ne le serons jamais, à un tel point que toutes les structures sont pour ainsi dire stigmatisées par le motif fondamental. Nous avons analysé, cette fois-ci, en dehors du cadre de la thèse, l'implication de cette idée fondamentale dans tout le corpus de la symphonie et effectivement l'analyse complète de cette œuvre mérite d'être réalisée. Mais, pour des raisons évidentes d'espace, ce travail ne peut se faire dans le cadre de cette thèse.

Le modèle algorithmique des figures 222 et 223 précédentes synthétise de façon satisfaisante la phénoménologie ondulatoire de chaque structure du début de cette symphonie. Nous recommandons d'écouter l'extrait tout en lisant le modèle (cf. Exemple-20).

3.5. Analyse de Nr. 3 Elektronische Studien, Studie II de Karlheinz Stockhausen

Studie II

Stockhausen

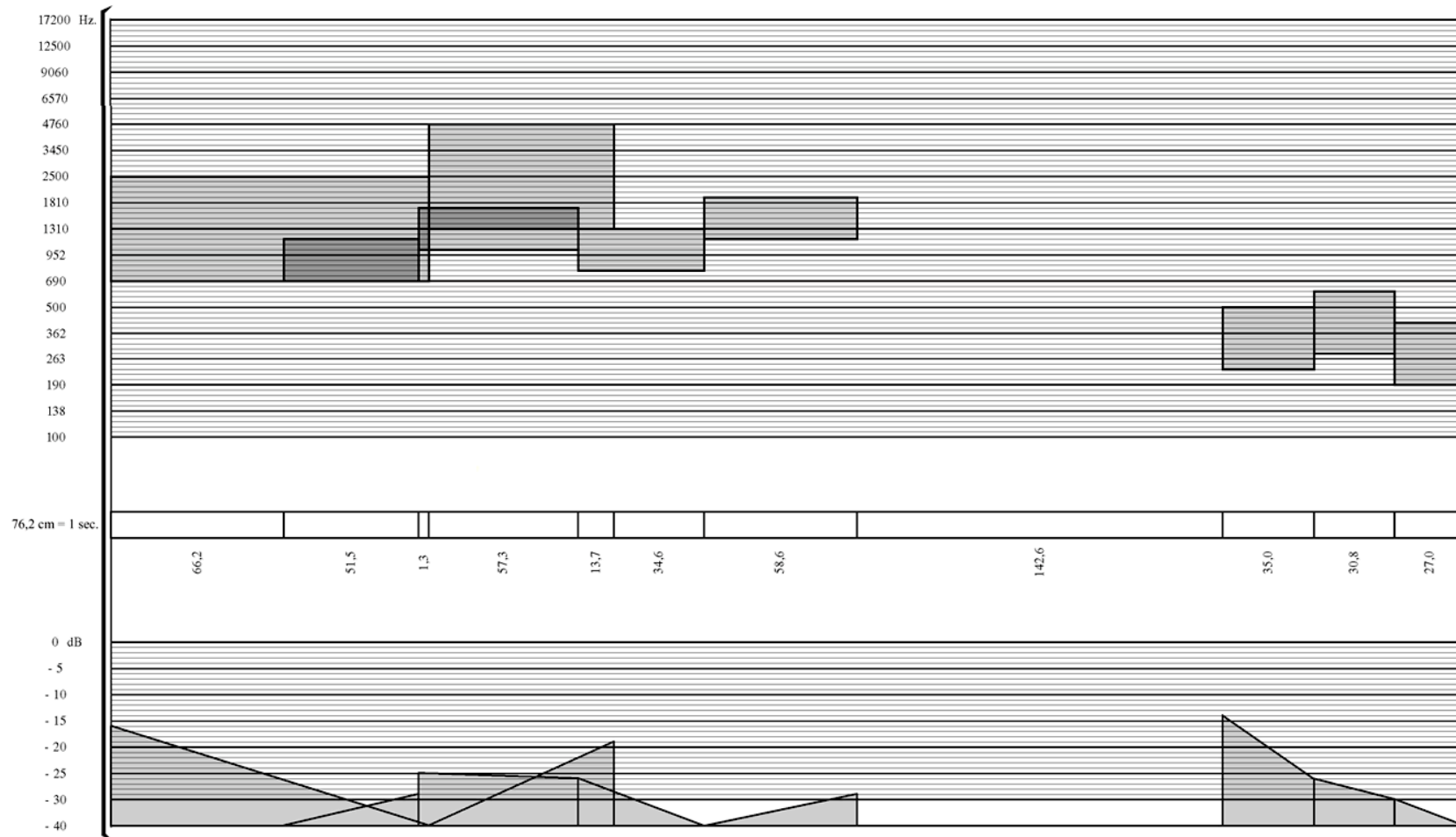


Figure 224 (a) : Premier page de *Studie II* de Karlheinz Stockhausen

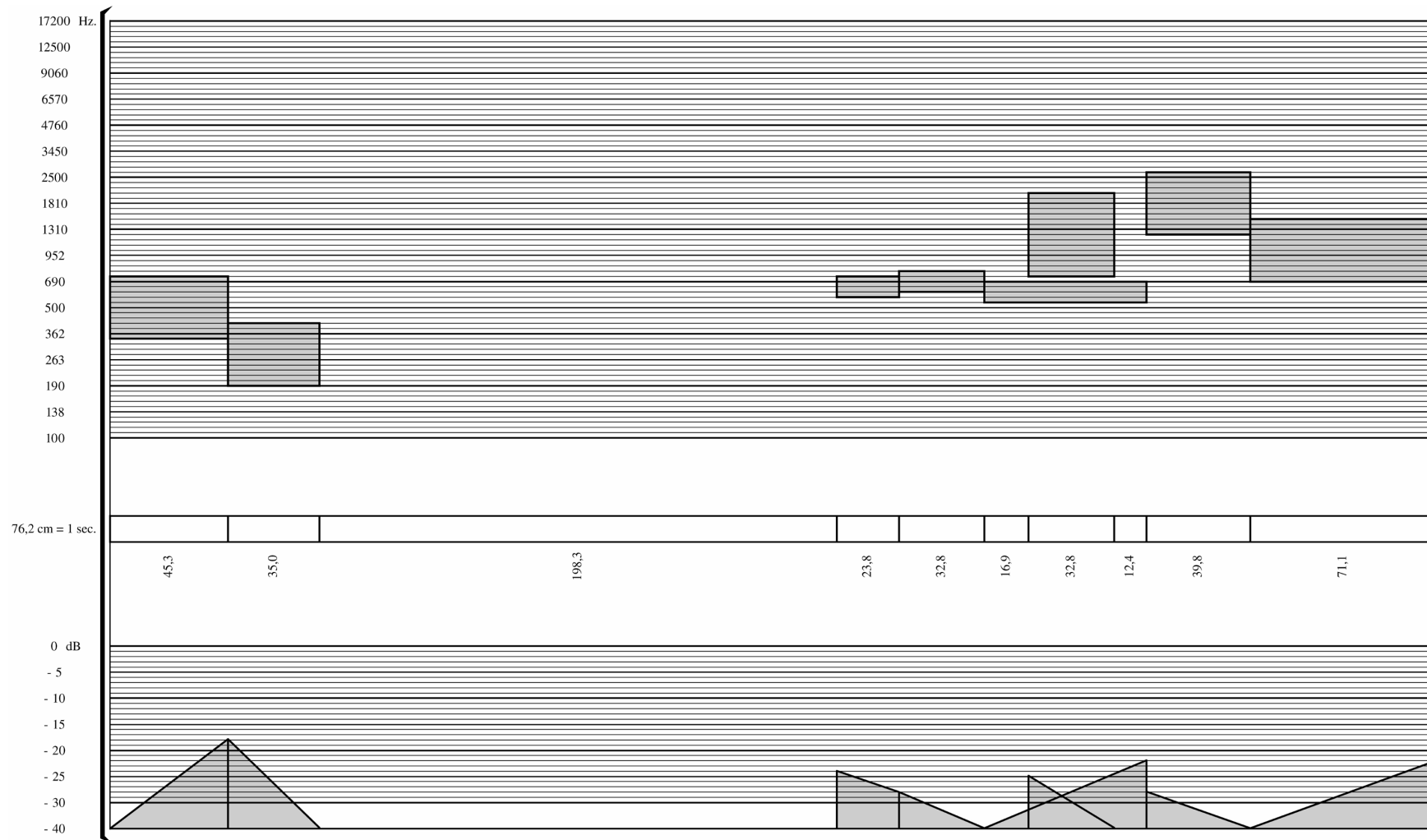


Figure 224 (b) : Deuxième page de *Studie II* de Karlheinz Stockhausen

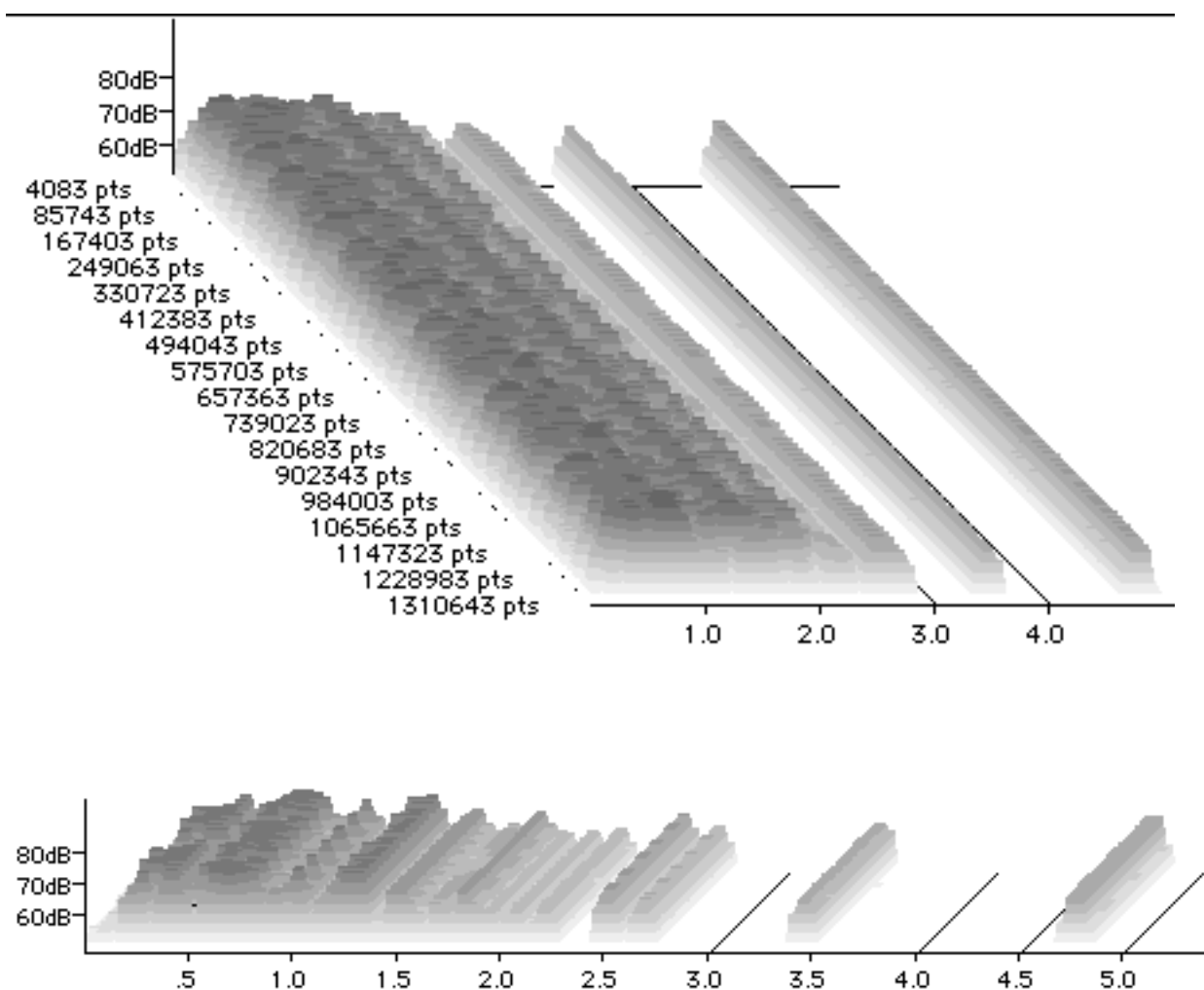
Nous montrerons la modélisation ondulatoire des deux premières pages de cette œuvre.¹ Nous nous référerons, donc à l'édition de ce morceau apparue dans Universal Edition, U. E. 12466 de l'année 1956, (cf. la figure 224 (a et b) des pages précédentes). Nonobstant, une réédition de l'œuvre peut être obtenue à : Stockhausen-Verlag, 51515 Kürten, Germany. stockhausen-verlag@stockhausen.org.

3.5.1. Le son fondamental

Partiel	Fréquences	Utilisation (nombre de fois)	Amplitude	Couches spectrales
32	4760.00 Hz	1	1.20 %	1
31	3450.00 Hz	1	1.20 %	1
30	2670.00 Hz	1	1.20 %	1
29	2500.00 Hz	2	2.40 %	2
28	2200.00 Hz	1	1.20 %	1
27	2060.00 Hz	1	1.20 %	1
26	1930.00 Hz	1	1.20 %	1
25	1810.00 Hz	3	3.61 %	3
24	1700.00 Hz	1	1.20 %	2
23	1590.00 Hz	1	1.20 %	1
22	1490.00 Hz	3	3.61 %	4
21	1310.00 Hz	5	6.02 %	5
20	1230.00 Hz	5	6.02 %	4
19	1150.00 Hz	3	3.61 %	3
18	1080.00 Hz	1	1.20 %	1
17	1010.00 Hz	4	4.81 %	4
16	952.00 Hz	2	2.40 %	2
15	893.00 Hz	2	2.40 %	2
14	837.00 Hz	1	1.20 %	1
13	785.00 Hz	3	3.61 %	3
12	736.00 Hz	4	4.81 %	4
11	690.00 Hz	4	4.81 %	4
10	647.00 Hz	3	3.61 %	3
9	607.00 Hz	5	6.02 %	5
8	569.00 Hz	2	2.40 %	2
7	533.00 Hz	1	1.20 %	1
6	500.00 Hz	3	3.61 %	3
5	412.00 Hz	5	6.02 %	5
4	340.00 Hz	5	6.02 %	5
3	280.00 Hz	4	4.81 %	4
2	231.00 Hz	3	3.61 %	3
1	190.00 Hz	2	2.40 %	2

Figure 225 : Structure du son fondamental de *Nr. 3 Elektronische Studien, Studie II*

¹ Pour des raisons d'espace de cette thèse, l'analyse qui va suivre sera restrictive. Nous montrerons les résultats et les modélisations de l'œuvre, sans entrer dans les détails.



Spectrogramme du son fondamental de *Nr. 3 Elektronische Studien, Studie II* de Stockhausen
(deux premières pages du morceau)

Figure 226

Le son fondamental de cette œuvre de *musique électronique* de Stockhausen (premières deux pages de l'œuvre), présente un son fondamental scindée en 5 couches spectrales. Le son produit à partir de la synthèse additive montre une sonorité focalisée vers l'inharmonicité.

Nous recommandons d'écouter le son fondamental de cette section de l'œuvre dans l'exemple sonore : Exemple-21. Lors de l'écoute de ce son fondamental, nous pouvons apercevoir un mélange spectral de très forte sonorité se trouvant dans la région grave du son fondamental, dans une tessiture qui s'étale (*grosso modo*) entre les fréquences 190 à 952 Hz (cf. la figure 226 ci-dessus). Nous pouvons aussi apercevoir dans la sonorité du son fondamental les fréquences plus aiguës, c'est-à-dire les fréquences entre 2500 et 4760 Hz.

