

Formation ATIAM

Acoustique Traitement du Signal Informatique Appliqués à la Musique Parcours
multi-mentions du Master (M2) Sciences et Technologies de l'Université Pierre et
Marie Curie (Paris 6)



UE Musique et Sciences depuis 1945

Musique algorithmique

2008-2009

Moreno Andreatta

Equipe Représentations Musicales
IRCAM/CNRS UMR 9912



Gerhard Nierhaus: *Algorithmic Composition. Paradigms of Automated Music Generation*, Springer 2009

- 1 Introduction
- 2 Historical Development of Algorithmic Procedures
- 3 Markov Models
- 4 Generative Grammars
- 5 Transition Networks
- 6 Chaos and Self-Similarity
- 7 Genetic Algorithms
- 8 Cellular Automata
- 9 Artificial Neural Networks
- 10 Artificial Intelligence
- 11 Final Synopsis
 - 11.1 Algorithmic composition as a genuine method of composition
 - 11.2 The dominance of style imitation in algorithmic composition
 - 11.3 Origins and characteristics of the treated procedures
 - 11.4 Strategies of encoding, representation and musical mapping
 - 11.5 The evaluation of generated material
 - 11.6 Limits of algorithmic composition
 - 11.7 Transpersonalization and systems of “universal” validity
 - 11.8 Concluding remark



« Procédés algorithmiques » versus « musique algorithmique »

Minuet

Musical score for Minuet in G major, K. 541 by Wolfgang Amadeus Mozart. The score is presented in a large frame and consists of four systems of two staves each (treble and bass clef). Measure numbers are indicated below the notes: M0, M4, M14, M3, M28, M37, M106, M100, M35, M139, M150, M29, M137, M115, M44, M93, M5, M139, M150, M29, M137, M115, M44, M93, M137, M115, M44, M93.

Here is your piece...

Your piece is composed of the following measures:

MINUET:

3 84 114 53 28 37 106 100 35 139 150 29 137 115 44 93

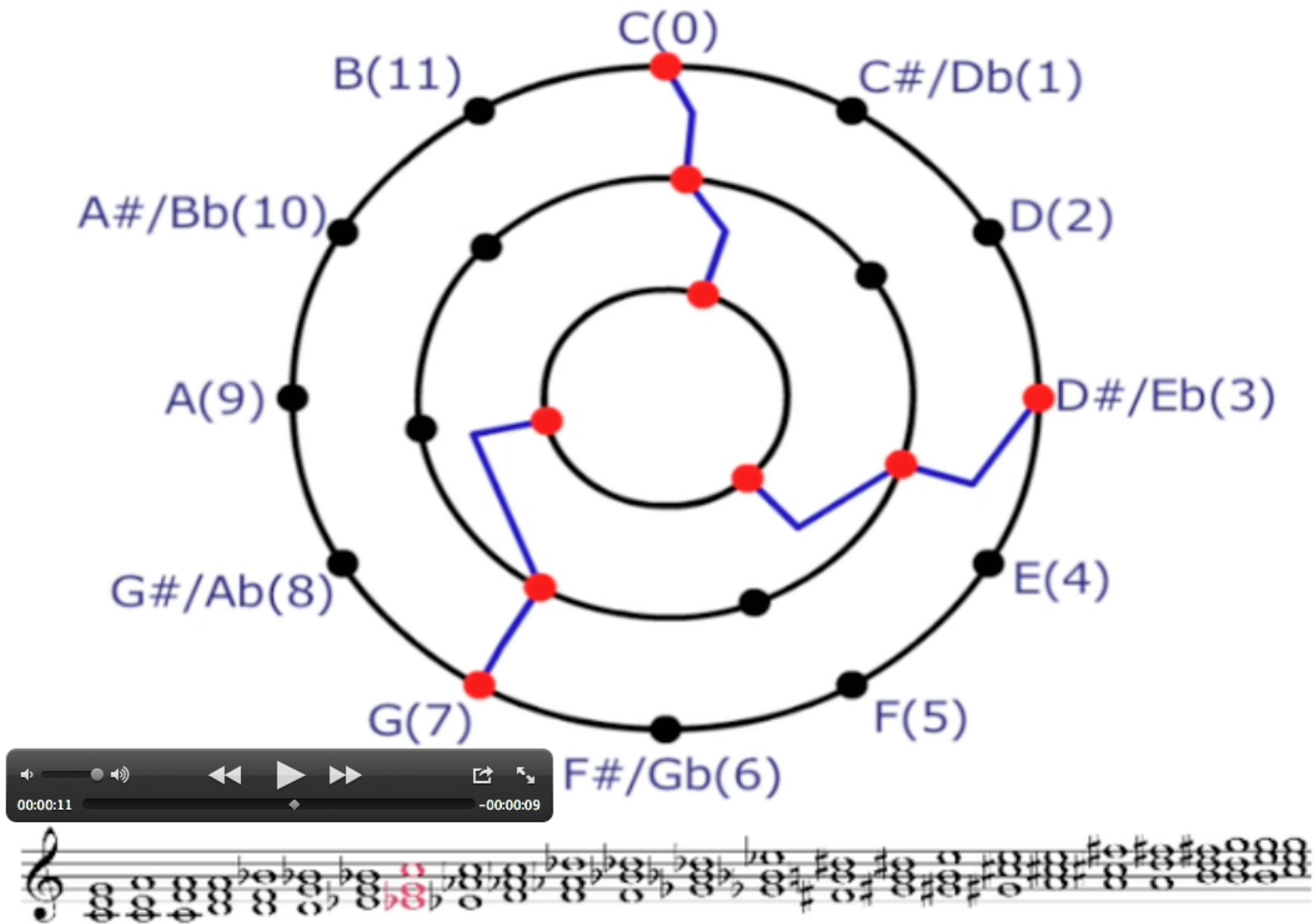
TRIO:

18 3 16 68 4 27 52 80 11 20 93 48 12 23 78 21



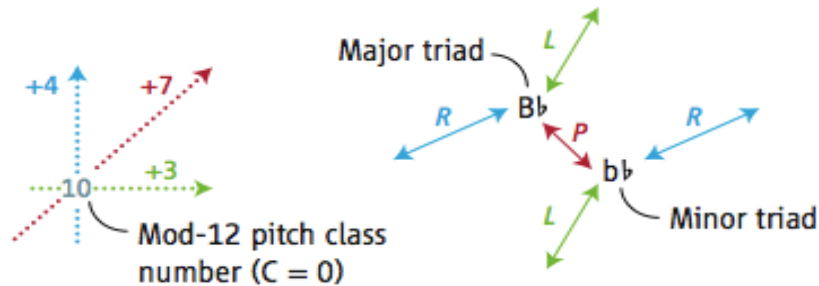
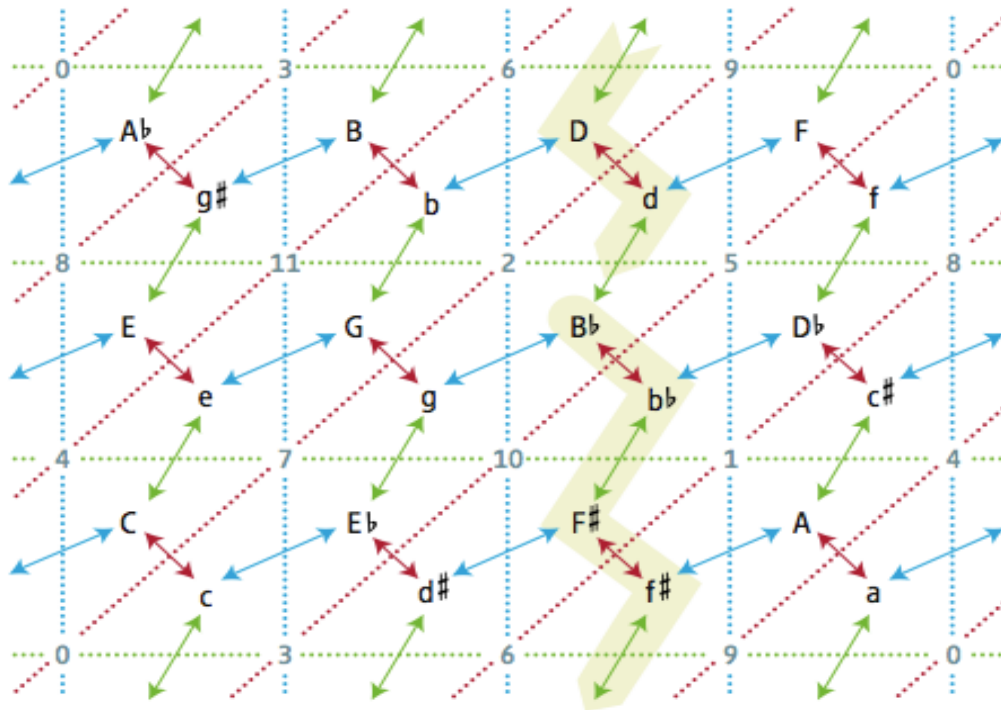
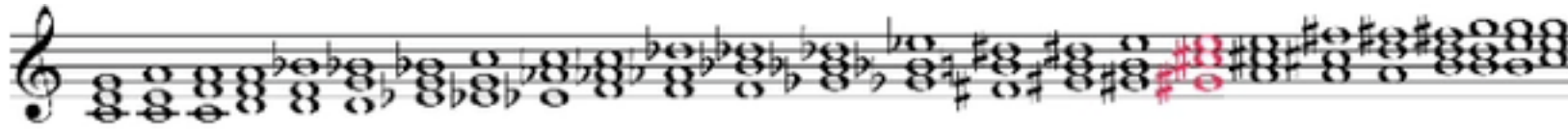
(<http://sunsite.univie.ac.at/Mozart/dice/>)