3.5.2. La segmentation naturelle

La *segmentation naturelle* de l'extrait de cette œuvre comporte 17 données. Nous pouvons apercevoir dans la figure 227 ci-dessous qu'ils existent divers types de régularités. La répétition de zéros, au début. La suite (-1 +1) se répète trois fois consécutives. Nous avons aussi la suite de données (-1 +1 +1), laquelle se répète deux fois.

Segmentation naturelle																
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
(0	0)	+1	0	((-1	+1)	(-1	+1)	(-1	+1))	((-1	+1	+1)	(-1	+1	+1))	-1

Segmentation naturelle de Nr. 3 *Elektronische Studie, Studie II* de Stockhausen

Figure 227

3.5.2.1. Les segments naturels

Les *segments naturels* des mouvements horizontaux (0) se présentent de deux formes différentes.

1	2
(1)	(2)
0	0 0

Segments naturels des mouvements horizontaux de *Studie II* de Stockhausen (deux premières pages)

Figure 228

Les *segments naturels* des mouvements ascendants (+1) se présentent sous deux formes différentes.

1	2
(1)	(2)
+1	+1 +1

Segments naturels des mouvements ascendants de *Studie II* de Stockhausen (deux premières pages)

Figure 229

Les *segments naturels* des mouvements descendants (-1) se présentent seulement en une seule forme.

1
(1)
-1

Segments naturels des mouvements descendants de *Studie II* de Stockhausen (deux premières pages)

Figure 230

La figure 231 ci-dessus montre tous les segments naturels qui conforment l'extrait de *Studie II*.

1	2
(1)	(2)
+1	+1 +1
0	0 0
-1	

Segments naturels de *Studie II* de Stockhausen (deux premières pages)

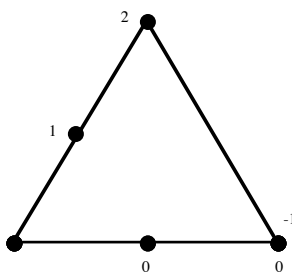
Figure 231

Déjà, la figure 231 précédente montre la tessiture de l'étendu ondulatoire de l'extrait que nous avons choisi de Stockhausen. Nous pouvons apercevoir grâce à la figure précédente que, dans cette section de l'extrait, il peut y avoir des combinaisons d'un ou de deux mouvements pour chaque type de mouvement ascendant ou horizontal.

Un détail intéressant à mentionner est celui de la symétrie qui existe entre les trois types de mouvements de cet extrait. À savoir deux mouvements ascendants, descendants et horizontaux respectivement.

3.5.3. L'extension ondulatoire totale

L'extension ondulatoire totale de l'extrait de *Studie II* émerge déjà de manière évidente dans le tableau de la figure 231 précédente. Ce qui résulte intéressant d'observer est le rapport symétrique qui existe entre les mouvements ascendants et les horizontaux. La figure 232 ci-dessous met en évidence graphique ce constat.



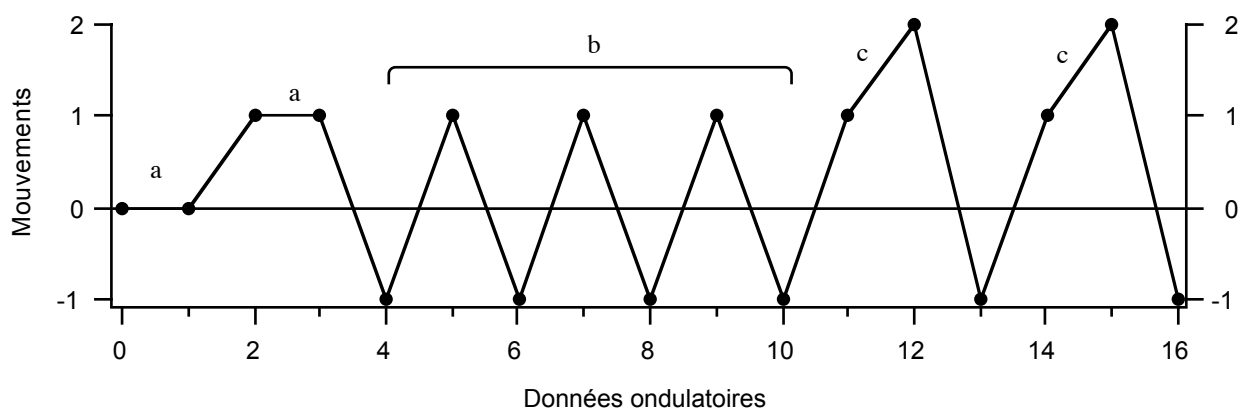
L'extension ondulatoire totale de *Studie II* de Stockhausen (deux premières pages)

Figure 232

En effet, la figure 232 nous montre parfaitement que tous les mouvements ascendants, et horizontaux peuvent avoir soit un ou deux mouvements consécutifs. Par contre, en ce qui concerne les mouvements descendants, il ne peut y avoir qu'un seul mouvement descendant (pas de répétition consécutive). Nous pouvons donc dire qu'il existe un certain équilibre formel dans l'extrait que nous analysons.

3.5.4. La trajectoire ondulatoire

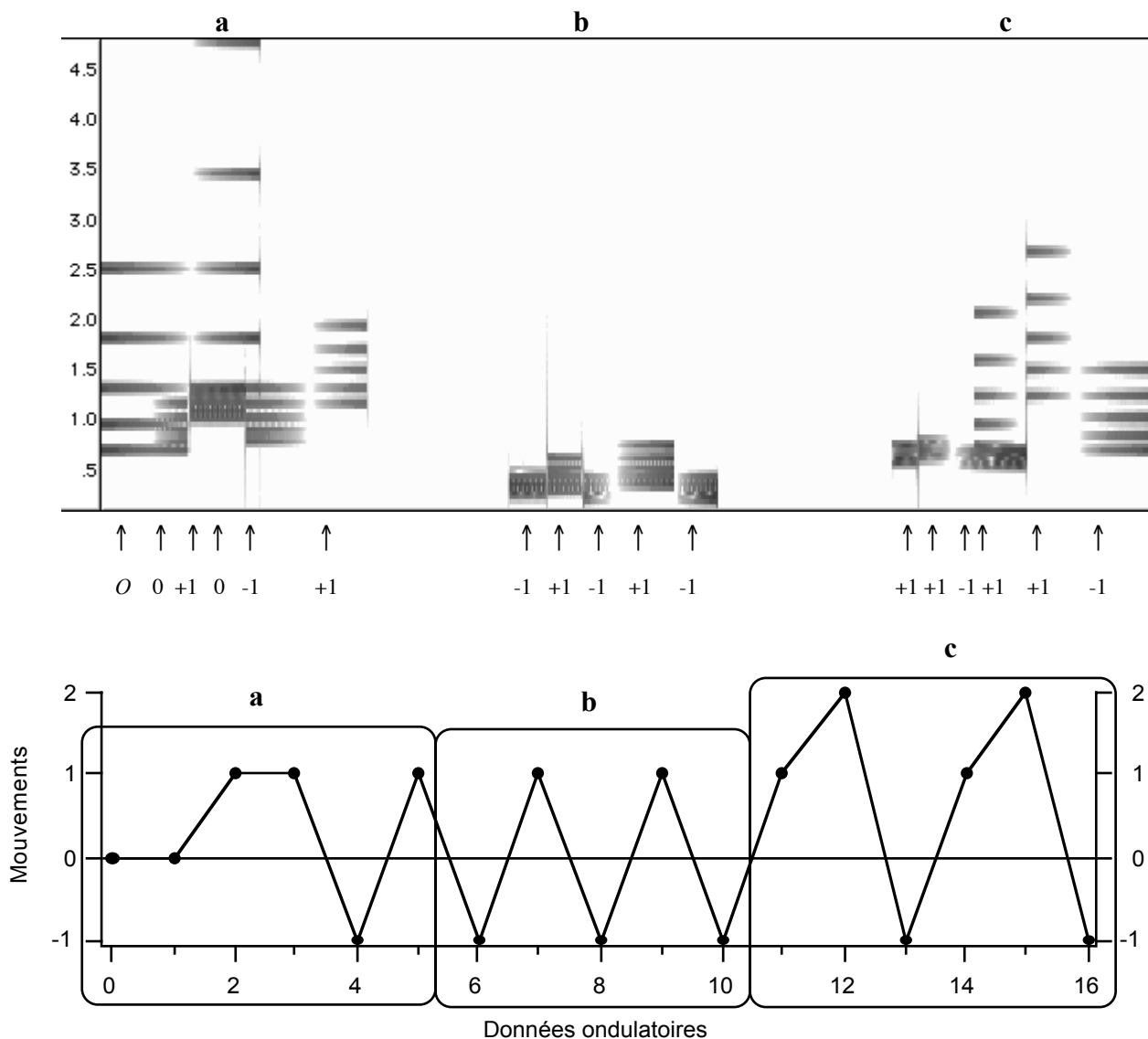
La trajectoire ondulatoire de l'extrait de Stockhausen montre facilement trois types de régularités (figure 233 ci-dessous). Premièrement, la répétition de mouvements horizontaux (a), deuxièmement, la répétition des mouvements ascendants et descendants (b) (zigzag), et troisièmement, la répétition de deux mouvements ascendants (c).



La trajectoire ondulatoire de *Studie II* de Stockhausen (deux premières pages)

Figure 233

Nous pouvons observer donc déjà une certaine conformation morphologique, laquelle cristallise clairement la gestique créatrice du compositeur (du passage analysé). Nous voudrions ajouter une observation à propos de la trajectoire ondulatoire de *Studie II*. L'analyse de la trajectoire ondulatoire de cet extrait de musique électronique nous a permis de vérifier qu'une trajectoire ondulatoire est toujours une entité qui objective le parcours sonore général de l'œuvre, qu'elle soit électronique (électroacoustique) ou pas (cf. 2.3 : 126).



Le sonogramme et la trajectoire ondulatoire de *Studie II* de Stockhausen (deux premières pages)

Figure 234

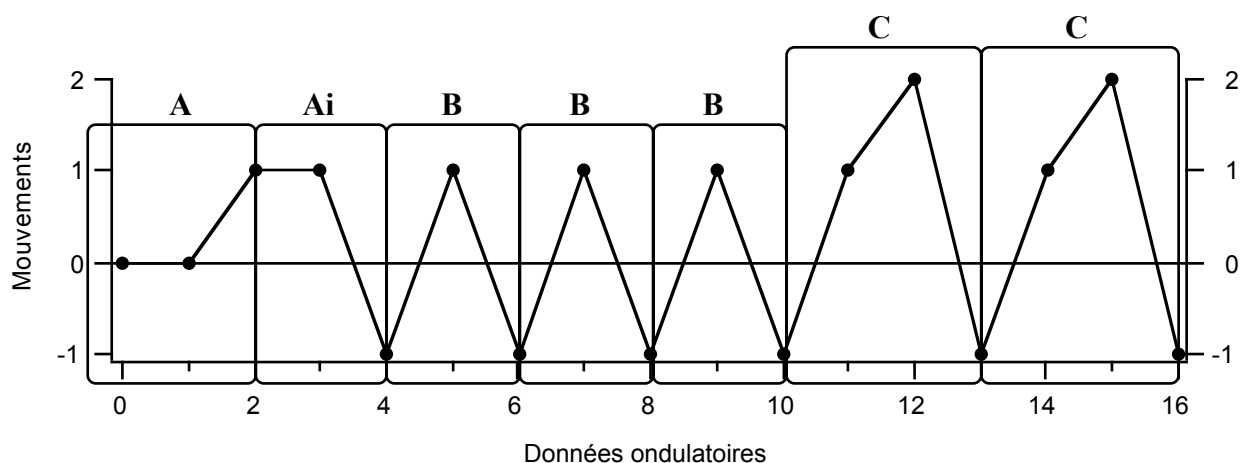
La figure 234 ci-dessus confronte le sonogramme et la trajectoire ondulatoire de *Studie II* de Stockhausen. Nous avons ajouté des lettres pour mieux visualiser les trois parties (a b et c) de cet extrait de *Studie II*. En effet, nous pouvons observer que la partie supérieure de la figure 234 montre l'incidence acoustico-spectrale de l'extrait musical. En même temps qu'au dessus du sonogramme nous avons placé les lettres qui symbolisent les différentes parties. Au dessous du sonogramme, nous pouvons visualiser la correspondance entre le sonogramme et les valeurs correspondants à sa trajectoire ondulatoire. Finalement dans la trajectoire ondulatoire, nous pouvons comparer la morphologie ondulatoire de l'extrait.

Nous recommandons d'écouter l'exemple sonore : Exemple-22, tout en regardant la figure 234 précédente.

3.5.5. Segmentation ondulatoire analytique

3.5.5.1. Les segments ondulatoires

Tel que nous l'avons vu précédemment, *Studie II* (deux premières pages) présente une segmentation caractérisée par des régularités très marquées. C'est pour cette raison que nous avons trouvé une segmentation qui comporte seulement trois segments ondulatoires, à savoir :



La segmentation ondulatoire analytique de *Studie II* de Stockhausen (deux premières pages)

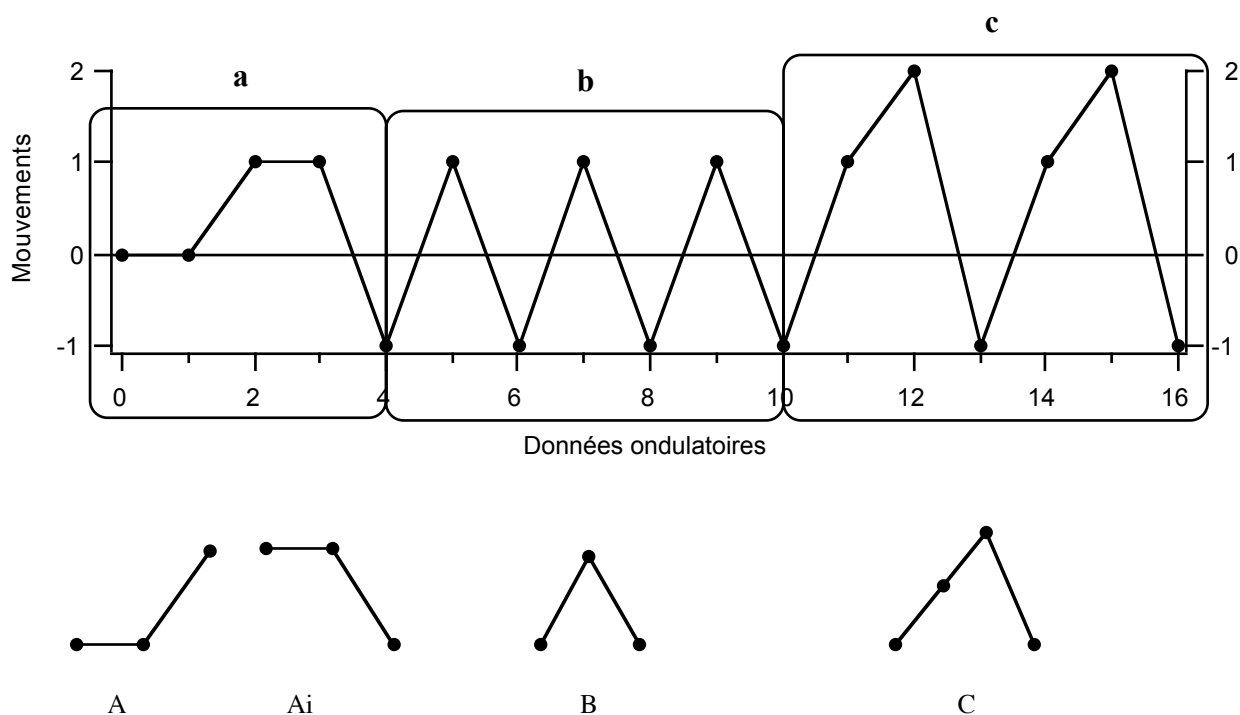
Figure 235

Les segments A et Ai (A inversé) B et C. Il est intéressant de constater les différentes fonctions ou caractéristiques propres de chaque segment. Par exemple, (l'exemple sonore : Exemple-22) le segment A véhicule des situations musicales que l'on pourrait qualifier naïvement d'indécises ou ambiguës. Les segments B fonctionnent comme des éléments très contrastants, avec quelque plus de poids formel, et finalement les segments C fonctionnent comme des éléments qui facilitent une sorte d'expansion musicale.

Il est évident que notre appréciation est parfaitement subjective, mais une analyse plus longue – tâche qui échappe à l’objectif du présent travail – mériterait d’être effectuée pour vérifier certaines des hypothèses qui évidemment pourraient apparaître. Il faudrait prendre aussi en compte que, dans l’analyse approfondie de cette œuvre, apparaîtraient des nouveaux segments ondulatoires (entre autres).

3.5.6. Le modèle ondulatoire

Le modèle ondulatoire de l’extrait de *Studie II* comporte trois parties. La figure 236 ci-dessus montre chacune de ces parties. La partie *a* est formé par les segments A. Les parties *b* et *c* sont conformés par les segments B et C respectivement.



Le modèle ondulatoire de *Studie II* de Stockhausen (deux premières pages)

Figure 236

3.5.7. Les différentes structures du modèle algorithmique

L'extrait de *Studie II* comporte quatre structures à savoir :

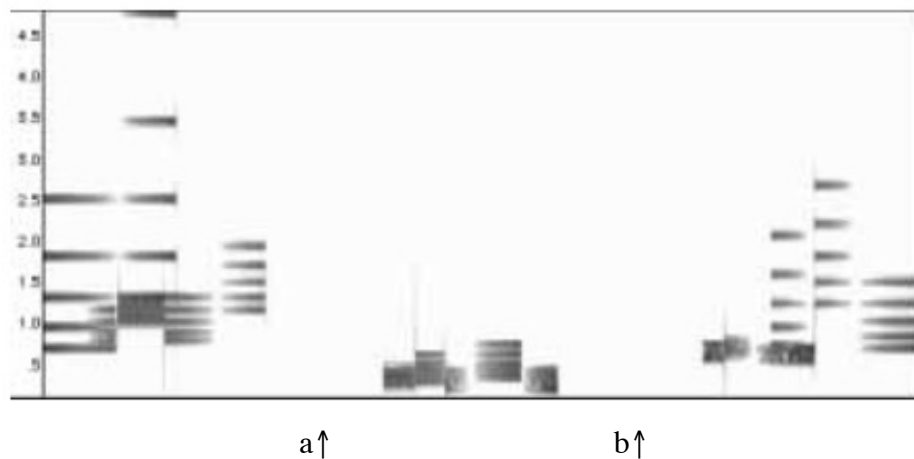
1. La structure du temps musicale
2. La structure de silences
3. La structure de durées
4. La structure de dynamiques

3.5.7.1. La structure du temps musical

La structure du temps musical de cette œuvre se présente de manière différente par rapport aux œuvres musicales écrites sous la modalité traditionnelle de la partition. Ici dans *Etudie II*, il n'y a aucune mention de temps musical, seulement Stockhausen indique que 76,2 centimètres équivalent à une seconde. Donc le temps musical de cette œuvre est une constante mesurée par des instants seconds et ses respectives divisions libres.

3.5.7.2. La structure de silences

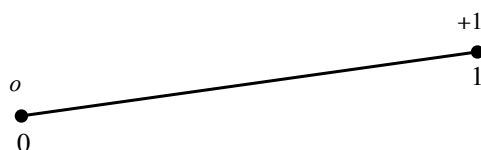
La structure de silences de l'extrait choisi est simple car elle ne comporte que deux silences.



La structure de silences de *Studie II* de Stockhausen (deux premières pages)

La figure 237 précédente montre les deux endroits (a et b) où se trouvent les deux espaces non sonores de l'extrait de *Studie II* (les deux silences). Le premier silence comporte une durée approximative de 2 seconds. Le second silence représente une durée de silence approximative de 2.5 seconds environ (cf. la figure précédente).

La partition de *Studie II* n'est pas reproduite ici, car, en ce moment de la thèse, nous n'avons pas obtenu une réponse affirmative de la part du compositeur pour les imprimer ici.

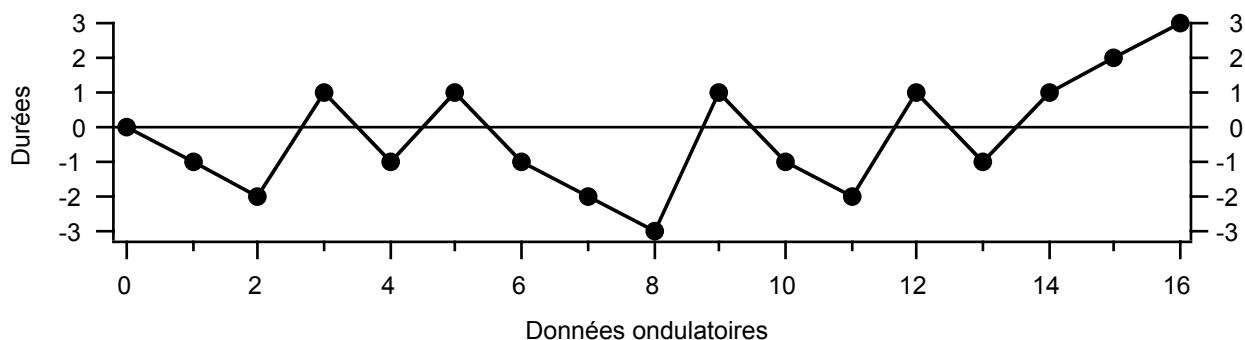


La structure de silences de *Studie II* de Stockhausen (deux premières pages)

Figure 238

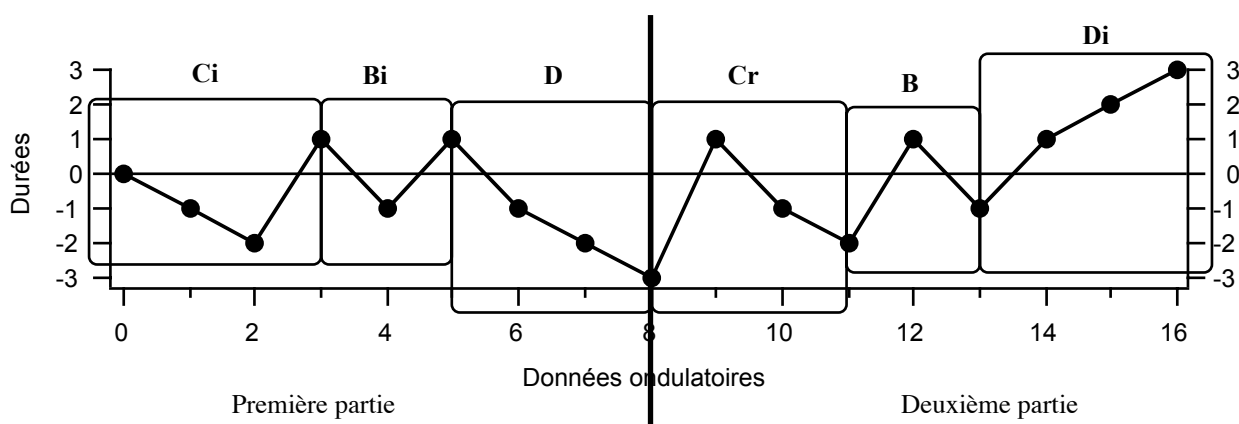
3.5.7.3. La structure de durées

La structure de durées de l'extrait du morceau est manifestement plus complexe que celle des silences. Cette structure comporte le même numéro d'évènements que la trajectoire ondulatoire, donc 17 éléments. Pour construire la courbe de cette structure nous allons faire une lecture de chaque durée à partir des distances précises qui sont indiquées dans la partition.



La structure de durées de *Studie II* de Stockhausen (deux premières pages)

Figure 239



La segmentation de la structure de durées de *Studie II* de Stockhausen (deux premières pages)

Figure 240

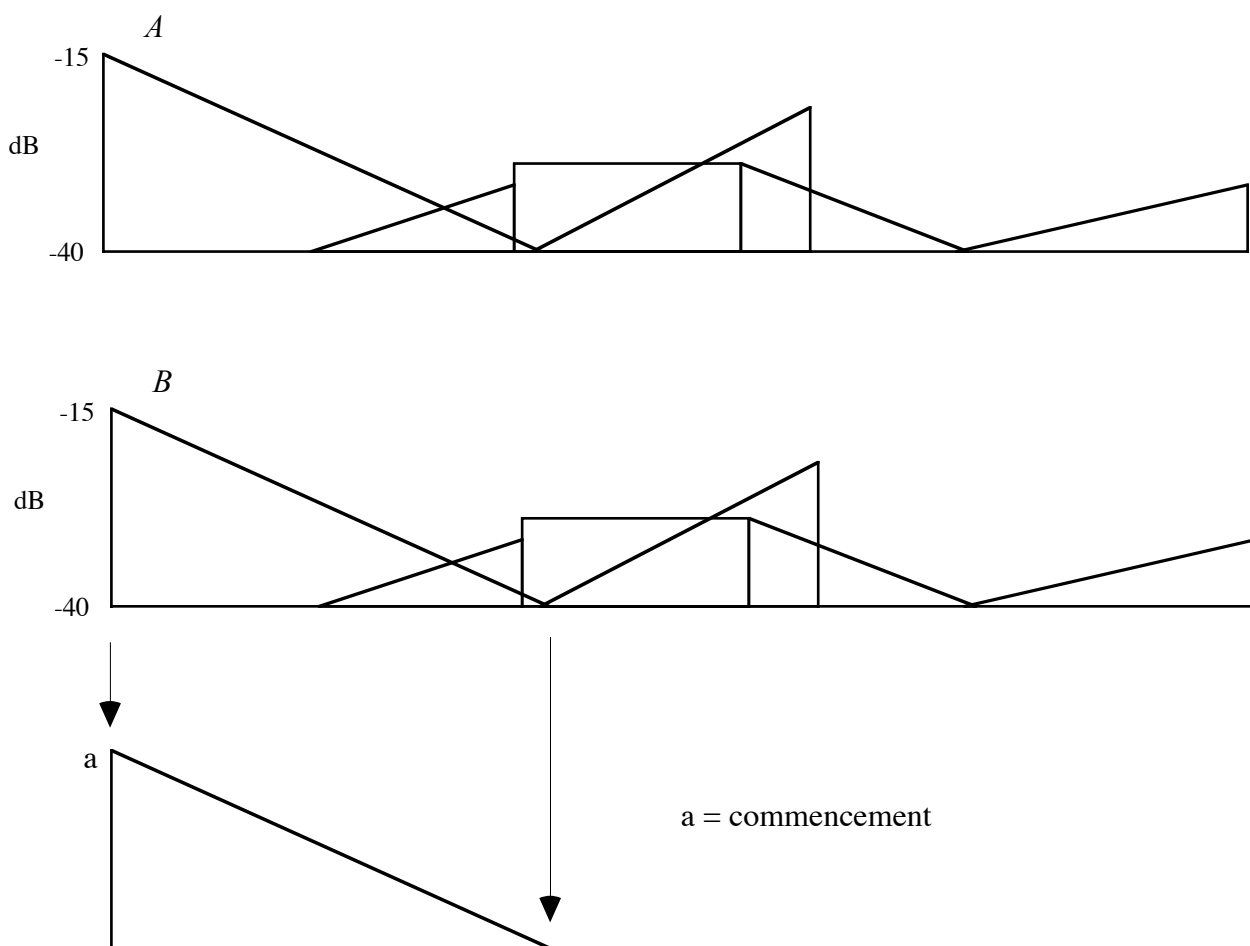
La figure 240 ci-dessus montre un détail morphologique que nous avons découvert et qui nous a paru pertinent de le montrer ici. Il s'agit, encore une fois, des régularités qui sont apparues après avoir appliqué la segmentation ondulatoire analytique à la structure de durées.

En effet, la structure de durées présente une conformation tout à fait intéressante. Le premier détail est celui qui montre une succession de segments par *triplets*, à savoir, la suite de segments C B et D. Tout en prenant cette suite de trois segments comme patron d'observation, nous pouvons déceler que la morphologie de cette structure est clairement sectionnée en deux parties égales. La première, formée par la suite de segments Ci, Bi et D. La seconde, formée par la suite de segments Cr, B et Di.

3.5.7.4. La structure de dynamiques (nuances)

Dans la partition de *Studie II*, Stockhausen utilise une gamme de 31 degrés de dynamiques différentes (nuances). L'unité de mesure est le décibel (cf. [Stockhausen, 1956 : VI]). Dans cette œuvre, Stockhausen utilise une notation géométrique (des combinaisons de rectangles et de triangles) pour représenter les volumes sonores de chaque événement.

Nous avons recopié la partie qui représente le système de densités de premières 6 évènements sonores de la pièce pour donner une idée de la façon dans laquelle les nuances sont représentées dans la partition. Il faut remarquer que Stockhausen utilise très souvent dans cette œuvre des crescendo et decrescendo « L'intensité globale de complexes *sonores*² évolue d'une manière croissante ou décroissante. » (cf. [Stockhausen, 1956 : VI]).

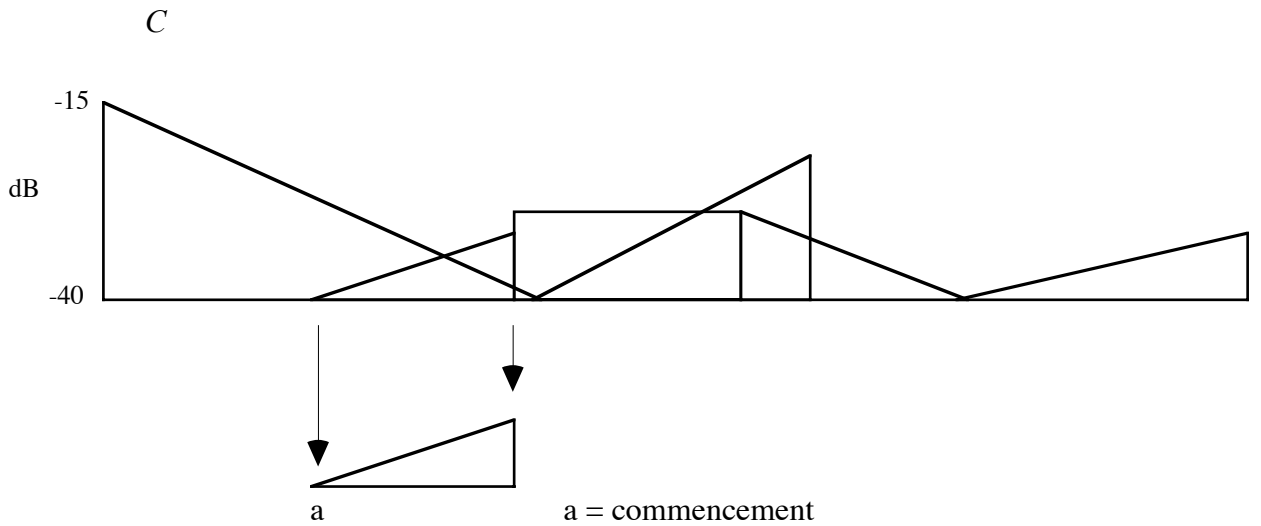


Fragment correspondant aux premières 6 nuances de l'extrait de *Studie II* de Stockhausen

Figure 241 (A et B)

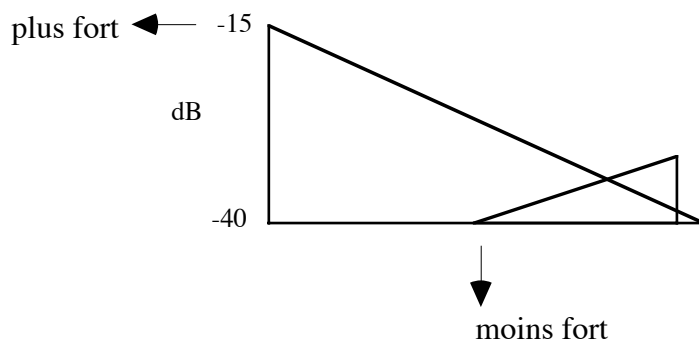
Pour cette analyse, nous allons prendre, comme point d'observation pour élaborer la structure de dynamiques, l'endroit précis du *commencement* de chaque figure géométrique. Par exemple, pour la première nuance (premier son complexe de l'œuvre) notre référence sera le commencement de la partie gauche du triangle (figure 241 a).