Beethoven's 9th Symphony
Mvmt. 2, mm. 143-176

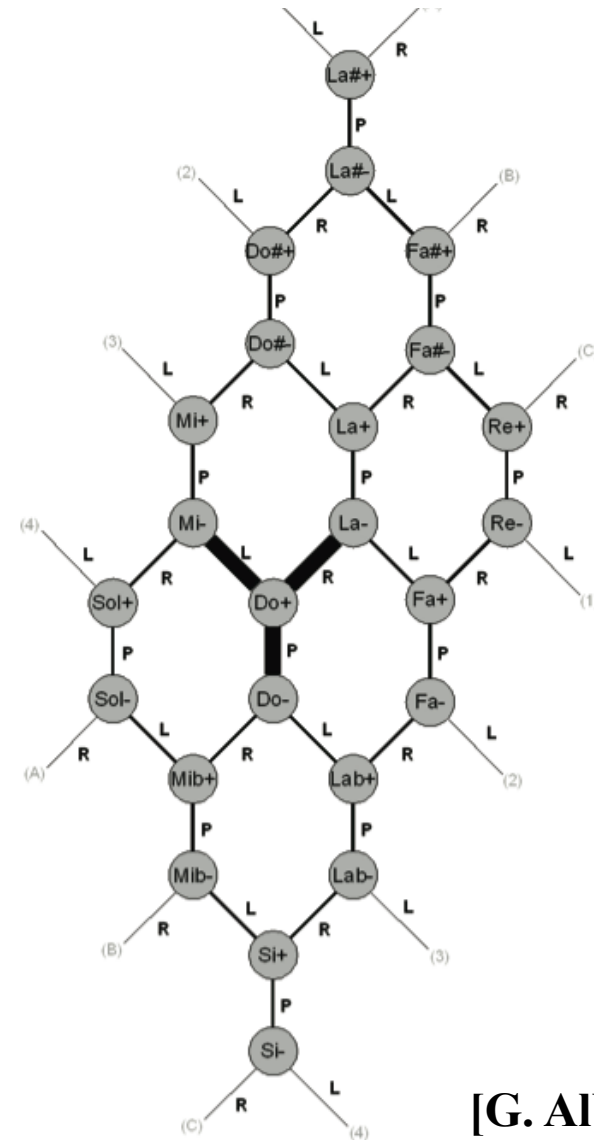


Cf. Jack Douthett, “Filtered Point-Symmetry and Dynamical Voice-Leading”, dans *Music Theory and Mathematics. Chords, Collections, and Transformations*, edited by J. Douthett, M. M. Hyde, C. J. Smith, URP, 2008.

Le Tonnetz d'Oettingen/Riemann

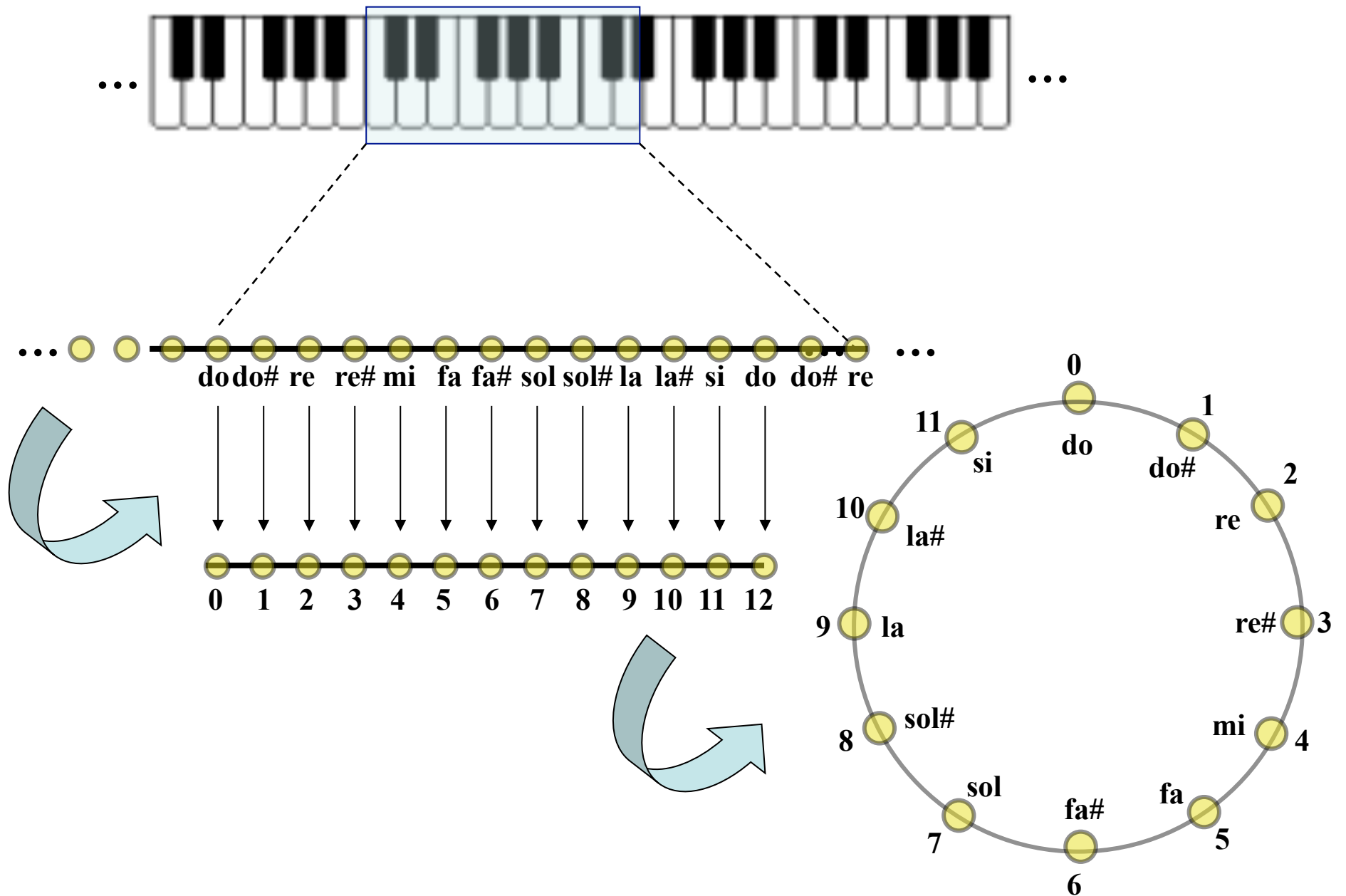


[J. Hook 06]

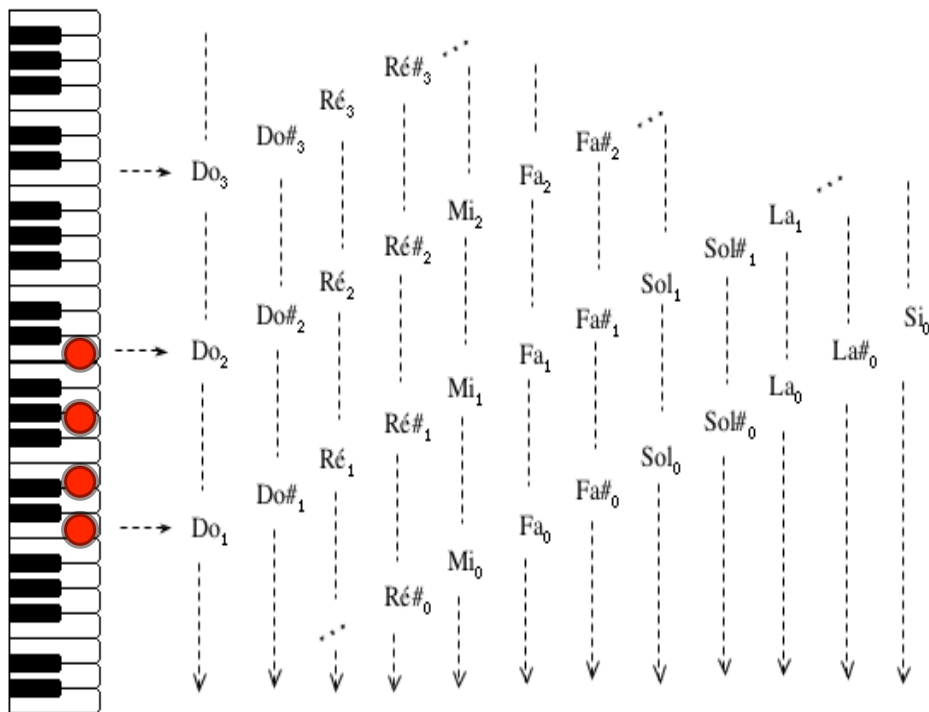


[G. Albin 08]