² C'est nous qui soulignons.



Fragment correspondant aux premières 6 nuances de l'extrait de *Studie II* de Stockhausen

Figure 241 (C)

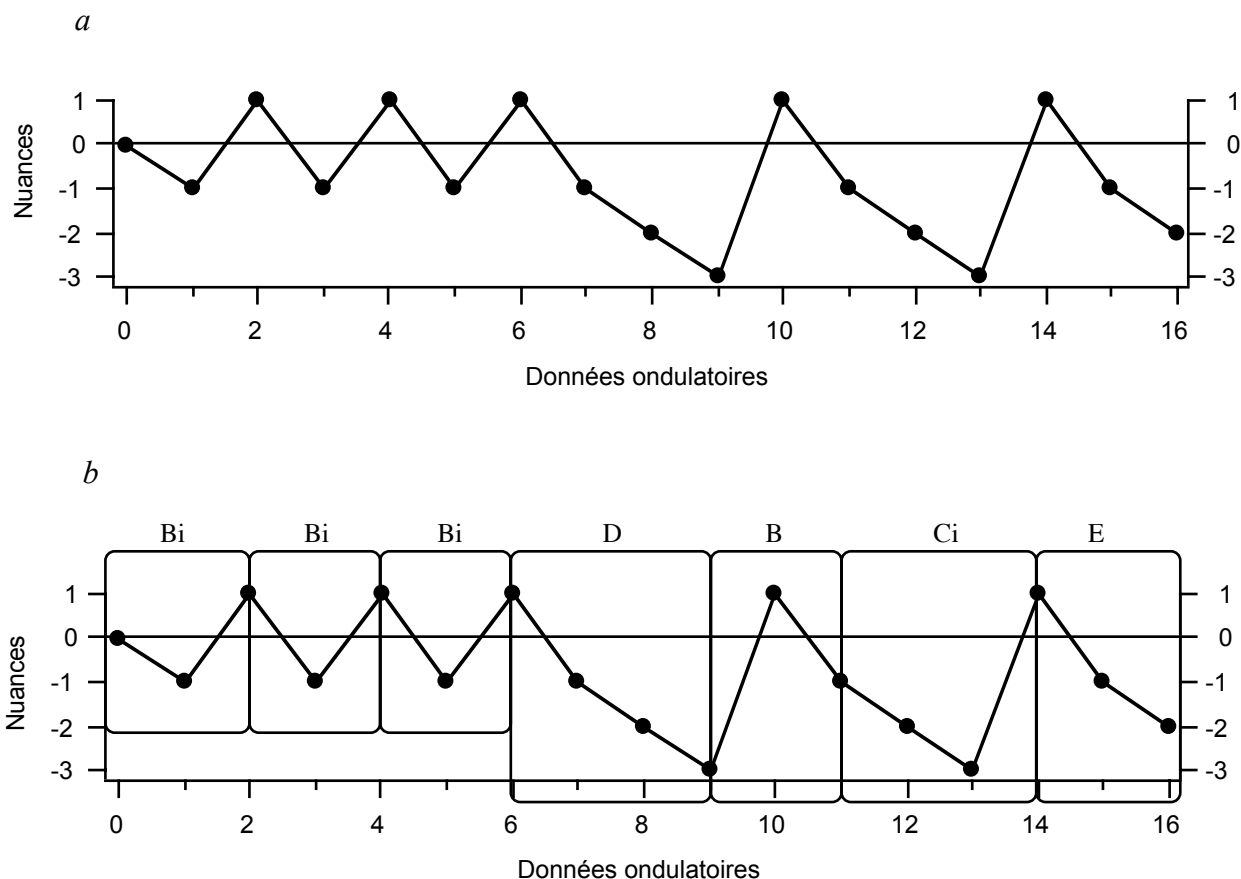


Comparaison entre deux dynamiques (nuances) de l'extrait de *Studie II* de Stockhausen

Figure 242

Pour la deuxième nuance (deuxième son complexe de l'œuvre) notre référence sera donc le *commencement* de la partie gauche du triangle c'est-à-dire l'enveloppe dynamique correspondant à ce son (figure 241 C (a) ci-dessus). En conséquence, nous pouvons observer que, entre ces deux premières nuances, la première est plus forte (-15 dB) que la deuxième (-40 dB), (cf. la figure 242 ci-dessus).

Il est évident que la structure de dynamiques que nous extrairons constituera une approximation à la vraie structure de nuances de l'œuvre (valeurs locales des nuances). En tout cas ce qui nous intéresse ici c'est sa morphologie, donc cette approximation est largement suffisante.



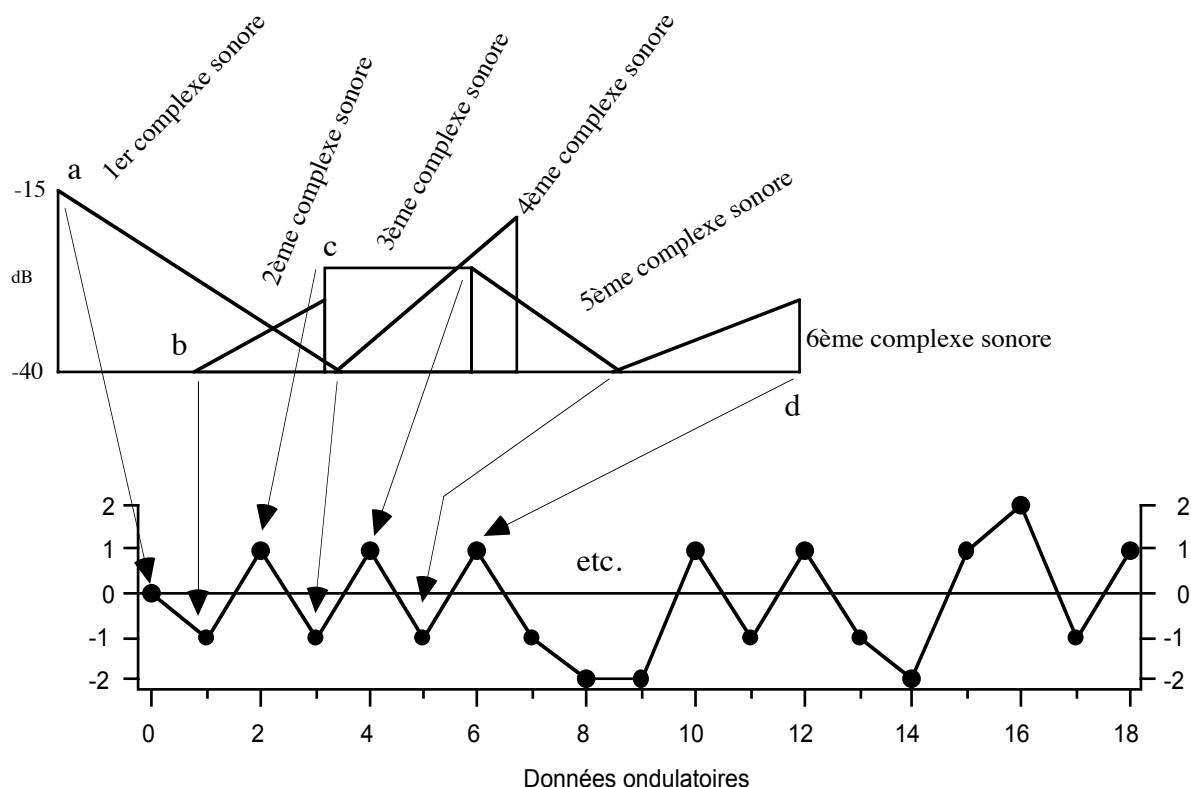
La courbe et la segmentation de la structure de dynamiques de *Studie II* de Stockhausen (deux premières pages)

Figure 243

Encore une fois, nous avons trouvé une structure assez similaire par rapport aux autres structures de l'extrait de Stockhausen. Nous recommandons de revoir les trajectoires des structures de *Studie II* que nous avons segmentées précédemment. La figure 243 b, montre donc la segmentation ondulatoire analytique que nous avons opérée à cette structure. Nous pouvons déceler que le segment le plus utilisé est B inversé. Nous apercevons aussi les segments B, Ci, D et un nouveau segment, le segment E qui est constitué de deux mouvements descendants.

3.5.7.5. La structure d'enveloppes dynamiques

L'intensité globale des sons (complexes sonores) de cette œuvre évolue d'une manière croissante ou décroissante (cf. [Stockhausen, 1956 : VI]). Cette structure objective, donc, la partie dynamique (crescendi et decrescendi) de la structure de nuances (structure précédente).

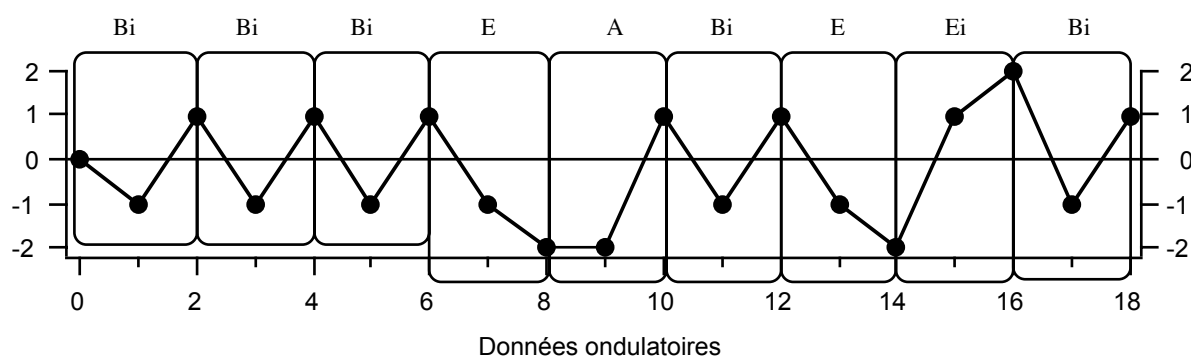


La courbe qui symbolise la structure de (crescendi et decrescendi) de *Studie II* de Stockhausen (deux premières pages)

Figure 244

La figure 244 ci-dessus montre comment nous avons interprété les enveloppes des dynamiques. Nous rappelons qu'il s'agit des enveloppes des dynamiques correspondant aux complexes sonores de l'œuvre. Donc ces enveloppes affectent les sons qui se trouvent représentés dans une autre structure de la partition (cf. la figure 210 précédente). La lettre (a) de la figure 244 (ci-dessus), montre le point de départ de la courbe, symbolisée par un zéro car c'est le début de la trajectoire (origine). La lettre (b) montre que, parmi les points 0 et 1

(abscisses) du graphique, il y a un decrescendo. La lettre (c) (donnée ondulatoire (point 2)) indique un crescendo, ici, dans ce point de la courbe, nous pouvons déceler que ce point indique : un crescendo et un nouveau complexe sonore qui commence avec une attaque forte. La lettre (d) signale un crescendo entre les points 5 et 6 ; donc, le point 5 matérialise la fin d'un decrescendo et le point 6 montre le point culminant d'un crescendo (-1 et +1).



La segmentation de la structure d'enveloppes dynamiques de *Studie II* de Stockhausen (deux premières pages)

Figure 245

La figure 245 ci-dessus nous montre un aperçu de la segmentation de la structure d'enveloppes dynamiques, (crescendo et decrescendo) de l'extrait de cette œuvre de Stockhausen. Encore une fois, nous avons trouvé une structure assez proche aux autres structures de l'extrait sonore. Ici, le segment le plus utilisé est B, qui apparaît 5 fois dans sa forme inversée. Le segment E apparaît 3 fois, et finalement le segment A apparaît une fois.

3.5.8. Le modèle algorithmique

3.5.8.1. Représentation graphique du processus algorithmique

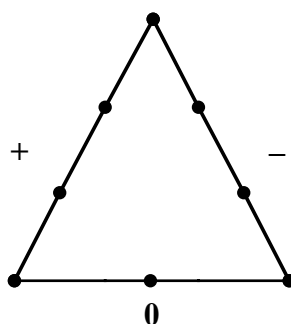
3.5.8.1.1. Extension algorithmique totale (EAT)

La extension algorithmique totale (EAT) de l'extrait de *Studie II*, comporte 3 mouvements ascendants, 3 mouvements descendants et 2 mouvements horizontaux.

a

Mouvements Ascendants (+1)	Mouvements Descendants (-1)	Mouvements Horizontaux (0)
3	3	2

b

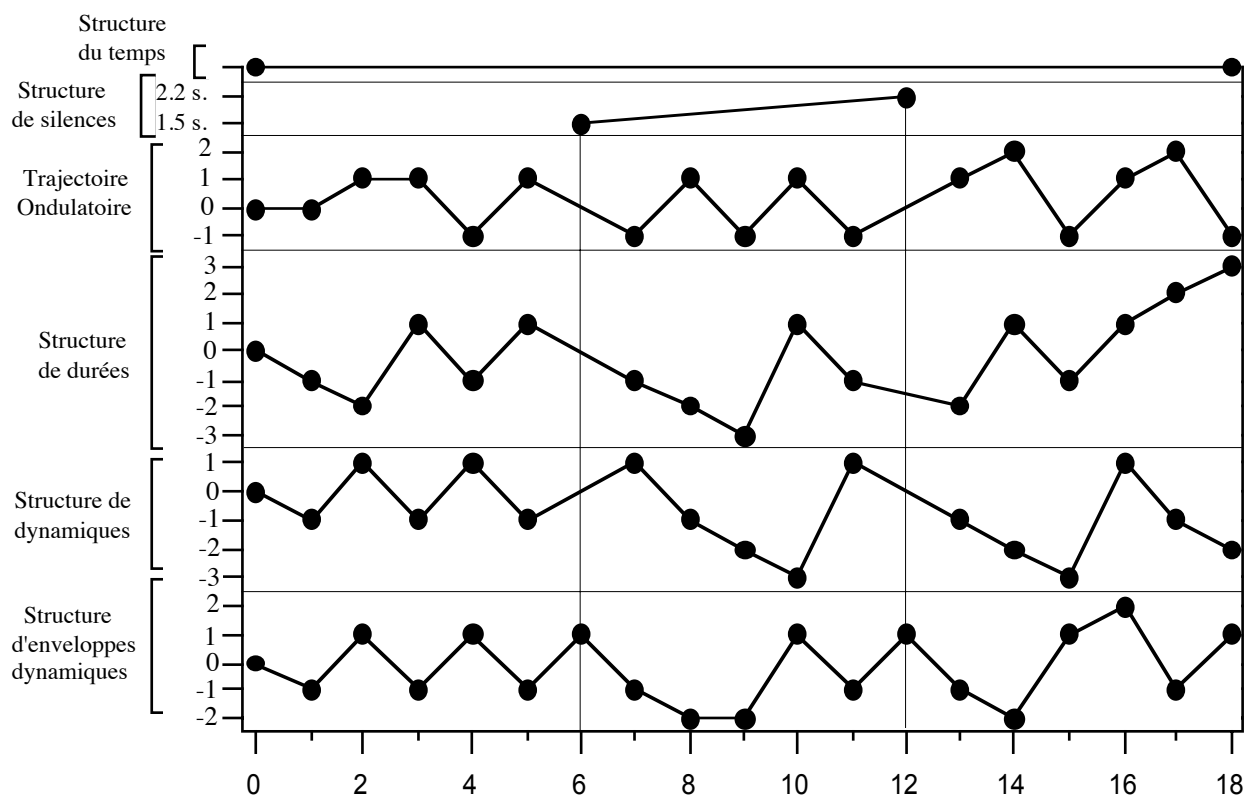


Représentation graphique de l'extension algorithmique totale de *Studie II* de Stockhausen
(deux premières pages)

Figure 246

Nous pouvons énoncer que le début de cette œuvre de musique électronique montre dans ses premières deux pages un équilibre formel qui se traduit de façon abstraite dans le tableau (figure 246 a) qui symbolise son extension algorithmique totale. Nous verrons plus loin dans le graphique du modèle algorithmique comment cet équilibre sera représenté. La figure 246 montre donc le tableau (a) qui comporte le relevé des mouvements possibles de l'extrait et la partie (b) montre la symbolisation graphique des données du tableau (a).

3.5.8.2. Représentation graphique du modèle algorithmique



Le modèle algorithmique de *Studie II* de Stockhausen (deux premières pages)

Figure 247

Le modèle algorithmique des deux premières pages de *Studie II* de Stockhausen montre une cinétique ondulatoire, à nos yeux, plus au moins stable et surtout, une certaine régularité manifeste, tel que nous l'avons perçu dans la segmentation ondulatoire analytique que nous avons appliquée précédemment. Par rapport à la structure du temps du modèle (figure 247), comme nous pouvons le constater, nous avons mis simplement deux points au début et à la fin. Car il n'y a pas d'indication de temps dans cette partition, donc, comme nous l'avons déjà souligné, « ... le temps musical de cette œuvre est une constante mesurée par des *instants seconds* et ses respectives divisions libres. »

Par rapport à la structure de silences, il n'y a que deux silences, le premier est d'une durée de 1.5 seconde et le deuxième est de 2.2 secondes environ (valeurs, cette fois-ci locales). Donc cette courbe contient simplement deux éléments.

Il faut noter que nous avons placé deux lignes verticales pour mieux saisir l'implication de ces deux silences dans l'ensemble du modèle.

En ce qui concerne la structure de durées (toujours dans la figure 247 ci-dessus, page précédente) nous avons utilisé une notation globale plutôt que locale. Nous rappelons que Stockhausen indique dans la partition que 76,2 centimètres (bande magnétique) équivalent à une seconde.

C'est pour cela que nous n'avons pas noté dans le modèle des durées telles que noires, croches etc. Donc la structure de durées du modèle indique seulement des différences globales de durées (durées plus courtes ou l'inverse). De la même façon, la structure de dynamiques symbolise des valeurs de durées globales. Nous rappelons que les dynamiques (nuances) sont indiquées dans la partition par des valeurs en décibels.

3.5.9. Conclusion

Si bien l'extrait que nous avons choisi d'analyser de *Studie II* est de dimensions modestes, nonobstant nous pensons avoir donné une idée suffisamment compréhensible de l'application de la méthode d'analyse sur une pièce musicale qui utilise des moyens sonores électroniques. Nous avons observé que le fragment analysé aurait montré une morphologie qui pourrait parfaitement être celle d'un morceau musical courant, par exemple, une pièce pour piano (sauf la structure de crescendo et decrescendi). Toutes les structures de l'extrait ont été analysées. Un détail à ne pas négliger à propos de ces structures est celui qui concerne les régularités et les symétries qui se sont dégagées. Ceci corrobore l'existence, dans ces structures, des traits importants d'organisation :

• La symétrie de l'extension algorithmique totale dans laquelle les mouvements ascendants et descendants comportent trois mouvements de part et d'autre (cf. la figure 248 ci-contre).

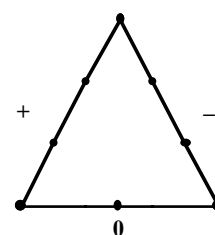


figure 248

- La succession de segments par *triplets* (C B et D) qui organise toute la structure de durées de l'extrait analysé. Ceci donne la suite de segments Ci, Bi, D et Cr, B et Di (cf. la figure 240 précédente). À propos de la trajectoire ondulatoire de l'extrait de *Studien II*, nous avons vu que le sonagramme aurait montré de manière correcte qu'elle (la trajectoire) modélise parfaitement le processus ondulatoire *acoustique* que l'extrait musical dégage (cf. la figure 234 (c) précédente).

- Le modèle ondulatoire est formé par trois parties très équilibrées (figure 236 précédente). La première comporte des répétitions (mouvements horizontaux). La deuxième, formée par des zigzags. Finalement, la troisième partie, laquelle comporte des mouvements expansifs vers le haut, (répétitions de deux mouvements ascendants).

- La trajectoire ondulatoire aurait montré de façon précise, comment, du point de vue de la morphologie, la stratégie compositionnelle *abstraite* (l'imaginaire sonore du compositeur) se dévoile à partir de la mise en structure de l'agencement de sons (donc la trajectoire ondulatoire) (cf. les figures 234 et 235 précédentes). Nous rappelons que nous avons analysé que les deux premières pages de la pièce de Stockhausen.

Nous sommes conscients que si bien l'analyse s'est effectuée sur un extrait petit de cette œuvre électronique, nonobstant, l'approche analytique s'est avérée correcte pour montrer (encore une fois, sur un autre type de musique) les possibilités de la méthode d'analyse ondulatoire.

IV. Conclusion générale

Nous avons entrepris et conclu l'élaboration, la démonstration et l'application de la méthode d'analyse musicale ondulatoire. La thèse s'inscrit pleinement dans l'évolution des connaissances de la discipline analytique musicale.

Nous avons exprimé, au début de notre exergue, qu'il était nécessaire, pour inaugurer une nouvelle méthode d'analyse, de prendre comme point de départ la redéfinition de la notion de musique. Nous avons donc introduit une définition située premièrement dans un devenir processuel et deuxièmement, dans un contexte nettement morphologique et phénoménologique.

Nous avons ainsi défini la musique comme : *un processus ondulatoire produit et perçu dans le temps*. Une étude détaillée des différentes définitions de la musique a été entreprise pour encadrer cette nouvelle définition. En ce qui concerne l'observation et la formalisation de la cinétique des structures musicales, nous avons opté pour les représenter avec trois symboles simples à savoir : le signe +1, pour représenter un incrément d'une donnée, le signe -1, pour représenter la diminution et finalement, le signe 0, pour représenter la répétition d'une donnée. À partir de là, nous utilisons déjà *la notion d'ondulation comme élément fédérateur de la méthode d'analyse*.

Ensuite, nous avons appliqué la notion d'algorithme pour étudier le trajet, dans le temps, de la phénoménologie des structures musicales. Nous avons donc établi que ces structures seraient envisagées comme l'aboutissement des opérations de chaque étape d'un algorithme quelconque. Ces algorithmes, nous les avons baptisés : d'algorithmes ondulatoires, d'une part, par la relation qui existe entre la caractéristique opératoire des étapes de l'algorithme (mouvements ascendants (incrément), descendants (diminution) et horizontaux (répétition)) et d'autre part, par la courbe qui se dessine lors de la représentation graphique des résultats. C'est ainsi que l'adjectif *ondulatoire* trouvait « ... sa cohérence et sa genèse opératoire dans la notion d'algorithme ondulatoire ».

À partir de cette prémisse, plusieurs exemples d'œuvres différentes ont été examinés : les quatre formes de permutation de la série du *quintette pour instruments à vent* de Schönberg, la première pièce de *Structures Ia* pour deux pianos de Boulez et finalement, trois mesures de *Morsima-Amorsima* pour ensemble instrumental de Xenakis. Une fois terminé ces premiers essais sur les œuvres mentionnées ci-dessus, nous avons constaté que, dans chaque exemple, le *paradigme ondulatoire* émergeait parfaitement comme l'outil idéal pour établir les morphologies.

Nous avons donc baptisé les algorithmes qui représentent et qui peuvent produire les morphologies étudiées, comme des *algorithmes ondulatoires*. Nous avons donc créé deux types d'algorithmes, l'un pour interpréter la cinétique des structures étudiées, nommée l'algorithme constructeur, et le deuxième, avec lequel nous pouvons nous servir pour reconstruire les structures étudiées, l'algorithme reconstruteur.

Nous nous sommes interpellés sur l'importance de la combinatoire dans l'activité créatrice humaine, et à cet égard, nous avons résumé le principe combinatoire en musique en quatre types. Ces quatre types traversent sommairement l'histoire de la création musicale, à savoir :

La combinatoire prédéterministe, assujettie aux lois modales et contrapuntiques.

La combinatoire déterministe [Xenakis, 1976 : 23], dont le principe combinatoire musical trouve son sommet dans le sérialisme inauguré par la méthode de composition dite « dodécaphonique » de Schönberg.

La combinatoire stochastique de la musique de Xenakis, qui fait appel « ... à la théorie et le calcul de probabilités ... » [Xenakis, 1976 : 26].

Et enfin, la combinatoire ondulatoire, inspirée du principe ondulatoire des ondes sonores, et qui se trouve en même temps implicite dans n'importe quel type ou style de musique. La combinatoire ondulatoire, nous l'assimilons à la pensée musicale ondulatoire, donc à notre thèse.

Dans le deuxième chapitre nous avons établi un corpus théorique pour bâtir la structure conceptuelle de la méthode analytique. Il est évidemment certain que ce corpus doit être élargi au fur et à mesure que la méthode s'étendra vers des analyses d'œuvres plus importantes sur le plan d'effectif instrumental, par exemple, ou bien, dans des œuvres plus élaborées dans le plan de textures sonores, par exemple la musique de Varèse, de Grisey ou de Ferneyhough.

Malgré ces limitations, nous pensons avoir montré les possibilités de cette nouvelle approche analytique, surtout, et c'est là où notre contribution se fait effective, dans la question de l'analyse typiquement morphologique.

Nous avons donc introduit, expliqué et appliqué les quatre concepts fondamentaux de la théorie musicale ondulatoire.

- Le premier concept, le *son fondamental*, émerge comme l'un des concepts et outils les plus importants (page 57). En effet, grâce à l'application de cette notion, nous avons découvert des informations tout à fait intéressantes.

Premièrement, en écoutant le son fondamental de chacune des œuvres, nous avons constaté que le rendu sonore donnait une approximation de la globalité sonore de l'œuvre dans un laps de temps très court, comme une sorte de portrait global sonore. C'est ainsi que, par exemple un prélude de Bach, écrit en la tonalité de do majeur (page 85), morceau typiquement harmonique, se reflétait totalement dans la sonorité de son son fondamental.

Un autre exemple d'un autre prélude de Bach, le *deuxième prélude du clavecin bien tempéré*, en do mineur, prélude plus dense sur le plan harmonique que celui en do majeur (exemple cité précédent), donnait de façon claire le rendu harmonique du dernier.

Or, dans un morceau comme *Erdenklavier* pour piano solo de Berio, œuvre dominée pour une sorte de polarisation avec les notes do⁴ ré⁴ sol⁴, le son fondamental reflétait cette polarisation, tout en laissant apparaître une sorte de fond sonore homogène produit par les autres sons utilisés.

Dans la deuxième pièce de *Six petites pièces pour piano* de Schönberg, œuvre dominée par un ostinato avec les notes sol⁴ si⁴, le son fondamental donnait un rendu sonore qui suggère la globalité sonore de la pièce : Sur un premier plan, l'ostinato sol⁴ et si⁴, et, dans un plan moins prédominant, les autres fréquences utilisées dans le morceau.

Finalement, les résultats sonores obtenus dans les sons fondamentaux des autres morceaux analysés, à savoir, la première page de *Structures I* pour deux pianos de Boulez, les vingt et une premières mesures du début de la cinquième symphonie de Beethoven et les deux premières pages de *Studie II* de Stockhausen, étaient aussi très pertinents et encourageants.

- Dans le deuxième concept, nous avons défini l'œuvre musicale – qu'elle soit acoustique ou électroacoustique – comme *un son complexe qui se déploie dans le temps étant la projection des fréquences contenues dans un son fondamental déterminé et, par conséquent sa structure temporelle, d'amplitude, timbrique ou spectrale, change constamment par rapport au temps.*

Dans la première partie de la définition, nous avons démontré que l'œuvre musicale est un son et non pas plusieurs sons. Nous avons limité notre démarche concernant ce deuxième concept, par rapport aux travaux menés dans le champ de la phénoménologie de la perception. Nous avons déclaré que notre démarche était fondée d'un constat plutôt objectif (acoustique) que subjectif (psychologie ou phénoménologie de la perception). Nous avons donc exposé notre point de vue avec comme exemple quelques mesures du début de *Intégrales* d'Edgard Varèse. Dans ces exemples nous avons démontré avec des données objectives, la véracité de notre démarche (page 119).

Dans la deuxième partie de cette définition : « ... étant la projection des fréquences contenues dans un son fondamental déterminé... », c'était l'un des points capitaux dans l'élaboration du corpus théorique de la méthode d'analyse. Nous avons expliqué comment ce son unique qui est l'œuvre musicale, était la projection dans le temps des fréquences de son propre son fondamental.

Pour expliciter ceci, nous avons analysé le son sous-fondamental des premières cinq mesures d'*Intégrales* de Varèse. Notre démarche démontrée la pertinence de cette réciprocity organique entre les deux concepts : Celui de son fondamental (ou sous-fondamental) et celui d'œuvre-son.

Dans la dernière partie de cette définition, « ... et, par conséquent sa structure temporelle, d'amplitude, timbrique ou spectrale, change constamment par rapport au temps », nous avons démontré notre point de vue, avec des exemples sonores et graphiques tels que : sonagrammes, oscillogrammes et partitions musicales.

- En ce qui concerne le troisième concept, celui de *trajectoire ondulatoire* (la forme) du morceau, nous avons montré que la trajectoire ondulatoire devient un continuum dans lequel nous pouvons repérer un certain nombre d'éléments stables et récurrents [Thom, 1982 : 337] : les segments naturels et plus tard, les segments ondulatoires. Par cela, nous avons pu constater que l'action analytique se trouve tout à fait en concordance avec le procédé opératoire de base des disciplines morphologiques (cf. page 133).

À partir des différentes possibilités offertes par la modélisation ondulatoire, nous avons trouvé que, par exemple, dans l'analyse du *prélude en do mineur* de Bach (page 133), vers la fin du morceau, les données de la trajectoire ondulatoire de la structure de sons contiennent le sujet de la fugue. En effet, en inversant cette trajectoire, nous avons pu reconstruire la trajectoire ondulatoire que modélise le sujet de la fugue numéro II du *Clavecin Bien Tempéré* de Bach, voir les pages 250-252.

Dans un point de vue musical et analytique, le concept de trajectoire ondulatoire émerge comme l'une des concepts les plus édifiants de notre théorie. En effet, la trajectoire ondulatoire représente objectivement *la forme de chaque œuvre. La forme sonore enfin représentée sous forme de quelque chose de palpable* : Une simple ligne dans un plan Cartésien à deux dimensions. Mais cette forme retrouve aussi sa partie objective dans le sonagramme. Nous avons montré que chaque point d'une trajectoire ondulatoire correspond à un trait très précis dans le sonagramme respectif.

C'est avec la segmentation ondulatoire analytique que nous avons établie l'un des points capitaux de la méthode d'analyse. Grâce à cet outil nous avons pu établir et localiser dans le continuum ondulatoire – la trajectoire ondulatoire de l'œuvre analysée – les éléments stables et récurrents qui nous ont servi pour constituer, en deuxième abord, les agrégations spatio-temporelles conformées par ces éléments (Thom).

À partir de la localisation des segments ondulatoires de chaque œuvre analysé dans la thèse, nous avons démontré leur utilité d'abord, pour établir et étudier la morphologie propre de chaque œuvre. En deuxième abord, nous avons montré comment constituer, à partir des segments ondulatoires, les segments algorithmiques avec lesquels nous pouvons analyser toutes les structures ou paramètres de l'œuvre étudiée.

Avec la notion d'extension ondulatoire totale, nous avons découvert que chaque morceau analysé est constitué d'une tessiture ondulatoire propre. Cette tessiture nous renseigne à propos des limites dans lesquelles chaque morceau de musique va se déployer. À son tour, chaque extension ondulatoire totale est une forme. Cette forme-là est aussi une sorte de terrain morphologique dans laquelle se produiront les morphogénèses : La extension ondulatoire totale est une sorte de morphogène.