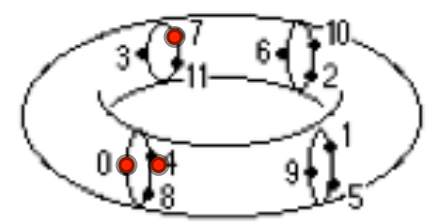
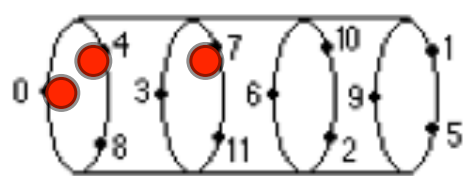
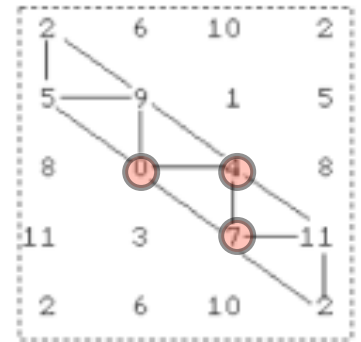
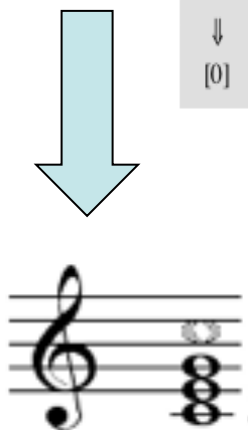
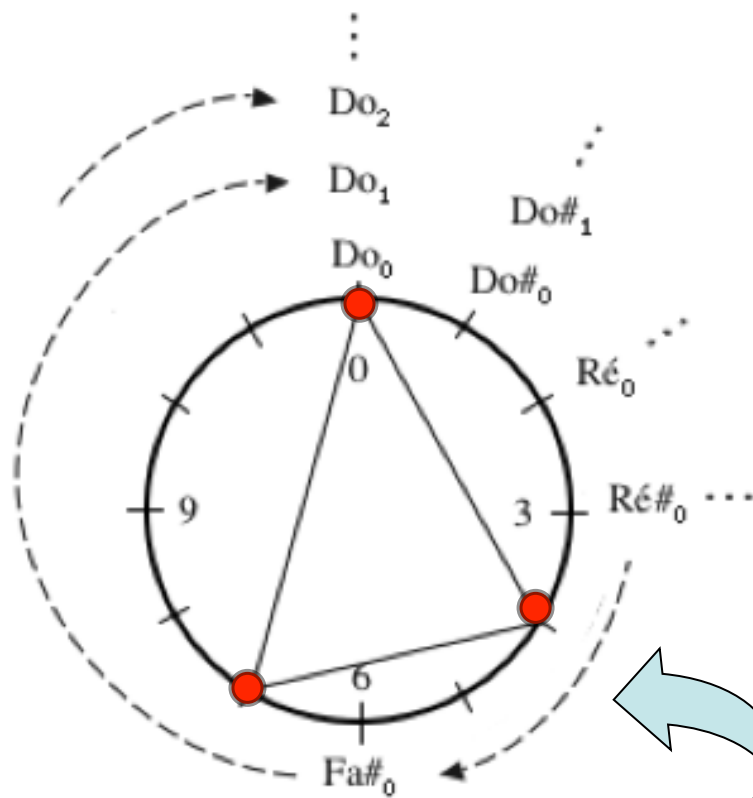
Reduction à l'octave et congruence modulo 12



Reduction à l'octave et congruence modulo 12



Do	Do#	Ré	Ré#	Mi	Fa	Fa#	Sol	Sol#	La	La#	Si
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
[0]	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]



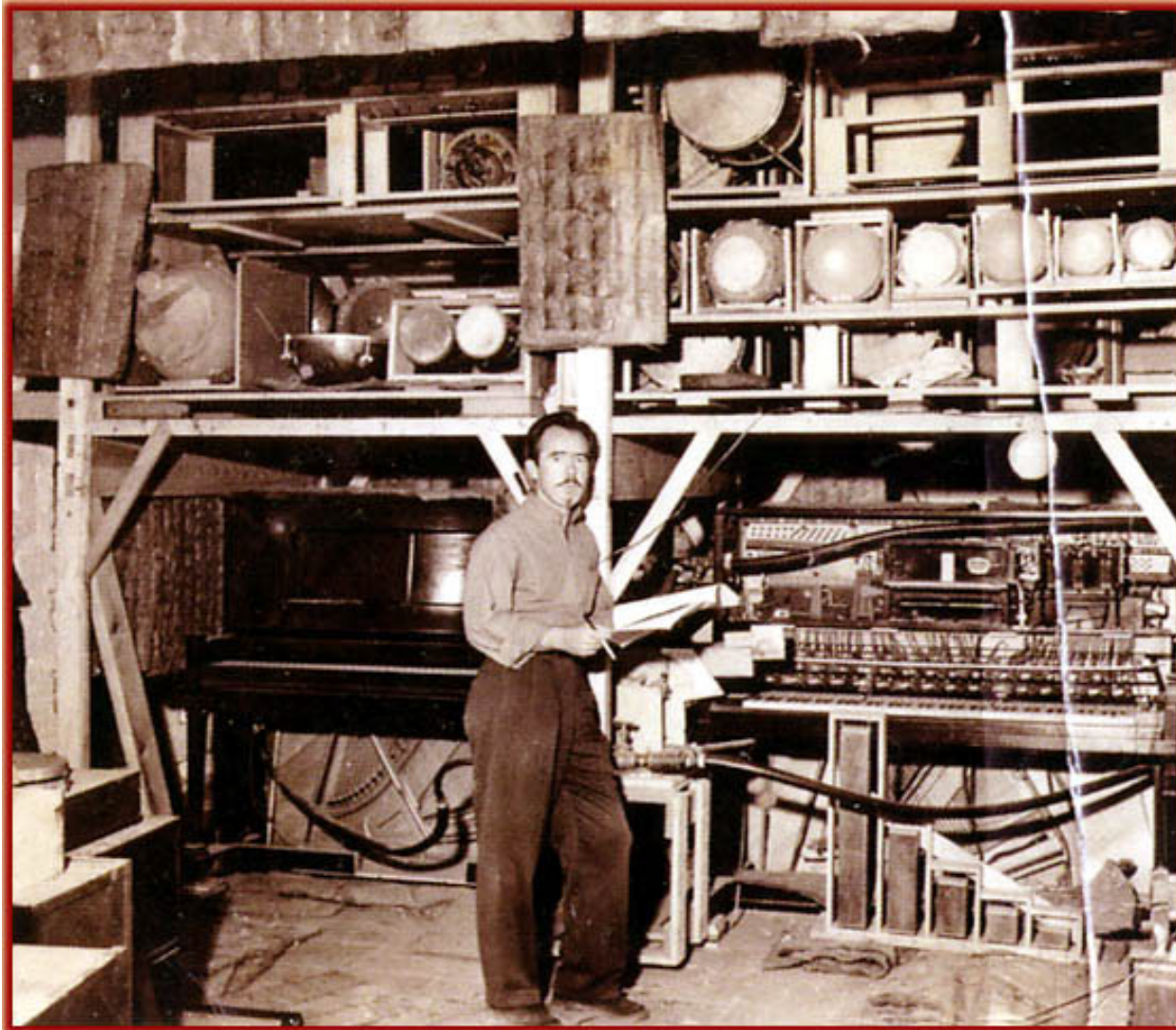
Recherche des cycles hamiltoniens dans le *Tonnetz*

C e G b D # A c# E g# B d# F# a# C# f G# c D# q A# d F a #41	#41	L R L R L R L R L R L R L R L R L R L R L R L R L R L R
C e E g# G# c D# g G b B d# F# a# A# d D # A c# C# f F a #62	#62	L P L P L R L P L P L R L P L P L R L P L P L R
C c G# f C# c# A a F d A# a# F# # D b G g D# d# B g# E e #13	#13	P L R L P L P L R L P L P L R L P L P L R L P L
C c G# g# E c# A a F f C# a# F# # D d A# g D# d# B b G e #4	#4	P L P L R L P L P L R L P L P L R L P L P L R L
C e E g# G# c D# d# B b G g A# a# F# # D d F f C# c# A a #58	#58	L P L P L R P L P L P R P L P L P R P L P L P R
C c D# g G b B d# F# # D d A# a# C# c# A a F f G# g# E e #19	#19	P R L P L P L R P L P L P R P L P L P R P L P L
C c G# g# B d# D# g G b D d A# a# F# # A a F f C# c# E e #7	#7	P L P R L P L P L R P L P L P R P L P L P R P L
C c G# g# E e G b B d# D# g A# a# F# # D d F f C# c# A a #27	#27	P L P L P R L P L P L R P L P L P R P L P L P R
C c D# d# B b G g A# d D # g A# C# c# A a F f G# g# E e #21	#21	P R P L P L P R L P L P L R P L P L P R P L P L
C c G# g# B b G g D# d# F# a# A# d D # A a F f C# c# E e #8	#8	P L P R P L P L P R L P L P L R P L P L P R P L
C c D# d# B b G g A# a# F# # D d F a A c# C# f G# g# E e #22	#30	P L P L P R P L P L P R L P L P L R P L P L P R
C c G# g# B b G g D# d# F# # D d A# a# C# f F a A c# E e #10	#22	P R P L P L P R P L P L P R L P L P L R P L P L
C c G# g# E e G g D# d# B b D d A# a# F# # A c# C# f F a #31	#10	P L P R P L P L P R P L P L P R L P L P L R P L
C c G# f F a A c# C# a# A# d D # F# d# D# g G b B g# E e #9	#31	P L P L P R P L P L P R P L P L P R L P L P L R
C c G# g# E c# C# f F a A # F# a# A# d D b B d# D# g G e #6	#9	P L R P L P L P R P L P L P R P L P L P R L P L
C c D# d# F# # A c# E e G g A# a# C# f G# g# B b D d F a #33	#6	P L P L R P L P L P R P L P L P R P L P L P R L
C e G g A# a# C# c# E g# B b D d F f G# c D# d# F# # A a #44	#33	P R P R P R L R P R P R P R L R P R P R P R L R
C c D# g A# a# C# c# E e G b D d F f G# g# B d# F# # A a #40	#44	L R P R P R P R L R P R P R P R L R P R P R P R
C c D# d# F# a# C# c# E e G g A# d F f G# g# B b D # A a #38	#40	P R L R P R P R P R L R P R P R P R L R P R P R
C c D# d# F# a# C# f G# g# B b D # A c# E e G g A# d F a #34	#38	P R P R L R P R P R P R L R P R P R P R L R P R
C e G g A# a# C# f G# c D# d# F# # A c# E g# B b D d F a #42	#34	P R P R L R L R P R P R L R L R P R P R L R L R
C e G b D d F f G# c D# g A# a# C# c# E g# B d# F# # A a #43	#42	L R P R P R L R L R P R P R L R L R P R P R L R
C c D# g A# d F f G# g# B d# F# a# C# c# E e G b D # A a #39	#43	L R L R P R P R L R L R P R P R L R L R P R P R
C e G b B d# F# a# A# g D# c G# g# E c# C# f F d D # A a #50	#39	P R L R L R P R P R L R L R P R P R L R L R P R
C c D# g A# d D # A c# C# a# F# d# B b G e E g# G# f F a #37	#50	L R L P L R L P R L R L P L R P L P R P L P R P R
C c G# f F d A# g D# d# B g# E e G b D # F# a# C# c# A a #25	#37	P R L R L P L R L P R L R L P L R P L P R P L R
C c D# d# B g# G# f C# a# F# # D b G g A# d F a A c# E e #16	#25	P L R P R L R L P L R L P R L R L P L R P L P R
C c G# g# B b G e E c# A # D d A# g D# d# F# a# C# f F a #23	#16	P R P L R P R L R L P L R L P R L R L P L R P L
C c G# f F a A # F# a# C# c# E g# B d# D# g A# d D b G e #1	#23	P L P R P L R P R L R L P L R L P R L R L P L R
C e E g# B b G g A# a# F# d# D# c G# f C# c# A # D d F a #59	#1	P L R P L P R P L R P R L R L P L R L P R L R L
C e G b B d# F# # D d F f C# a# A# g D# c G# g# E c# A a #48	#59	L P L R P L P R P L R P R L R L P L R L P R L R
C c D# g A# d D # A a F f G# g# E c# C# a# F# d# B b G e #18	#48	L R L P L R P L P R P L R P R L R L P L R L P R
C e E c# A # D d A# g G b B g# G# c D# d# F# a# C# f F a #60	#18	P R L R L P L R P L P R P L R P R L R L P L R L
C c G# f C# c# E g# B d# D# g A# a# F# # A a F d D b G e #2	#60	L P R L R L P L R P L P R P L R P R L R L P L R
	#2	P L R L P R L R L P L R P L P R P L R P R L R L