Une autre notion que nous avons développée, laquelle est presque similaire à celle d'extension ondulatoire totale, est celle d'extension algorithmique totale. Dans cette dernière, sont rassemblés tous les mouvements repérés dans toutes les structures analysées. Par exemple, les extensions maximales de la trajectoire ondulatoire, de la structure de durées, de la structure de nuances, etc.

Grâce à ces deux notions nous avons pu confronter les extensions ondulatoires et algorithmiques de différentes œuvres. À manière d'exemple, dans la *deuxième pièce pour piano* de l'opus 19 de Schönberg, la tessiture totale des mouvements (l'Extension Ondulatoire Totale), c'est-à-dire de la forme du morceau, est d'un maximum de trois notes ascendantes, de trois notes descendantes et de sept notes répétées respectivement.

Toujours dans un souci de comprendre les morphologies complexes des œuvres analysées, nous avons confirmé la pertinence opératoire et des résultats très encourageants qui nous ont fourni les modèles ondulatoires et algorithmiques. Grâce à ces modèles, nous avons représenté chaque œuvre modélisée dans un espace graphique réduit et en même temps très compact. Nous avons confirmé, avec les constructions de ces modèles, que le paradigme ondulatoire s'érige comme l'objet conceptuel par excellence de la méthode d'analyse : Toutes les structures représentées dans les modèles ondulatoires et algorithmiques sont symbolisées par le paradigme ondulatoire, à savoir, les mouvements : ascendants, descendants et horizontaux.

Nous avons opéré et expliqué comment simuler les processus morphogénétiques des structures musicales. Ceci était un moment d'importance dans la démonstration de la méthode d'analyse car nous avons simulé, avec l'outil logico-informatique, les morphogénèses des structures choisies.

Nous nous sommes concentrés sur un aspect nouveau et très spécifique en matière d'analyse musicale, c'est-à-dire, la morphologie. Tout ce qui relève de l'appréhension, de la réception et de la problématique du sens en musique, sont des sujets qui ne sont pas inclus dans cette recherche. Néanmoins, les modélisations des œuvres peuvent être utiles, comme support pour des éventuels travaux orientés sur la question du sens ou de la phénoménologie de la perception de la musique en général. Il faudrait trouver des critères de liaison entre les résultats qui offrent la méthode d'analyse ondulatoire et celles des analyses focalisées sur la question du sens.

Par rapport à la question de la cognition musicale, la méthode d'analyse serait utile dans le cas d'une orientation des études de la cognition sur les aspects morphologiques, des œuvres. Chaque trajectoire ondulatoire du morceau analysé, offre déjà un brouillon de ce que nous appelons un modèle *cognitif-ondulatoire*. Nous avons déjà fait quelques recherches sur ce modèle cognitif-ondulatoire (en dehors de cette thèse) avec des résultats encourageants.

Justement, dans une communication au congrès sur la cognition musicale à l'Ircam en 1988, Jean Petitot insiste sur la nécessité de développer une analyse proprement morphologique des formes sonores. Nous pensons que la méthode d'analyse ondulatoire s'approche justement de ce dont parle Petitot.

La trajectoire ondulatoire, laquelle propose effectivement un continuum morphologique de premier ordre, et la segmentation ondulatoire analytique – notions propres de la méthode d'analyse musicale ondulatoire – se profilent comme des points de départ vers une étude de la cognition musicale à travers le paradigme ondulatoire. Celle-ci est l'une des questions ouvertes quant à cette thèse. Il faudra orienter des recherches plus développées sur ce point précis dans le futur immédiat.

Une deuxième question ouverte est celle qui concerne la création d'une plateforme informatique de la méthode d'analyse. En effet, une version informatisée de cette méthode serait très bénéfique pour le travail analytique et aussi les possibilités se multiplieraient considérablement.

Une troisième question ouverte verse sur la possibilité de disséminer la pensée musicale ondulatoire sur l'univers de la création musicale pour les enfants et les adolescents. En effet, encadrer la composition musicale sur l'angle de la morphologie pourrait être d'utilité pour l'initiation des jeunes vers la création musicale. Il suffit d'imaginer, par exemple, une trajectoire ondulatoire, par exemple, du prélude de Bach que nous avons analysé et, à partir de là, inciter les élèves à créer quelque chose de nouveau à partir du modèle qui procure la trajectoire du prélude.

Enfin, avec la méthode d'analyse musicale ondulatoire, nous pensons avoir ouvert une voie, un chemin, nous l'espérons ainsi, qui pourrait être fructifère dans l'étude et l'appréhension des *formes musicales réelles*. Le chemin de la morphologie, l'outil morphologique au service de la connaissance de l'art musical.

Crédits éditoriaux

Studie II de Karlheinz Stockhausen apparaît dans cette thèse grâce à aimable l'autorisation de : Stockhausen-Verlag, 51515 Kürten, Germany. stockhausen-verlag@stockhausen.org

© Stockhausen (Tous les CDs, partitions, livres et vidéos de Stockhausen peuvent être obtenus directement à : Stockhausen-Verlag, 51515 Kürten, Germany).

Structures Ia pour deux pianos de Pierre Boulez, apparaît dans cette thèse grâce à l'aimable l'autorisation de : Universal Edition (London) Ltd., London.

Pierre Boulez „Structures Premier Livre für 2 Klaviere“ © Copyright 1955 by Universal Edition (London) Ltd., London/UE 12267

II de Six Petites Pièces pour piano opus 19 d'Arnold Schönberg, apparaît dans cette thèse grâce à l'aimable autorisation de : Universal Edition A.G., Wien/UE 5069

Arnold Schönberg „6 kleine Klavierstücke für Klavier op. 19/2“ © Copyright 1913, 1940 by Universal Edition A.G., Wien/UE 5069

Erdenklavier pour piano de Luciano Berio, apparaît dans cette thèse grâce à l'aimable autorisation de Universal Edition (London) Ltd., London.

Luciano Berio „Erdenklavier“ from „6 Encores pour piano“ © Copyright 1971 by Universal Edition (London) Ltd., London/UE 33013

Morsima Amorsima, quatuor pour violon, violoncelle, contrebasse et piano de Iannis Xenakis
© Copyright 1967 by Boosey & Hawkes Music Publishers.

Crédits informatiques

Saisie du texte : Microsoft Word® , PDFpen® , Preview® , Acrobat® , police de texte musicologique Bach® de Yo Tomita.

Saisie des partitions : Finale® , Harmony Assistant®.

Saisie des partitions via Midi : Finale® , Performer®.

Saisie des graphiques : Microsoft Word® , Microsoft Excel® , Igor Pro®.

Saisie (construction) des sons fondamentaux et des extraits musicaux : Sound Edit® , Sound Studio® , QuickTime® , Performer®.

Index des termes¹

A

Accord, 13, 74, 77-79, 83, 418, 421, 423, 424, 432, 435.

Acoustique, 2, 5, 11, 13, 36, 41, 42, 45, 53, 54, 57, 66, 67, 89, 94, 96, 97, 101, 103, 104, 107, 112, 117, 120-125, 160, 184, 186, 187, 285, 354, 362, 363, 387, 416, 424, 426, 430, 435, 508.

Analyse, 1, 3, 6, 8, 9, 21, 37, 46, 54, 58, 69, 85, 94, 97, 104, 120, 121, 123, 133, 136, 144, 146, 159, 168, 169, 177, 178, 180, 183, 184, **186-191**, 198, 204, 212, 226, 232-235, 241, 253, 255, 261, 267, 268, 271, 273, 300, 310, 312, 315, 317, 322, 335, 346, 347, 352, 354, 356, 370, 371, 374, 376, 378, 380, 382, 388, 394, 395, 406, 408, 411, 412, 416, 418, 429, 432, 434, 435, 437, 453, 457, 476, 479, 480, 483, 485, 486, 488, 493, 496, 507, 508.

Algorithme, 7, 11, 14, 15, 16, 21, 129, **162-164**, 171, 176, 180, 182, 187, 227, 299, 314, 315, 322, 324, 331-333, 340-353, 358.

Algorithme global, 15, **163**.

Algorithme local, 15, **164**.

Algorithme ondulatoire, 129, **162**, 171, 176, 343-348, 350-352, 358.

Algorithme ondulatoire constructeur, 344, **345**, 346, 351, 358.

Algorithme ondulatoire réconstructeur, 344, **347**, 348, 350, 352.

Art, 1, 7, 10, 11, 13, 14, 23-26, 28, 31-34, 41, 42, 56, 113, 119, 144, 173, 187, 194, 202, 261, 271, 305, 306, 315, 467.

B

Bifurcation, 377, 380, 401, 445, 446, 454, 456, 457.

C

Catégorie, 30-34, 38, 39, 41, 42, 43, 55, 56.

Chiffre totalisateur, 63, 64, 76, 78, 83, 113, **165**, 194, 416.

Combinatoire, 14, 30, 31, 68, 191, 335, 353, 409.

Couche de partiels, 166, 197, 198.

Couche spectrale, 72, 73, 77-79, 83, 97, 166, **167**, 194, 197, 420-428, 430, 435.

D

Densité, **168-170**, 173-175, 184, 298, 347, 401, 425, 432, 500.

Densité de durée, **170**.

Densité des notes, 168, **169**.

Densité d'un événement sonore, **168**, 169.

Donnée algorithmique, **176**.

Donnée ondulatoire, 14, 18, 20, 99, **129**, 135, 158, 168, 171-176, 185, 211, 221, 227, 243, 251, 259, 338, 339, 401, 403, 441, 442, 445, 446, 449, 471, 504.

Durée de base, 173, **176**, 177, 306, 307, 309, 394, 398, 472.

E

Extension algorithmique totale, **177**, 333-335, 407, 408, 481, 482, 505, 507.

Extension de durée totale, **177**.

Extension maximale, **154**, 156, 218, 230, 233, 263.

Extension ondulatoire totale, **155**, 157, 159, 161, 189, 218, 248, 263, 265, 270, 330, 331, 333, 361, 405-407, 439, 440, 492.

F

Formalisation, 117, **173**, 185, 223, 225.

¹ Cet index n'est pas exhaustif, il sera utile pour trouver rapidement les principaux concepts utilisés dans la thèse.

H

Harmonique, 24, 46, 74, 87-89, 91, 95, 96, 101, 102, 181, 192, 195, 198, 212, 213, 243, 422, 426, 432, 434, 435.

I

Idée fondamentale, **177**, 178, 185, 275, 284-286, 371, 376, 377, 379, 380, 399, 411, 454, 456, 457, 458, 479, 485.

M

Mécanisme inductif, **178**, 179, 274, 275, 277-280, 282.

Modèle algorithmique, 7, **180**, 182, 187, 190, 266, 267, 302, 315, 331, 332, 336-339, 343, 355, 389, 407, 408, 410, 411, 412, 464, 479, 481, 483-485, 497, 505, 506.

Modèle ondulatoire, 7, 68, **179**, 180, 187, 190, 253-259, 261, 262, 264-267, 269, 287, 291-295, 297-301, 367, 372-375, 387, 388, 447, 448, 450, 451, 453, 496, 508.

Modo (module ondulatoire), **180**, 253-256, 258, 259, 264, 287, 288-291, 293, 295, 367-369, 372, 374, 375, 416, 422, 433, 473, 489.

Morphogène, 11, **331**, 393.

Morphogénèse, 11, 178, 182, 188, 190, 205, 265-268, 270-272, 274, 296, 300, 315, 319, 320, 321, 322, 329, 330, 347, 361, 382, 386, 440, 449, 450, 460.

Morphogénétique, 7, 180, 183, 190, 267, 268, 270-272, 281, 287, 292, 298, 301, 319, 320, 322, 324, 331, 332, 351, 352, 366, 369, 376, 393, 453.

Morphologie, 6, 11, **149**, **187**, 188, 191, 261, 292, 315, 332, 345, 354, 355, 371, 372, 387, 388, 391, 407, 452, 471, 479, 494, 499, 502, 507, 508.

Morphologie ondulatoire, **188**, 191, 387, 494.

Musique, 1-5, 7-14, 18, 22-44, 51, 53-56, 63, 67, 70, 93, 94, 96, 98, 99, 101, 103, 104, 107, 112, 118, 124, 125, 131, 133, 138, 149, 150, 152, 159, 160, 168, 183, 186, 187, 190, 227, 228, 269, 271, 304, 355, 356, 374, 388, 406, 454, 489, 493, 505, 508.

Musique ondulatoire, 3, 9, 12, 53-55, 124.

O

Onde périodique, 3, 4, 92, 93.

Ondulation, **3**, **9**, 11, 44, 54, 266, 282, 335, 354, 380, 447.

Ondulatoire, 1-3, 5, 6, 9, 11, 13-18, 20, 21, 30, 45, 49, 50-54, 56, 58, 67-69, 94, 99, 104, 117, 118, 122-129, 131, 133, 135, 136, 138-164, 168, 169, 171-180, 182, 183, 185-191, 199-214, 216-218, 221, 225-235, 240-259, 261-288, 291-301, 303, 304, 310-313, 315, 317-320, 322, 323, 330, 331, 333, 335, 336, 338, 339, 343-348, 350-356, 358, 361-382, 384-388, 390, 396-398, 400, 401, 403-407, 409, 411, 412, 437, 439-446, 448-451, 453-463, 470, 471, 473, 474-480, 485, 488, 492-496, 499, 502, 504, 506, 508.

Œuvre-son (œuvre musicale), **103**, 112, 113, 117-120, 123, 124, 125, 126, 128, 129, 144, 160, 171, 235, 240, 253, 256, 266, 267, 274, 280-282, 284, 285, 300, 301, 335, 254

P

Paradigme ondulatoire, 9, 133, 152, 266, 300, 301, 345, 352, 355.

Partiel anharmonique, 101, 102, **181**.

Partiel consonant, 88, **181**.

Partiel harmonique, **88**, 97, 101, 102, 181.

Partiel inharmonique, 88, 102, 181.

Périodicité ondulatoire, 99, **182**.

Phénoménologie, 42, 103, 162, 336, 338, 339, 343, 388, 411, 465, 475, 485.

Processus algorithmique, 7, 180, **182**, 331-333, 335, 407, 481, 505.

Processus sonore, 42, 43, 48, 54, 65, 117, 118, 189, 192, 196, 202, 203, 213, 217, 241, 284, 285, 365, 366, 371, 372, 391, 394, 412.

Prolifération (principe de), 150, 158, 178, **182**, 183, 228, 261, 268, 269, 270, 272, 273, 281, 376, 377, 453, 454.

S

Segment ondulatoire, 6, 140, 142, 143, **144**-148, 154, 155, 178, 179, 183, 226-235, 240-242, 244-246, 248-250, 255, 256, 259, 261, 263, 268, 269-270, 272-275, 277-282, 284, 286-288, 292, 293, 295, 297, 304, 308, 310-313, 317-329, 359, 360, 365-367, 369-371, 376-381, 383, 386, 390, 396, 400, 401, 437, 438, 443, 445-458, 460, 462, 463, 466, 470, 471, 475-480, 495, 502, 504.

Segmentation ondulatoire (naturelle, et analytique), 6, **140**-142, **143**, 144, 149, 161, 182, 187, 189, 190, 191, 200, 202, 205, 212, 217, 225, 226, 235, 240, 241, 253, 266, 300, 310, 312, 315, 317, 351, 353, 363, 364, 366, 370, 371, 396, 400, 404, 443, 474, 495, 499, 502, 506.

Science, 7, 10-12, 23-25, 27, 28, 31-33, 42, 43, 55, 56, 103, 182, 353.

Segment noyau, **183**.

Silence d'écriture, **183**, 184, 391.

Silence réel, 176, **184**, 391.

Sonagramme, 104, 106, 119, 120, 122, 123, 363, 494, 508.