[Albini 08]

Musique « automatique » mais pas algorithmique

Pièces pour piano mécanique de Conlon Nancarrow



Study n° 1



Study n° 7



Olivier Messiaen et les canons rythmiques

Three staves of musical notation for *Harawi* (1945). The top two staves are in treble clef and the bottom staff is in bass clef. The tempo is marked $\text{♩} = 40$. The music features complex rhythmic patterns and dense harmonic textures.

Harawi (1945)

Three staves of musical notation for *Visions de l'Amen* (1943). The top two staves are in treble clef and the bottom staff is in bass clef. The time signature is 2/4. The music features complex rhythmic patterns and dense harmonic textures.

Visions de l'Amen (1943)

A diagram illustrating a rhythmic model. It consists of three staves of musical notation. The top staff has blue dots on the notes. The middle staff has blue dots on the notes. The bottom staff has black dots on the notes. Below the staves, there are three groups of notes with brackets and numbers above them: $\overbrace{3 \ 5 \ 8}^{\quad}$, $\overbrace{5 \ 3 \ 4 \ 3 \ 7}^{\quad}$, and $\overbrace{3 \ 4 \ 2 \ 2 \ 3 \ 5 \ 3 \ 2 \ 2}^{\quad}$. Below these groups, there are three groups of notes with brackets and a plus sign below them: $\overbrace{\text{note} \ \text{note} \ \text{note}}^{+}$, $\overbrace{\text{note} \ \text{note} \ \text{note} \ \text{note}}^{+}$, and $\overbrace{\text{note} \ \text{note} \ \text{note} \ \text{note} \ \text{note} \ \text{note}}^{+}$.

Modèle
rythmique



« ...il résulte de tout cela que les différentes sonorités se mélangent ou s'opposent de manières très diverses, **jamais au même moment ni au même endroit [...]. C'est du désordre organisé** »

« Sérialisme intégrale » chez Messiaen...

- Mode de valeurs et d'intensités (1950)

Ce morceau utilise un mode de hauteurs (36 sons), de valeurs (24 durées), d'attaques (12 attaques), et d'intensités (7 nuances). Il est entièrement écrit dans le mode.

Attaques: > 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
(avec l'attaque normale, sans signe, cela fait 12.)

Intensités: *ppp pp p mf f ff fff*
1 2 3 4 5 6 7

Sons: Le mode se partage en 3 Divisions ou ensembles mélodiques de 12 sons, s'étendant chacun sur plusieurs octaves, et croisés entre eux. Tous les sons de même nom sont différents comme hauteur, comme valeur, et comme intensité.

Valeurs:

Division I: durées chromatiques de 1 à 12 (etc.)

Division II: durées chromatiques de 1 à 12 (etc.)

Division III: durées chromatiques de 1 à 12 (etc.)

Au total 24 durées: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13... 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24



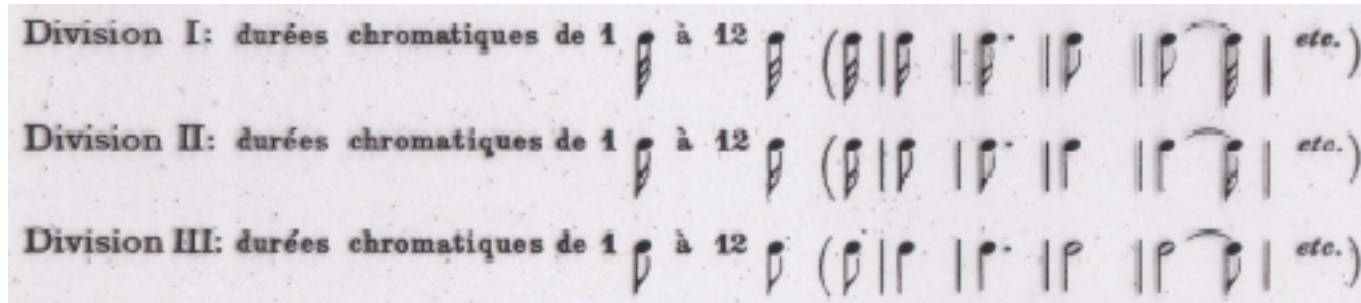
« Sérialisme intégrale » chez Messiaen...

- Mode de valeurs et d'intensités (1950)

Division I: durées chromatiques de 1 à 12 (etc.)

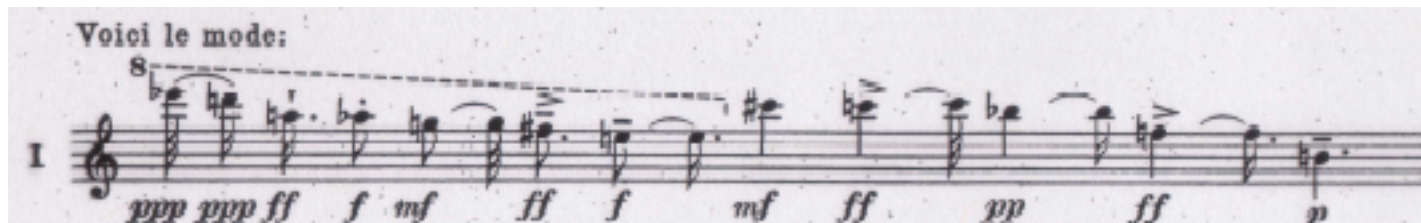
Division II: durées chromatiques de 1 à 12 (etc.)

Division III: durées chromatiques de 1 à 12 (etc.)



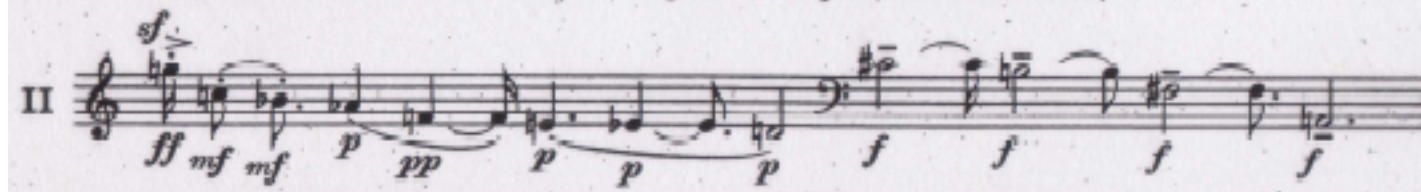
Voici le mode:

I



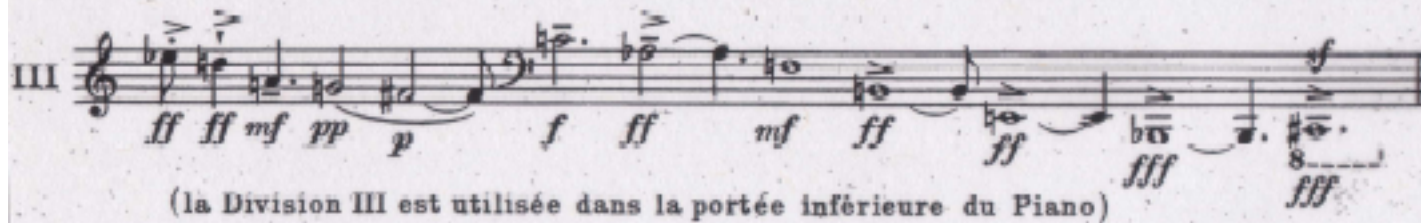
(la Division I est utilisée dans la portée supérieure du Piano)

II



(la Division II est utilisée dans la portée médiane du Piano)

III



(la Division III est utilisée dans la portée inférieure du Piano)

...et « combinatorialité » d'hexacordes

- Mode de valeurs et d'intensités (1950)

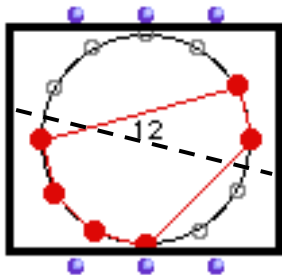
Modéré

PIANO

Voici le mode:

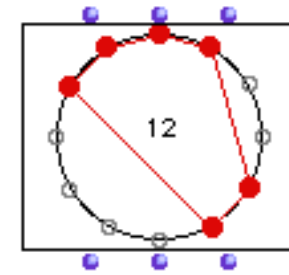
I

(la Division I est utilisée dans la portée supérieure du Piano)

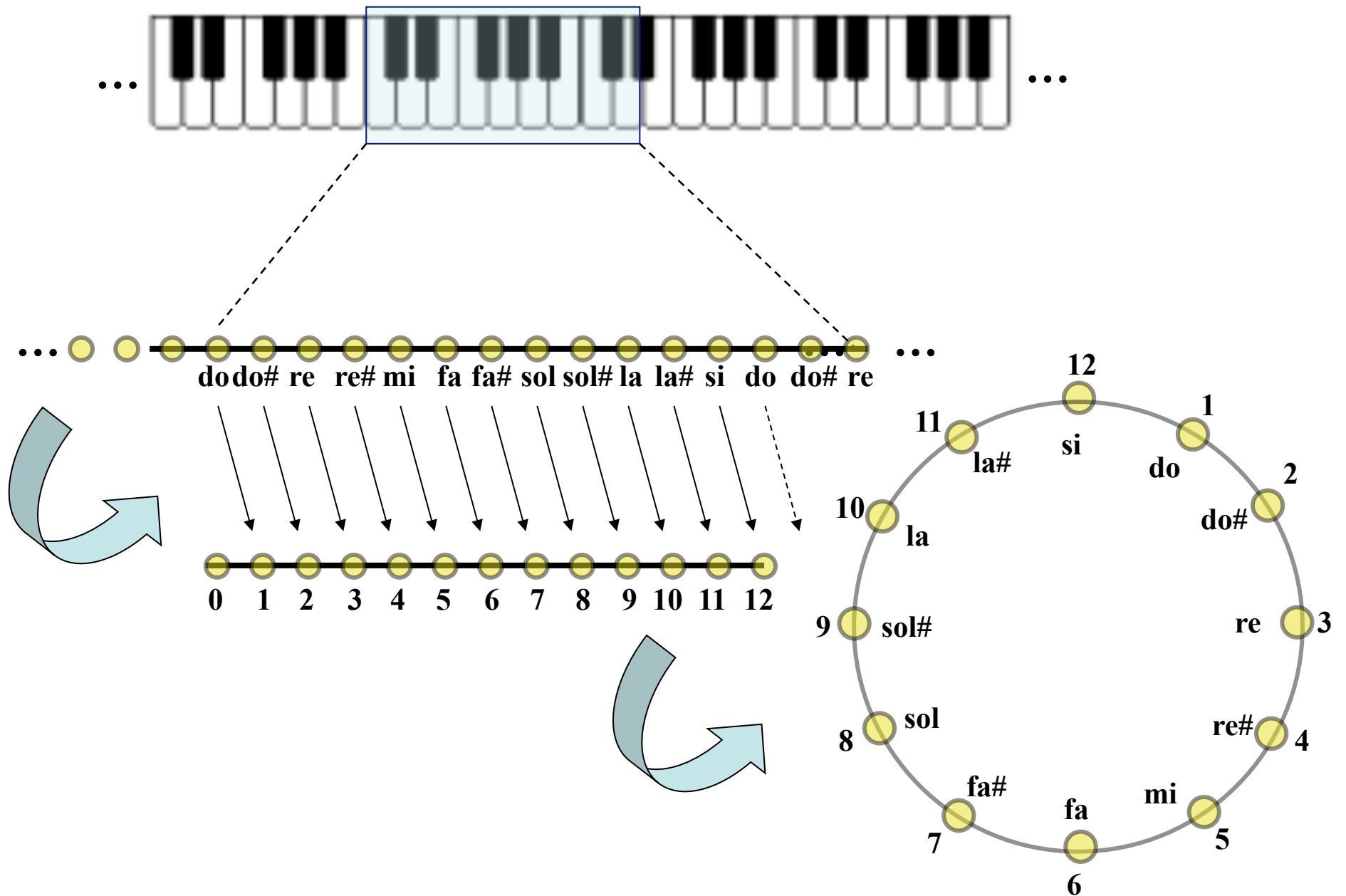


$$\{3,2,9,8,7,6\} \longrightarrow \{4,5,10,11,0,1\}$$

$$T_7I : x \rightarrow 7-x$$



Reduction à l'octave *sans* congruence modulo 12



Procédés algorithmiques dans le sérialisme intégrale

- *Structures 1a* pour deux piano de Boulez (1952/1961)

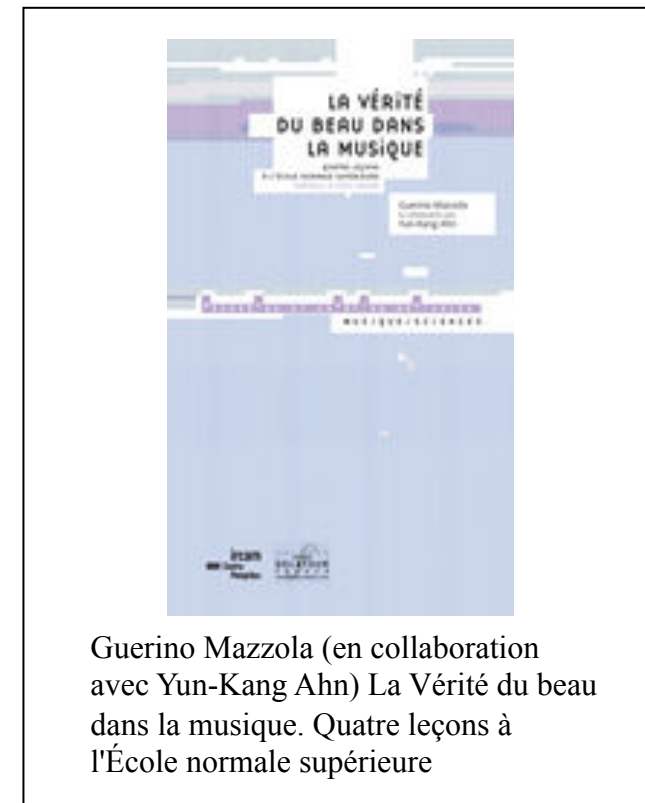
S												I											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	7	3	10	12	9	2	11	6	4	8	5
2	8	4	5	6	11	1	9	12	3	7	10	7	11	10	12	9	8	1	6	5	3	2	4
3	4	1	2	8	9	10	5	6	7	12	11	3	10	1	7	11	6	4	12	9	2	5	8
4	5	2	8	9	12	3	6	11	1	10	7	10	12	7	11	6	5	3	9	8	1	4	2
5	6	8	9	12	10	4	11	7	2	3	1	12	9	11	6	5	4	10	8	2	7	3	1
6	11	9	12	10	3	5	7	1	8	4	2	9	8	6	5	4	3	12	2	1	11	10	7
7	1	10	3	4	5	11	2	8	12	6	9	2	1	4	3	10	12	8	7	11	5	9	6
8	9	5	6	11	7	2	12	10	4	1	3	11	6	12	9	8	2	7	5	4	10	1	3
9	12	6	11	7	1	8	10	3	5	2	4	6	5	9	8	2	1	11	4	3	12	7	10
10	3	7	1	2	8	12	4	5	11	9	6	4	3	2	1	7	11	5	10	12	8	6	9
11	7	12	10	3	4	6	1	2	9	5	8	8	2	5	4	3	10	9	1	7	6	12	11
12	10	11	7	1	2	9	3	4	6	8	5	5	4	8	2	1	7	6	3	10	9	11	12



FIGURE 4.3 – Les matrices S et I servant de base à la composition de Boulez.



FIGURE 4.4 – Les trois premières lignes de la matrice S détaillées.



Guerino Mazzola (en collaboration avec Yun-Kang Ahn) *La Vérité du beau dans la musique. Quatre leçons à l'École normale supérieure*

- G. Ligeti, « Pierre Boulez. Decision and automatism in Structure 1a », *Die Reihe*, vol. IV, pp. 36~62, 1959
- Y.- Kang Ahn, « L'analyse musicale computationnelle », thèse, Paris 6/Ircam, 2009

Procédés algorithmiques dans le sérialisme intégrale

- *Structures 1a* pour deux piano de Boulez (1952/1961)

S												I											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	7	3	10	12	9	2	11	6	4	8	5
2	8	4	5	6	11	1	9	12	3	7	10	7	11	10	12	9	8	1	6	5	3	2	4
3	4	1	2	8	9	10	5	6	7	12	11	3	10	1	7	11	6	4	12	9	2	5	8
4	5	2	8	9	12	3	6	11	1	10	7	10	12	7	11	6	5	3	9	8	1	4	2
5	6	8	9	12	10	4	11	7	2	3	1	12	9	11	6	5	4	10	8	2	7	3	1
6	11	9	12	10	3	5	7	1	8	4	2	9	8	6	5	4	3	12	2	1	11	10	7
7	1	10	3	4	5	11	2	8	12	6	9	2	1	4	3	10	12	8	7	11	5	9	6
8	9	5	6	11	7	2	12	10	4	1	3	11	6	12	9	8	2	7	5	4	10	1	3
9	12	6	11	7	1	8	10	3	5	2	4	6	5	9	8	2	1	11	4	3	12	7	10
10	3	7	1	2	8	12	4	5	11	9	6	4	3	2	1	7	11	5	10	12	8	6	9
11	7	12	10	3	4	6	1	2	9	5	8	8	2	5	4	3	10	9	1	7	6	12	11
12	10	11	7	1	2	9	3	4	6	8	5	5	4	8	2	1	7	6	3	10	9	11	12

FIGURE 4.3 – Les matrices S et I servant de base à la composition de Boulez.