Son fondamental, 4, 5, **57**, 58, 61-75, 78, 81-99, 101, 103, 113, 117, 124, 125, 161, 165-167, 181, 184, 194-198, 358, 415-426, 428-435, 488, 489.

Son fondamental naturel, 57, 93, **184**.

Son générateur de durée, 173-176, **185**.

Structure ondulatoire fondamentale, **150**-152, 161, 227, 268, 269.

Substrat ondulatoire, 178, **185**, 273, 275, 276, 282-286, 303, 378, 379, 454, 456-458.

Surface ondulatoire, **185**, 379, 456-458.

Symétrie, 142-144, 201, 202, 212, 216, 217, 225, 226, 263, 264, 266, 277, 293, 360, 367, 369, 372-374, 378, 380, 405, 412, 431, 433, 440, 443, 448-450, 492, 507.

Synthèse, 11, 18, 24, 25, 37, 61, 65-67, 78, 94, 97, 98, 106, 112, 157, 265, 283, 339, 351, 388, 416, 489.

Système, 1, 3, 7, 25, 27, 30, 39, 53, 54, 57, 65, 74, 92, 94, 100-102, 124, 126, 127, 136, 149, 150, 159, 160, 162, 181, 186, 187, 269, 271, 300, 301, 343-345, 347, 352, 457, 500.

T

Technologie, 7, 10-12, 26, 37.

Trajectoire, **126**, 127.

Trajectoire ondulatoire, 2, 5, 6, 15-18, 21, 51-54, 67, 68, **126**-128, 131-133, 135, 136, 138-150, 152, 154-158, 161, 163, 169, 174, 175, 182, 183, 187, 189, 199, 206-211, 225, 227, 231, 232, 234, 235, 240, 241, 243-247, 249-253, 255, 263-270, 272, 274, 276, 277, 281, 282, 287, 292, 293, 295-300, 303, 310, 312, 315, 333, 336, 338, 339, 344-348, 350, 353, 354, 363-368, 371, 374, 376-382, 384-387, 396-398, 400, 441-444, 449, 450, 453-455, 458-463, 471, 473, 476, 478, 479, 480, 493, 494, 508.

Trajectoire ondulatoire (sous-), 5, 18, 20, 51, 130, **133**, 134-139, 150-152, 158, 161, 189, 227, 268, 282.

Index des noms

A

Adorno, Theodor, W., 10, 24, 39, 41, 186, 271.

Ansermet, Ernest, 12, 41, 103.

Augustin, Saint, 10.

B

Bach, 85, 89, 92, 96, 134, 136, 138, 178, 183, 191, 192, 194, 201, 202, 204, 206, 212, 214, 217, 218, 223, 226, 228, 229, 233, 247, 252, 256, 264, 265, 267, 269, 274, 281, 292, 293, 300, 302, 304, 308, 210, 313, 315, 320, 321, 333, 345,, 348, 349, 356, 367, 376, 401, 449, 453.

Bent, Ian, 152, 188.

Berio, Luciano, 10, 12, 13, 22, 32, 39-41, 43, 55, 56,, 59, 60, 61, 63, 95, 96.

Boèce, (Boethius), Anicius, 25, 40.

Ballif, Claude, 35.

Bosseur, Jean-Yves, 27, 28, 31, 35-37.

Boucouchliév, André, 39.

Boutot, Alain, 149, 353.

Broglie (de), Louis, 3.

Busoni, Ferruccio, 27.

C

Cadieu, Martine, 33, 57.

Carrillo, Julián, 27.

Casati, Roberto, 53.

Chion, Michel, 36.

Cogan, Robert, 8, 26, 101.

Corbin, Solange, 10.

Couchoud, Jean-Paul, 32, 34.

D

Der Weid, Jean-Noël, 32, 33, 39, 40, 43.

De Schloezer, Boris, 39.

Debussy, Claude, 4, 12, 26, 28, 57.

Deleuze, Gilles, 24, 39, 228.

Dokic, Jérôme, 53.

Drabkin, William, 152.

Dufourt, Hugues, 38.

E

Eco, Umberto, 7, 8.

Ellis, Alexander, 27.

F

Forte, Allen, 8.

Froidevaux, Christine, 162, 340, 341, 345.

Foucrier, Jean, 271.

Fourrier, Jean Baptiste Joseph, 4, 11, 65, 75, 92, 93, 97.

G

Gaudel, Marie-Claude, 162, 340, 341, 345.

González-Lizausaba, Oswaldo, 6, 63.

Globokar, Vinko, 37.

Gribenski, André, 91, 107.

Grijalbo, Jean, 4, 9, 93.

Grisey, Gérard, 9, 13, 38, 42, 43, 55, 56, 113.

H

Haba, Alois, 27.

Hegel, Georg, W., Friedrich., 12, 23, 24, 38, 39, 41.

J

Jankélévitch, Vladimir, 12.

L

Lachenmann, Helmut, 43, 55.

Lee, Robert, 44, 342, 351.

Le Moige, Albert, 271.

Lerdahl et Jackendoff, Fred, Ray, 8.

Lesche, Carl, 10, 25.

Le Vot, Gérard, 10.

Ligeti, György, 97.

Lindsay, R., Bruce, 10, 11.

Lutowski, Witold, 32, 34, 55.

M

Matras, Jean-Jacques, 2, 4, 44, 92, 103, 106, 124.

Mesnage, Marcel, 140, 176, 188.

Molino, Jean, 188.

Mozart, Wolfgang, 36.

N

Nattiez, Jean-Jacques, 8, 188.

P

Pierce, John, 37, 44, 45, 92, 107, 112.

Pratella, Balilla, 28.

Prigogine, Ilya, 5, 126, 127.

Pythagore, 24, 25.

R

Rameau, Jean-Philippe, 4, 25, 33, 55, 56.

Riotte, André, 188.

Risset, Jean-Claude, 11, 13, 93.

Robert, (dictionnaire), 3, 14, 22, 23, 168, 182.

Robertson & Stevens, Alec, Denis, 25.

Rousseau, Jean-Jacques, 25, 32-34, 43, 55, 56.

Russolo, Luigi, 28.

Ruwet, Nicolas, 188.

S

Sauveur, Joseph, 10, 25.

Schaeffer, Pierre, 11, 22, 26, 35, 36, 40, 103.

Scherchen, Hermann, 26.

Schenker, Heinrich, 32, 151, 152.

Schönberg, Arnold, 4, 9, 14, 16, 21, 25, 27, 30, 35, 37, 39, 41, 45, 48, 66, 82, 84, 85, 94, 95, 122, 123, 167, 182, 184, 227, 271, 357-364, 366-373, 375-381, 383, 385, 386, 389, 390, 391-404, 406-411, 449, 453.

Soria, Michele, 162, 340, 341, 345.

Stewart, Ian, 149.

Stockhausen, Karlheinz, 9, 33, 55, 486-508.

Stoianova, Ivanka, 63, 96.

Stravinsky, Igor, 40, 227.

Stuckenschmidt, Hans, H., 26, 27.

T

Thom, René, 180, 300, 301, 331, 332, 353, 358.

Tipler, Paul, 93, 107.

V

Varèse, Edgard, 9, 28, 33, 35, 56, 98, 104, 105, 108, 109, 111-114, 120, 121.

Vyshnegradsky, Ivan, 27.

W

Webern, Anton, 32, 406.

X

*Xenakis, Iannis, 9, 14, 19-21, 30, 33, 38,
55.*

Bibliographie

ADORNO, THEODOR W.

1962 *Philosophie de la Nouvelle Musique*, trad. Hans Hildenbrand et Alex Lindenberg, Paris, Gallimard, 1962, 222 p.

1982 *Théorie Esthétique*, trad. Marc Jimenez, Paris, Klincksieck, 1982, 347 p.

1983 *Teoría Estética*, trad. Fernando Riaza, Barcelona, Orbis, 1983, 346 p.

ANSERMET, ERNEST

1961 *Les fondements de la musique dans la conscience humaine*, Neuchâtel, 1961, Editions de la Baconnière, tomes 1 et 2.

BACH, JEAN SEBASTIEN

1950 *The well-Tempered clavier*, New York, Lea Pocket Scores, 1950, 88 p.

1897 *A collection of little preludes and fugues*, New York, 1897, 83 p.

BENT, IAN with WILLIAM DRABKIN

1987 *Analysis*, Hong Kong, MacMillan Press, 1987, 184 p.

BERIO, LUCIANO

1971a *Séquence VII* pour hautbois solo, London, Universal Edition N° 13754 Mi, 1971, 4 pages pliées.

1971b *Erdenklavier pastorale* pour piano solo, London, Universal Edition N° 15113 Mi, 1971, 2 p.

1983 *Entretiens avec Rossana Dalmonte*, trad. par Martin Kaltenecker, Paris, 1983, 188 p.

BOETHIUS, ANICIUS

1972 "Concerning the Principles of Music, in *Acoustics*, Dowden/Htchinson & Ross, Stroudsburg/Pennsylvania, 1972, 465 p.

BACKUS, JOHN

1969 *The acoustical foundations of music*. NY: WW Norton, 1969, 312 p.

BOSSEUR, JEAN-YVES

1992 *Vocabulaire de la Musique Contemporaine*, Paris, Minerve, 1992, 195 p.

1993 *Révolutions Musicales*, 4ème édition, Paris, Minerve, 1993, 269 p.

BOULEZ, PIERRE

- 1955 *Structures, premier livre*, London, Universal Edition Nr. 12267, 1955, 90 p.
1963 *Penser la musique aujourd'hui*, réédition 1987, Saint-Amand, Editions Gonthier, 1987, 167 p.
1981 Répons, pour six solistes, ensemble, sons générés par ordinateur et sons électroacoustiques en temps réel, London, Universal Edition.
1985 *Points de repère*, 2ème édition, Paris, Christian Bourgois, Éditions du Seuil, 1985, 587 p.

BOUTOT, ALAIN

- 1993 *L'invention des formes*, Paris, Éditions Odile Jacob, 1993, 376 p.

CADIEU, MARTINE

- 1992 *À l'écoute des compositeurs*, Paris, Minerve, 1992, 284 p.

CASATI, ROBERTO, JÉRÔME DOKIC

- 1994 *La philosophie du son*, Nîmes, éditions Jacqueline Chambon, 1994, 211 p.

CASTELLENGO, MICHELE

- 1994 "La perception auditive des sons musicaux", in *Psychologie de la musique*, (sous la direction de A. Zenatti), Paris, Presses Universitaires de France, 1994.

CHION, MICHEL

- 1982 *La Musique électro-acoustique*, Paris, PUF, 1982, 128 p.

COGAN, ROBERT

- 1984 *New Images of Musical Sound*, Cambridge, Harvard University Press, 1984, 177 p.

CORBIN, SOLANGE

- 1960 *l'Église à la conquête de sa musique*, Paris, Gallimard, 1960.

COUCHOUD, JEAN-PAUL

- 1981 *La musique Polonaise et Witold Lutoslawski*, Paris, Éditions Stock, 1981, 239 p.

D'ARCY THOMPSON

- 1992 *On Growth and Form*, England, Cambridge University Press (Canto), 1992, 346 p.
1994 *Forme et Croissance*, trad. fr., Paris, Édition du Seuil, Coll. « Sources », 1994.

DEBUSSY, CLAUDE

1987 *Monsieur Croche et autres écrits*, Paris, Éditions Gallimard, 1987, 362 p.

DE BROGLIE

1992 “Recherches sur la théorie des quanta”, in *Annales de la Fondation Louis de Broglie*, Vol. 17 N°1, Paris, 1992, 109 p.

DELEUZE, GILLES

1993 *Différence et Répétition*, 7e édition, Paris, Presses Universitaires de France, 1993, 409 p.

1996 *L'abécédaire de Gilles Déleuze*, Paris, Video Éditions Montparnasse, 1996, 7 h 30 mn.

DER WEID, JEAN-NOËL

1992 *La musique du XXe Siècle*, Paris, Hachette, 1992, 382 p.

DUFOURT, HUGUES

1985 In “Conséquences N° 8”, Paris, 1985, 200 p.

ECO, UMBERTO

1988 *Tratado de semiótica general*, trad. par Cralos Manzano, Barcelona, Lumen, 1988, 463 p.

EINSTEIN, ALBERT

1976 *La théorie de la Relativité restreinte et générale*, trad. par Maurice Solovine, Paris, Gauthier-Villars, 1976, 177 p.

EIMERT, HERBER

1961 “Debussy’s ‘Jeux’ ”, in *Die Reihe*, trad. en Anglais, Vol. 5, Theodore Presser Company (Bryn Mawr, Pennsylvania), et Universal Edition, 1961, 121 p.

FORTE, ALLEN

1973 *The structure of Tonal Music*, New Haven, Yale University Press, 1973, 224 p.

FOURIER, JEAN BAPTISTE JOSEPH

1995 In “Los sonidos de la música”, John R. Pierce, première édition, trad. Andrés L. Richter, Barcelona, Prensa Científica, 1995, 241 p.

FROIDEVAUX, CHRISTINE, GAUDEL, MARIE-CLAUDE ET SORIA, MICHELE
1999 *Types de Données et Algorithmes*, Paris, McGraw-Hill, 1990, 577 p.

GLOBOKAR, VINKO

1975 “La musique en projet”, in *Cahiers Renauld-Barrault*, Paris, Gallimard, 1975, 211 p.

GONZALEZ-LIZASABA, OSWALDO

1997 *Analyse Formalisée de Erdenklavier pour piano solo de Luciano Berio : Essai d'une approche Ondulatoire*, Mémoire de DEA, Formation Doctorale «Musique et Musicologie du XX^e siècle», I.R.C.A.M., E.H.E.S.S., C.N.R.S., Paris, 1997, 169 p.

GRIBENSKI, ANDRÉ

1994 *L'audition*, Paris, PUF, 1951, 128 p.

GRIJALBO, JEAN

1977 *Enciclopedia de la música*, Barcelona, 6^{ème} édition, 3 tomes, 1977.

GRISEY, GERARD

1984 “La musique : Le devenir des sons”, in *Darmstädter Beiträge zur Neuen Musik*, vol. XIX, Mainz, 1984.

HEGEL, GEORG, W. FRIEDRICH

1976 *Esthétique*, 9^e édition, Paris, Presses Universitaires de France, 1953, 230 p.

JANKELEVITCH, VLADIMIR

1949 *Debussy et le Mystère*, Neuchatel, Éditions de la Baconnière, 1949, 152 p.

LERDAHL, FRED & JAKENDOFF, RAY

1983 *A generative Theory of tonal Music*, Cambridge, The MIT press, 1983, 368 p.

LESCHE, CARL

1971 “Weltanschauung, Science, Technologie et Art, in *Musique et Technologie*, Paris, La Revue Musicale, 1971, 208 p.

LE VOT, GERARD

1993, *Vocabulaire de la musique médiévale*, France, Minerve, 1993, 223 p.

LE MOIGNE, ALBERT & FOUCRIER, JEAN

2001 *Biologie du développement*, Paris, Dunod, 2001, 245 p.

LEE, ROBERT J.

1988 *Digital sound synthesis algorithms : A Tutorial Introduction and comparison of methods*, San Diego-Californie, University Microfilms International, 1988, 240 p.

LIGETI, GYÖRGY

1960 "Pierre Boulez, Decision and Automaticism in Structure 1a" in *Die Reihe*, trad. en Anglais, Vol. 4, Theodore Presser Company (Bryn Mawr, Pennsylvania), et Universal Edition, 1960, 80 p.

1985 *György Ligeti Compositeur d'aujourd'hui*, Paris, Minerve, 1985, 252 p.

LINDSAY, R. BRUCE

1973 *Acoustics: Historical and Philosophical Development*, USA, 1973, (Benchmark Papers in Acoustics, V1), Dowden, Hutchinson & Ross, 480pp. (1973).

MADERNA, BRUNO

1992 In "À l'Écoute des Compositeurs", Martine Cadieu, Paris, Minerve, 1992, 284 p.

MATRAS, JEAN-JACQUES

1987 *Le son*, 8e édition, Paris, Presses Universitaires de France, 1987, 126 p.

MESNAGE, MARCEL

1994 "Techniques de segmentation automatique en analyse musicale", in *Musurgia*, vol. 1 N° 1, France, 1994, 112 p.

MOLINO, JEAN

1975 *Fait musical et sémiologie de la musique*, France, 1975.

MONOD-HERZEN, EDOUARD

1956 *Principes de morphologie générale*, 2 tomes, 1956, 378 p.

NATIEZ, JEAN-JACQUES

1987 *Musicologie Générale et Sémiologie*, Paris, Christian Bourgois, 1987.

PIERCE, JOHN R.

1984 *Les sons de la musique*, Paris, Pour la science/Belin, 1984, 242 p.

1985 *Los sonidos de la música*, España, trad. Andrés Lewin R., Editorial Labor, 1985, 241 p.

PRIGOGINE, ILYA

1982 *Physique temps et devenir*, 2ème édition révisée, Paris, Masson, 1982, 275 p.

RAMEAU, JEAN PHILIPPE

1980 "In Musique Raisonnée", Kintzler Catherine, Malgoire Jean-Claude, Paris, Stock, 1980, 220 p.

RETI, RUDOLPH

1978 *Thematic Process in Music*, Connecticut, Greenwood Press, 1978, 362 p.

RISSET, JEAN-CLAUDE

1977 *Musical Acoustics*, Paris, Rapports IRCAM, 1987, 41 p.

1987 "Musica, calcolatore, ricerca. I Profili del suono", (Musique, Ordinateur, Recherche, trad. française de Risset), in *Musica Verticale/Galzerano*, Salerno, 1987.

1985 "Le compositeur et ses machines, de la recherche musicale", in *Musique Contemporaine, comment l'entendre?*, *Revue Esprit* N° 3, 1985, 128 p.

1995 "Recherches au-dessus de tout soupçon", in *Chercheurs ou Artistes?*, Entre Art et Science, ils rêvent le monde (N° 158), France, 1995, 231 p.

ROBERT

1996 *Le petit Robert*, Dictionnaires Le Robert (CD Rom), France, 1996.

ROBERTSON, ALEC & STEVENS DENIS

1972 *Historia general de la música*, Madrid, Ediciones Castilla, 1972, 480 p.

ROUSSEAU, JEAN-JACQUES

1995 *Œuvres complètes*, Paris, Gallimard, 1995, tome V, 1928 p., bibliothèque de la Pléiade.

RUWET, NICOLAS

1972 *Langage, musique, poésie*, Paris, Éditions du Seuil, 1972, 249 p.

SAUVEUR, JOSEPH

1701 "Système générale des intervalles du son" in *Mémoires de l'Académie générale des sciences*", Paris, 1701, réédition à Genève : Minkoff, 1973, 12 p.

SCHAEFFER, PIERRE

1966 *Traité des objets musicaux*, Paris, Seuil, 1966, 672 p.

SCHENKER, HEINRICH

1979a *Free Composition (Der freie Satz)*, trad. en anglais, New York, Longman, 1979, 166 p.

1979b *Free Composition (Der freie Satz)*, trad. en anglais, Suplement, Musical Examples, New York, Longman, 1979.

SCHÖNBERG, ARNOLD

1940 *Six petites pièces* pour piano, opus 19, London, Universal Edition N° UE 5069.

1977 *Le Style et L'idée*, trad. Christiane de Lisle, Paris, Buchet/Chastel, 1977, 389 p.

1962 In "Philosophie de la Nouvelle Musique", Adorno, Theodor W. trad. Hans Hildenbrand et Alex Lindenberg, Paris, Gallimard, 1962, 222 p.

SCHOPENHAUER, ARTHUR

1983 In "Teoría Estética", Theodor W. Adorno, trad. Fernando Riaza, Barcelona, Orbis, 1983, 346 p.

STEWART, IAN

1998 *La Nature et les Nombres*, trad. par Thiên Nga Lê, Paris, Hachette, 1998, 178 p.

STOĀANOVA, IVANKA

1985 *Luciano Berio*, Chemins en musique, Paris, Richard Massé éditions, 1985, 512 p.

STUCKENSCHMIDT, H. H

1960 *La música del siglo XX*, Madrid, Ediciones Guadarrama, 1960, 256 p.

STRAVINSKY, IGOR

1979 *Conversations with Robert Craft*, Faber, London, 1979, 140 p.

2000 *Poétique musicale, sous forme de six lessons*, édition établie, présentée et annotée par Myriam Soumagnac, Harmonique/Flammarion, France, 2000, 189 p.

TIPLER, PAUL A.

1977 *Física*, España, trad. J. Aguilar Peris, tome 2, Editorial Reverté, 1977, 1167 p.

THOM, RENÉ

1982 *La physique et les formes*, La pensée physique contemporaine, Moulidars, Éditions Augustin Fresnel, 1982.

1983 *Paraboles et Catastrophes*, Paris, Flammarion, 1983, 189 p.

1994 "Pour une théorie de la Morphogenèse", in *Les sciences de la forme aujourd'hui*, Paris, Editions du Seuil, 1994, 190 p.

VARÈSE, EDGARD

1966 *Intégrales*, for small Orchestra and percussion, New York, Colfran Music Publishing Corporation, 1966, 47 p.

VIVIER, ODILE

1983 *Varèse*, Paris, Solfèges/Seuil, 1983, 188 p.

WERCKMEINSTER, ANDREAS

1977 “In Enciclopèdia de la música”, Barcelona, Grijalbo, 1977, vol. 1, 371 p.

XENAKIS, IANNIS

1967 *Morsima - Amorsima*, quatuor pour violon, viloncelle, contrebasse et piano, London, Boosey & Hawkes, 1967, 28 p.

1976 *Musique Architecture*, Tournai, 1976, 238 p.

Bibliographie de référence

ABDULRAB, HABIB

1990 *De Common Lisp à la programmation objet*, Hermes, 1990.

BAILHACHE, PATRICE

2001 *Une histoire de l'acoustique musicale*, Paris, CNRS, 2001.

BAYLE, FRANÇOIS

1999 *Penser le son aujourd'hui*, Ars Sonora, no 9, Paris, Ars Sonora/CDMC, 1999.

2000 *Principes d'acousmatique*, Musique du XXe siècle, Cologne, 2000.

BOUASSE, H

1987 *Acoustique générale*, Paris, Blanchard, 1987.

COLLECTIF

1981 *Musique en tête*, actes du Colloque sur la Psychopédagogie de la musique, Issy-les-Moulineaux, Éditions scientifiques et pédagogiques, 1981, 196 p.

COUPRIE, PIERRE

2001 *Un modèle pour l'analyse des musiques électroacoustiques*, Journées d'Informatique Musicale, Bourges, IMEB, 2001.

2004 *La place de l'informatique et du multimédia dans l'analyse des musiques électroacoustiques*, Musiques Arts Technologies pour une approche critique, Paris, L'Harmattan, 2004.

2004 *Des outils pour l'analyse de la musique électroacoustique*, Analyse et contextualisation, Paris, OMF, 2004.

CHOUVEL, JEAN-MARC

2006 *Analyse musicale, sémiologie et cognition des formes temporelles*, Paris, L'Harmattan, 2006, 311 p.

CRITON, PASCALE

2005 *Mutation and Processuality in the Musical Thought of Horacio Vaggione*, Contemporary Music Review, Vol. 24, No. 4/5, London, Routledge, 2005.

DONVAL, SERGE

2006 *Histoire de l'acoustique musicale*, Courlay, Fuzeau, 2006.

DUFOURT, HUGUES

1991 *Musique, pouvoir, écriture*, Paris, Christian Bourgois, 1991.

FELLOT, DOMINIQUE

2007 *Précis d'électro-acoustique*, Les Ulis, Edp Sciences, 2007.

FLETCHER, H.

1940 *Auditory Patterns*, Rev. Mod. Phys, Numéro 12, 1940.

GREEN, M. B., SCHWARZ, J. H., WITTEN, E.

1987 *Superstring Theory*, Cambridge University Press, 1987.

GREY, J. M.

1977 *Multidimensional perceptual scaling of musical timbres*, Journal of Acoustical Society of America, vol. 61, numéro 5, 1977.

HELMHOLTZ, H.

1985 *On the sensations of tone*, trad. A. J. Ellis, New York, Dover, 1985.

KIRITSIS, E.

1998 *Introduction to Superstring Theory*, Leuven Univ. Press, (Leuven Notes in Mathematical and Theoretical Physics, Vol. 9), 1998.

LANDY, LEIGH

2007a *Understanding the Art of Sound Organization*, Cambridge, Mass., MIT Press, XiV, 2007, 303 p.

2007b *La musique des sons*, Paris, Sorbonne MINT/OMF, 2007.

LIGETI, GYÖRGY

1966 *Über Form in der Neuen Musik*, in *Écrits*, Pierre Michel, Paris, Christian Bourgois, 1966.

LUST, D. & THEISEN, S.

1989 *Lectures on String Theory*, Springer-Verlag, (Lecture Notes in Physics, 346), 1989.

McADAMS, STEPHEN

1986 *Fusion spectrale et la création d'images auditives*, Paris, Rapports Ircam numéro 40, 1986.

McADAMS, STEPHEN & DELIEGE, I.

1989 *La musique et les sciences cognitives*, Bruxelles, Madarga, 1989.

MALHERBE, CLAUDY

1989 *L'enjeu spectral*, *Entretemps*, numéro 8, 1989.

MIEREANU COSTIN

1995 *Fuite et conquête du champ musical*, Paris, Méridiens Klincksieck, 1995.

NATTIEZ, JEAN-JACQUES

2006 *Musiques, une Encyclopédie pour le XXIème siècle*, vol 1 à 4, Musiques du XXème siècle, Paris, Actes Sud/Cité de la Musique, 2006.

NYMAN, MICHAEL

2005 *Experimental music : Cage et au-delà*, Paris, Allia, 2005.

PATTON, KEVIN

2007 *Morphological notation for interactive electroacoustic music*, Organised Sound, Vol. 12, No. 2, Cambridge, Cambridge University Press, 2007.

POLCHINSKI, J.

1998 *String Theory*, Cambridge University Press, 1998.

POUR LA SCIENCE (numéro spécial)

2008 *Sons et musique : de l'art à la science*, 2008.

POUSSEUR, HENRI

1972 *Musique Sémantique Société*, Tournai (Belgique), Casterman, 1972, 150 p.

PRIGOGINE, ILYA

1994 *Les lois du Chaos*, Mayenne (France), Flammarion, 1994, 125 p.

REICH, STEVE

1993 *Écrits et entretiens sur la musique*, Paris, Christian Bourgois, 1993.

RISSET, JEAN-CLAUDE

1985 *Musique et perception, Quoi? Quand? Comment? La recherche musicale*, Paris, IRCAM/Christian Bourgois, 1985.

1986 *Timbre et synthèse des sons*, L'analyse musicale, No. 3, Paris, ADAM/SFAM, 1986.

1991 *Le timbre, métaphore pour la composition*. Paris, IRCAM/Christian Bourgois, 1991.

1996 *Problems of Analysis and Computer Music*, Bourges Academy, Analysis in Electroacoustic Music, Bourges, Acteon-Mnemosyne, 1996.

1999 *Pierre Schaeffer : recherche et création musicales et radiophoniques*, Ouïr, entendre, écouter, comprendre après Schaeffer, Paris, INA-GRM/Buchet-Chastel, 1999.

2001 *Problèmes posés par l'analyse d'œuvres musicales dont la réalisation fait appel à l'informatique*, Analyse et création musicales, Actes du Troisième Congrès Européen d'Analyse Musicale de Montpellier, Paris, L'Harmattan/SFAM, 2001.

2004 *The liberation of sound, art-science and the digital domain: contacts with Edgard Varèse*, Contemporary Music Review, Vol. 23, no. 2, London, Routledge, 2004.

2005 *Horacio Vaggione: Towards a Syntax of Sound*, Contemporary Music Review, Vol. 24, No. 4/5, London, Routledge, 2005.

2005 *Sur l'impact de l'œuvre scientifique, technique et musicale de John Chowning*, John Chowning, Portraits Polychromes, Paris, INA-GRM/CDMC, 2005.

WOLFRAM, STEPHEN

2002 *A new kind of science*, Winnipeg, Wolfram Media Inc, 2002, 1197 p.

YOUNG, JOHN

2004 *Sound Morphology and the Articulation of Structure in Electroacoustic Music*, Organised Sound, Vol 9, no. 1, Cambridge, Cambridge University Press, 2004.

Titre : L'analyse ondulatoire : *une approche morphologique de l'analyse musicale.*

Résumé : La méthode d'analyse ondulatoire est un outil d'analyse qui vise à l'étude des œuvres musicales d'un point de vue strictement morphologique. La thèse propose une notion de la musique fondée exclusivement sur le son en tant que réalité acoustique et phénoménologique propre de la musique. Nous définissons donc la musique comme : *un processus ondulatoire produit et perçu dans le temps*. L'œuvre musicale étant exécutée, c'est-à-dire, devenue signal sonore, est conçue dans sa globalité comme un son unique très complexe dont la structure temporelle, timbrique et fréquentielle change constamment dans le temps. Ce signal sonore, ou son unique, est étudié et transcrit grâce à l'analyse, en une trajectoire ondulatoire, donc en un objet morphologique visualisable global. L'origine de cette trajectoire ondulatoire est observable dans le sonagramme que dégage le morceau analysé. À l'intérieur de la méthode d'analyse, la notion d'*ondulation*, notion indissociable du phénomène sonore, constitue le paradigme par excellence de la pensée musicale ondulatoire. La morphologie musicale est désormais en étroite relation avec cette notion d'ondulation. Tous les paramètres importants de l'œuvre musicale sont transcrits en structures ondulatoires, lesquelles sont analysées et postérieurement accouplées aux modèles du morceau proposé. À ce stage, nous avons une représentation adéquate de la morphologie, de la forme précise de l'œuvre analysée. La thèse est articulée en deux modules qui conforment la structure conceptuelle de la méthode d'analyse musicale ondulatoire, à savoir, une théorie et une méthode d'analyse. Des résultats de l'application de la méthode d'analyse ondulatoire sont présentés.

Mots-clés : Musique, analyse, morphologie, algorithme, ondulation, trajectoire, segmentation, modèle.

Title: The undulatory analysis: *A morphological approach to musical analysis.*

Abstract: The undulatory analysis method is an analytical tool for the study of music works from a morphological standpoint. The thesis proposes a concept of music based solely on the sound as a fundamental music entity. The music is defined as: *an undulatory process produced and perceived in time*. The music work being performed, that is to say, become an acoustic signal, is considered in its entirety as a single very complex sound, in which its temporal, frequency and timbral structures changes constantly over time. This signal, the piece of music, is studied and transcribed through the analysis, as an *undulatory trajectory*, therefore, viewable as a morphological overall object. The origin of this undulatory trajectory is perfectly observable in the sonogram produced by the piece being analyzed. Within the undulatory analysis, the *undulation* concept, which is an inseparable notion of sound phenomenon, is the paradigm – par excellence – of the undulatory musical thinking. Musical morphology is now in close relationship with the concept of undulation. All the important parameters of the musical work are transcribed into wave structures, then, they are analyzed and subsequently coupled to the models of the proposed piece of music. At this stage, we have an adequate representation of the morphology, the precise form of the piece analysed. The thesis is articulated in two modules that conform the conceptual structure of the undulatory music analysis method, namely, a theory and an analysis method.

The results of applying the undulatory analysis method are presented.

Keywords: Music, analysis, morphology, algorithm, undulation, trajectory, segmentation, model.

DISCIPLINE-SPÉCIALITÉ DOCTORALE

Arts et Sciences de l'Art (option : Esthétique-Musique)

INTITULÉ et ADRESSE DE L'ÉCOLE DOCTORALE

École Doctorale Université Paris I ED 279 IDEAT UMUR 8153

Centre Saint CHARLES, 47-53, Rue des Bergers, 75015 PARIS