FIGURE 4.4 – Les trois premières lignes de la matrice S détaillées.

« Rétrospectivement, je ne considère plus cette pièce comme représentative de l'œuvre de Boulez, ni même pour la conception sérielle, mais plutôt comme un paradigme de musique presque algorithmique, se rapprochant de la pensée informatique. La voie que Boulez a poursuivie après la composition du premier volume des *Structures* l'a conduit à se détourner dans ses nouvelles œuvres de tout automatisme, tout en restant attaché à l'idée de constructivisme » (Ligeti 1959)

- G. Ligeti, « Pierre Boulez. Decision and automatism in Structure 1a », *Die Reihe*, vol. IV, pp. 36~62, 1959
- Y.- Kang Ahn, « L'analyse musicale computationnelle », thèse, Paris 6/Ircam, 2009

Jeux dodécaphoniques et musique algorithmique

- *Les Zwölftonspiele* de Josef Mathias Hauer

mit
en notation traditionnelle :

11 11 0 11 7 7 7 1
7 4 4 4 4 1 11 11
4 7 7 7 11 11 1 7
0 0 11 0 1 4 4 4

2

Zwölftonspiel
(19. Februar 1953)

Josef Mathias Hauer (1883 - 1959)

♩. 80

© Copyright 1979 by Ludwig Döblinger (Bernhard Herzmannsky) KG, Wien - München
Printed in Austria

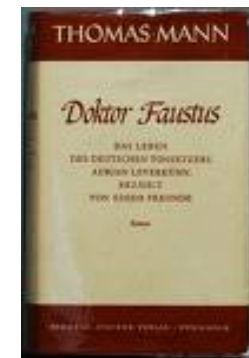
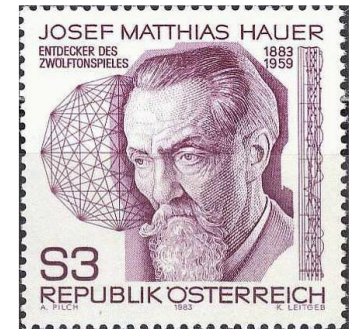


Figure 0.2 : Fig. 11.22 : Hauer, *Zwölftonspiel* (1958), mes. 1 in Barbaud, *M.M.* p. 46. [extrait de la thèse de Nicolas Viel, p. 452]

« *Zwölftonmusik ist keine Kunst im klassischen, romantischen, modernen Sinne, sondern ein kosmisches Spiel mit den 12 temperierten Halbtönen* ».



Séquences périodiques et calcul des différences finies

$$Df(x) = f(x) - f(x-1)$$

$$\begin{aligned}
 f &= 7 \ 11 \ 10 \ 11 \ 7 \ 2 \ 7 \ 11 \ 10 \ 11 \ 7 \ 2 \ 7 \ 11 \dots \\
 Df &= 4 \ 11 \ 1 \ 8 \ 7 \ 5 \ 4 \ 11 \ 1 \ 8 \ 7 \ 5 \ 4 \ 11 \dots \\
 D^2f &= 11 \ 7 \ 2 \ 7 \ 11 \ 0 \ 11 \ 7 \ 2 \ 7 \ 11 \ 0 \dots \\
 D^3f &= 1 \ 8 \ 7 \ 5 \ 4 \ 11 \ 1 \ 8 \ 7 \ 5 \ 4 \ 11 \dots \\
 D^kf &= \dots
 \end{aligned}$$



Anatol Vieru (1926-1998)

olabissima
mf *mp* *pp* *pt* *pt* *p* *mf* *mp* *pp* *pp*

V	0	3	8	7	11	0	11	10	6	9	0	9	1	2	9	8	4	3	6
VIII	0	0	0	0	3	3	7	2	0	0	0	6	3	3	3	4	8	0	0
IV	3	3	4	4	1	11	11	8	3	3	9	4	1	7	11	8	11	3	9
IX	0	0	0	0	0	3	6	[1]	3	3	3	3	9	0	3	6	[10]	6	6
IV	0	10	3	9	10	0	9	7	0	6	7	9	6	4	9	3	4	6	3

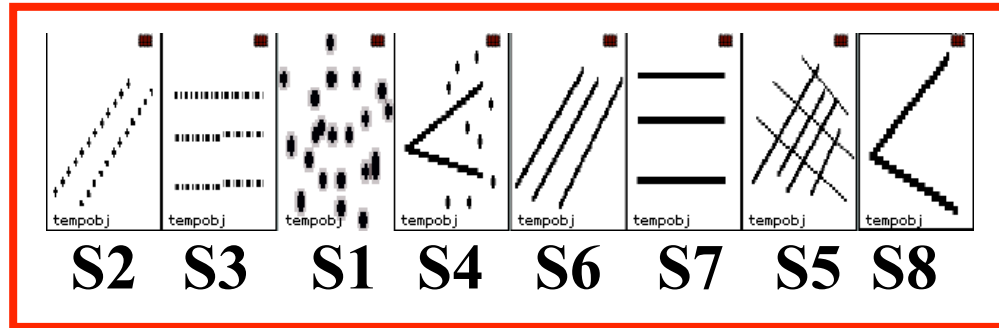
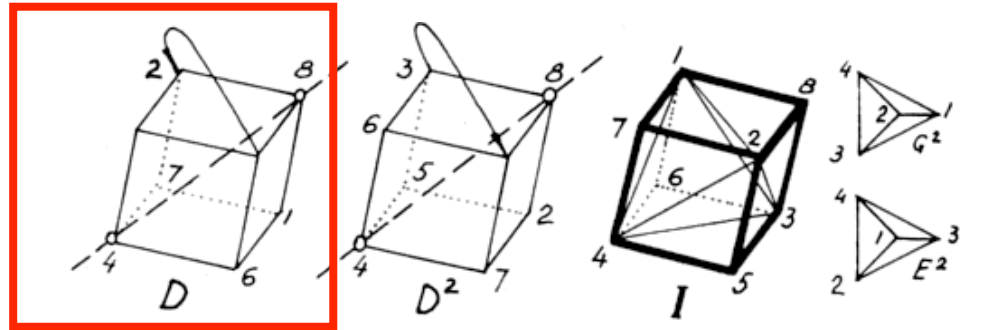
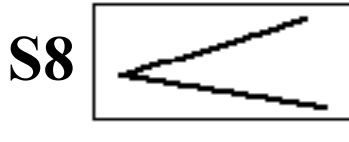
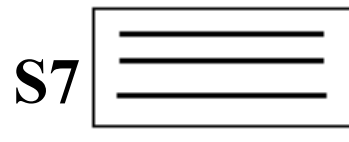
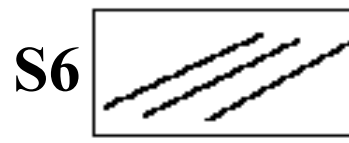
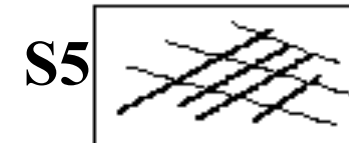
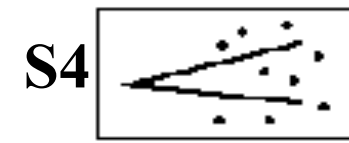
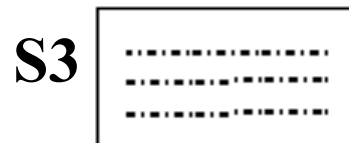
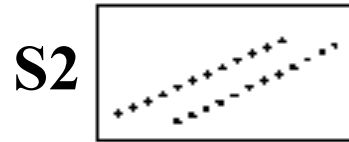
Anatol Vieru: *Zone d'oubli* pour alto (1973)

Séquences périodiques dans *Nomos Alpha* (1966)

q11 (8 5 6 7 4 1 2 3)
q8 (7 5 8 6 3 1 4 2)
l (1 3 4 2 5 7 8 6)
q2 (7 6 5 8 3 2 1 4)
q7 (8 7 5 6 4 3 1 2)
l^2 (1 4 2 3 5 8 6 7)
q11 (8 5 6 7 4 1 2 3)
q3 (8 6 7 5 4 2 3 1)
d^2 (3 1 2 4 7 5 6 8)
q4 (6 7 8 5 2 3 4 1)
q7 (8 7 5 6 4 3 1 2)
e^2 (4 1 3 2 8 5 7 6)
q2 (7 6 5 8 3 2 1 4)
q8 (7 5 8 6 3 1 4 2)
e (2 4 3 1 6 8 7 5)
q4 (6 7 8 5 2 3 4 1)
q12 (5 6 8 7 1 2 4 3)
d (2 3 1 4 6 7 5 8)

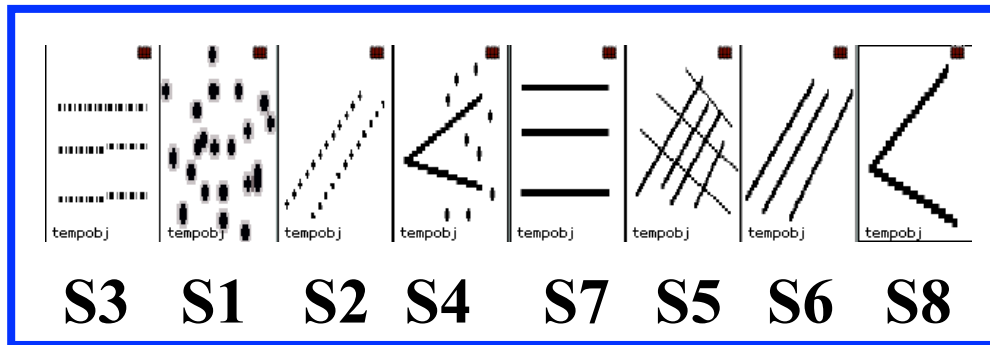
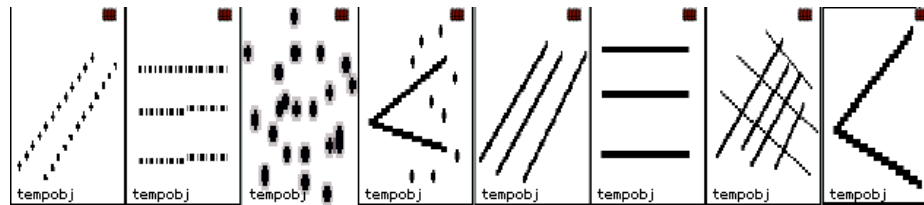
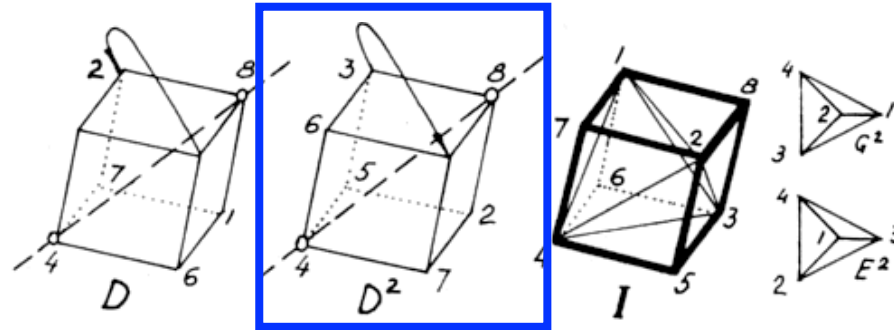
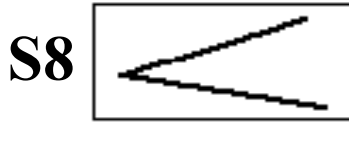
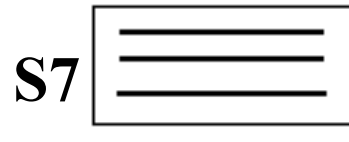
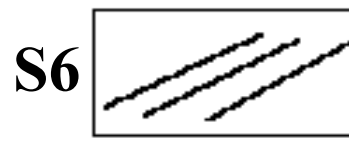
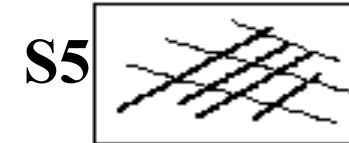
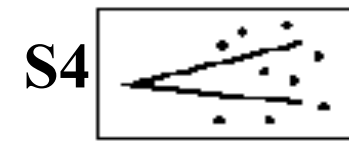
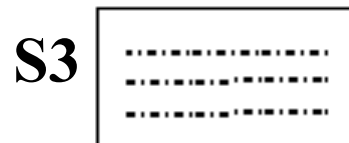
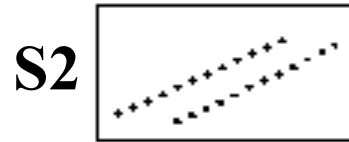
« Musique **symbolique** pour violoncelle seul, possède une architecture « hors-temps » fondée sur la théorie des groupes de transformations. Il y fait usage de la théorie des cribles, théorie qui annexe les congruence modulo n et qui est issue d'une **axiomatique** de la structure **universelle** de la musique » (Iannis Xenakis)

Procédés algorithmiques dans *Nomos Alpha* de I. Xenakis



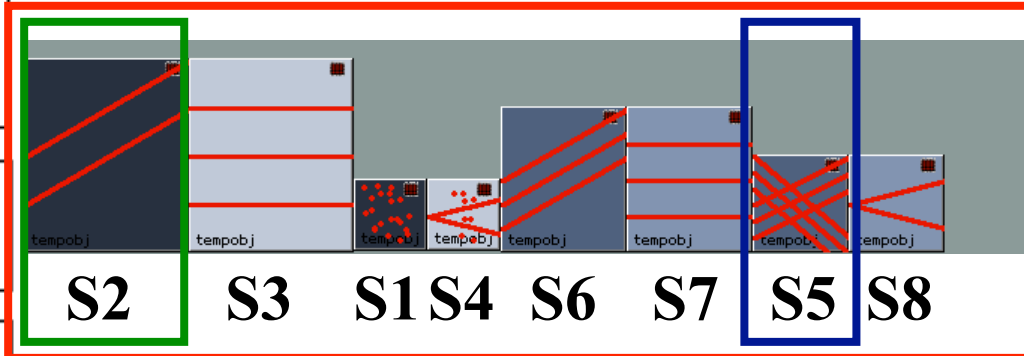
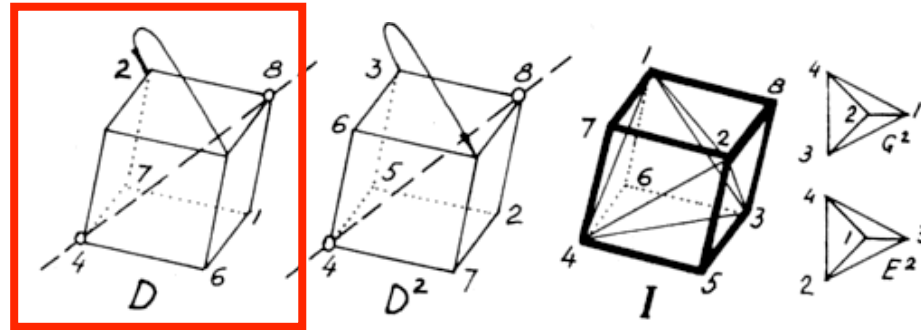
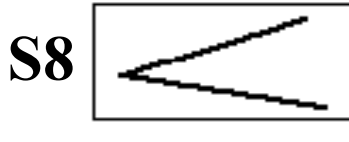
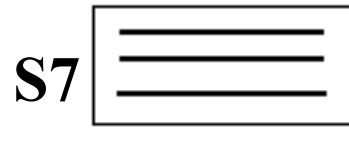
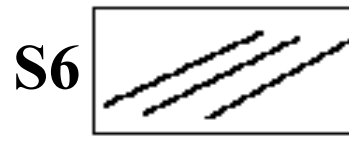
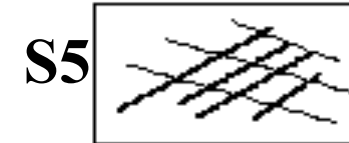
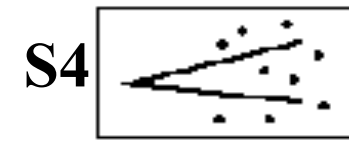
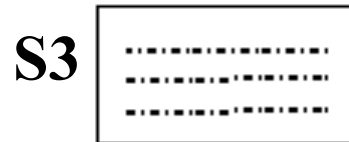
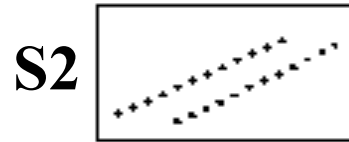
<i>I</i>	12345678
<i>A</i>	21436587
<i>B</i>	34127856
<i>C</i>	43218765
<i>D</i>	23146758
<i>D</i> ²	31247568
<i>E</i>	24316875
<i>E</i> ²	41328576
<i>G</i>	32417685
<i>G</i> ²	42138657
<i>L</i>	13425786
<i>L</i> ²	14235867
<i>Q</i> ₁	78653421
<i>Q</i> ₂	76583214
<i>Q</i> ₃	86754231
<i>Q</i> ₄	67852341
<i>Q</i> ₅	68572413
<i>Q</i> ₆	65782134
<i>Q</i> ₇	87564312
<i>Q</i> ₈	75863142
<i>Q</i> ₉	58761432
<i>Q</i> ₁₀	57681324
<i>Q</i> ₁₁	85674123
<i>Q</i> ₁₂	56871243

Procédés algorithmiques dans *Nomos Alpha* de I. Xenakis



<i>I</i>	12345678
<i>A</i>	21436587
<i>B</i>	34127856
<i>C</i>	43218765
<i>D</i>	23146758
<i>D</i> ²	31247568
<i>E</i>	24316875
<i>E</i> ²	41328576
<i>G</i>	32417685
<i>G</i> ²	42138657
<i>L</i>	13425786
<i>L</i> ²	14235867
<i>Q</i> ₁	78653421
<i>Q</i> ₂	76583214
<i>Q</i> ₃	86754231
<i>Q</i> ₄	67852341
<i>Q</i> ₅	68572413
<i>Q</i> ₆	65782134
<i>Q</i> ₇	87564312
<i>Q</i> ₈	75863142
<i>Q</i> ₉	58761432
<i>Q</i> ₁₀	57681324
<i>Q</i> ₁₁	85674123
<i>Q</i> ₁₂	56871243

Procédés algorithmiques dans *Nomos Alpha* de I. Xenakis



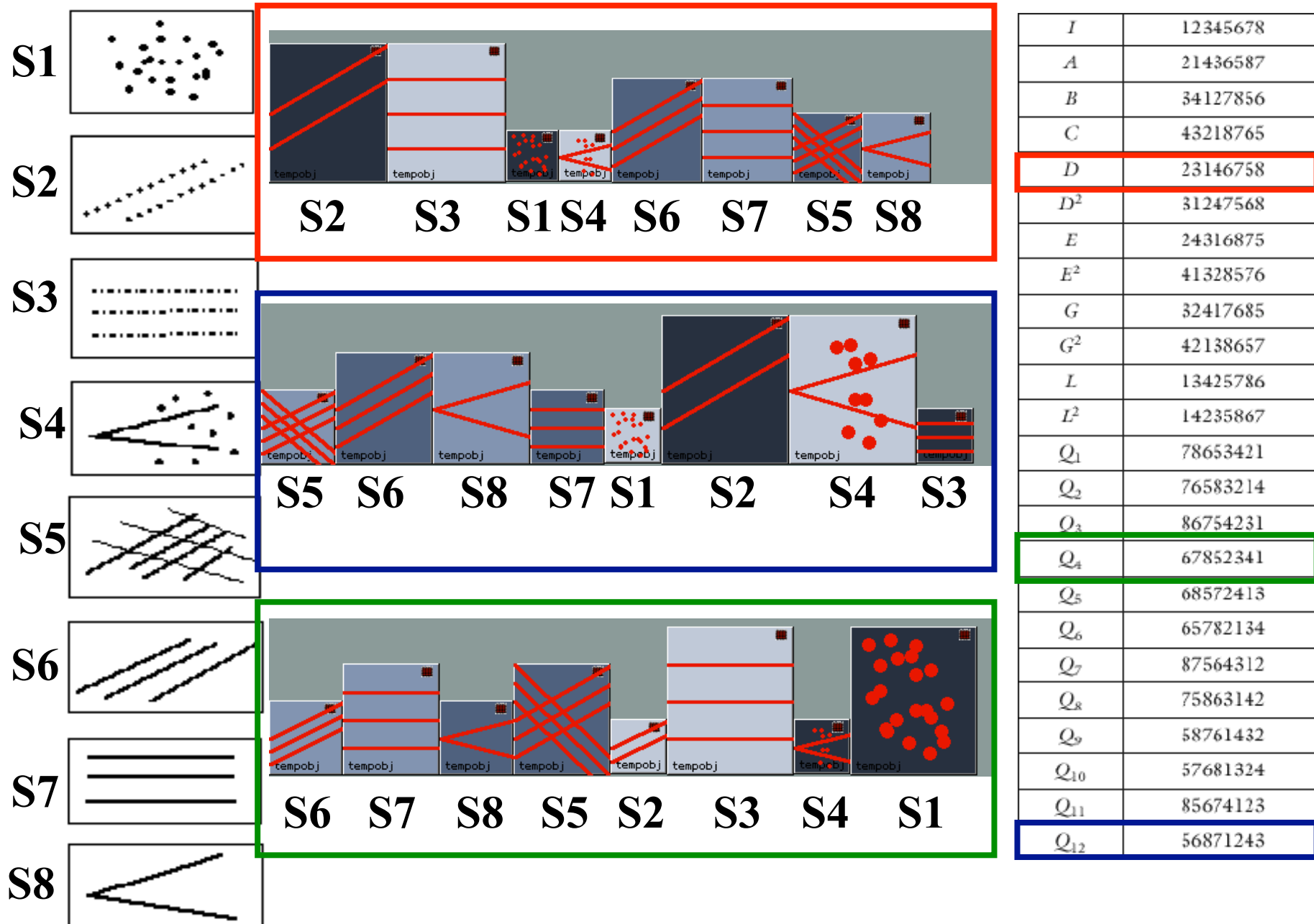
$$\begin{aligned} \kappa^{\alpha_1} &= 1 \cdot mf \cdot 2 \rightarrow = 2mf \rightarrow \\ \kappa^{\alpha_2} &= 1 \cdot fff \cdot 4.5 = 4.5 \cdot fff \rightarrow \\ \kappa^{\alpha_3} &= 2.5 \cdot fff \cdot 4.5 = 11.25 \cdot fff \rightarrow \\ \kappa^{\alpha_4} &= 2.5 \cdot mf \cdot 2 = 5mf \rightarrow \rightarrow \\ \kappa^{\alpha_5} &= 1.5 \cdot f \cdot 2.62 = 3.93f \rightarrow \\ \kappa^{\alpha_6} &= 1.5 \cdot ff \cdot 3.44 = 5.15ff \rightarrow \\ \kappa^{\alpha_7} &= 2.0 \cdot ff \cdot 3.44 = 6.88ff \rightarrow \\ \kappa^{\alpha_8} &= 2.0 \cdot f \cdot 2.62 = 5.24f \rightarrow \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \kappa^{\beta_1} &= 0.5 \cdot mf \cdot 2 = 1mf \rightarrow \rightarrow \\ \kappa^{\beta_2} &= 0.5 \cdot fff \cdot 4.5 = 2.25 \cdot fff \rightarrow \\ \kappa^{\beta_3} &= 5 \cdot fff \cdot 4.5 = 22.5 \cdot fff \rightarrow \\ \kappa^{\beta_4} &= 5.0 \cdot mf \cdot 2 = 10.0mf \rightarrow \\ \kappa^{\beta_5} &= 1.08 \cdot f \cdot 2.62 = 2.83f \rightarrow \end{aligned}$$

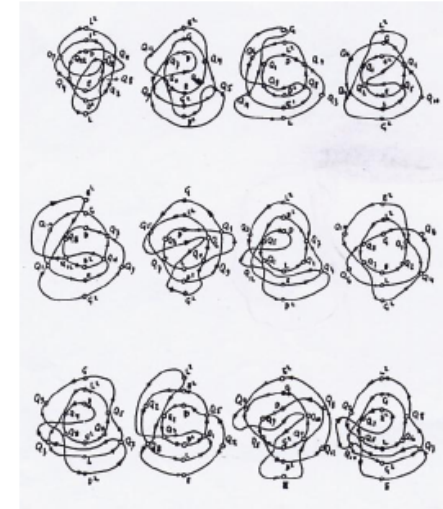
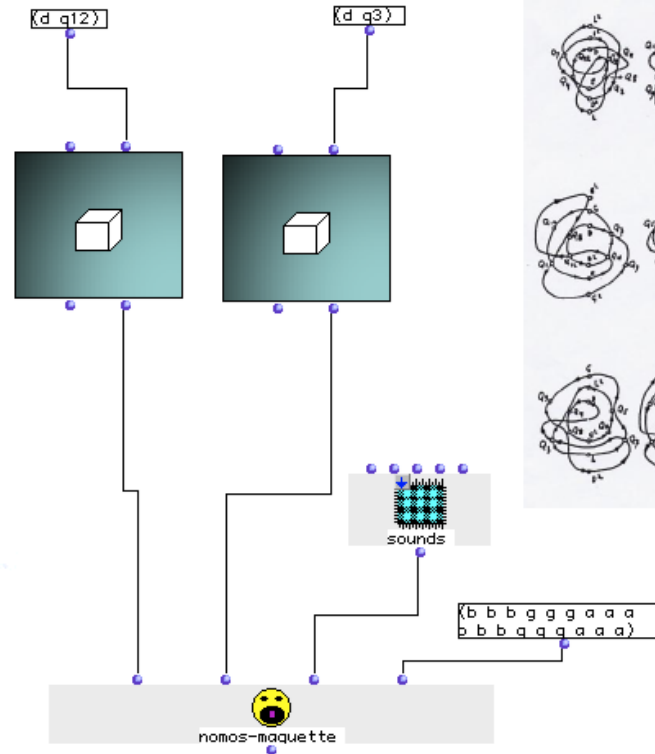
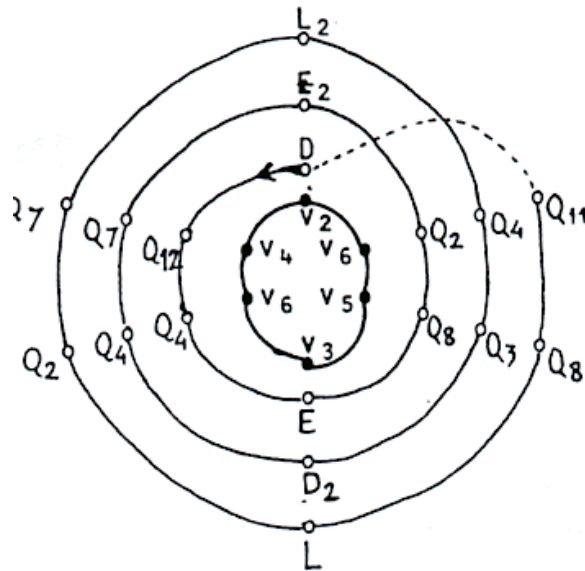
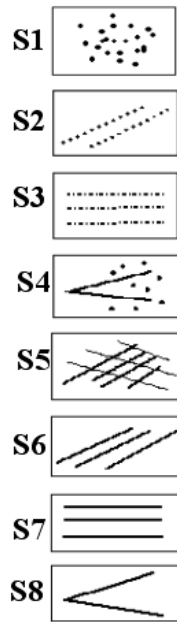
$$\begin{aligned} \kappa^{\beta_6} &= 1.08 \cdot ff \cdot 3.44 = 3.72ff \rightarrow \\ \kappa^{\beta_7} &= 2.32 \cdot ff \cdot 3.44 = 7.98ff \rightarrow \\ \kappa^{\beta_8} &= 2.32 \cdot f \cdot 2.62 = 6.08f \rightarrow \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \kappa^{\gamma_1} &= 1 \cdot mf \cdot 2 = 2mf \quad \text{¶} \\ \kappa^{\gamma_2} &= 1 \cdot fff \cdot 2 \rightarrow = 2 \cdot fff \quad \text{¶} \\ \kappa^{\gamma_3} &= 4.0 \cdot fff \cdot 4.5 = 18.0 \cdot fff \quad \text{¶} \\ \kappa^{\gamma_4} &= 4.0 \cdot mf \cdot 2.0 = 8.0mf \quad \text{¶} \\ \kappa^{\gamma_5} &= 2.0 \cdot f \cdot 2.62 = 5.24f \quad \text{¶} \\ \kappa^{\gamma_6} &= 2.0 \cdot ff \cdot 3.44 = 6.88ff \quad \text{¶} \\ \kappa^{\gamma_7} &= 3.0 \cdot ff \cdot 3.44 = 10.32ff \quad \text{¶} \\ \kappa^{\gamma_8} &= 3.0 \cdot f \cdot 2.62 = 7.86f \quad \text{¶} \end{aligned}$$

Procédés algorithmiques dans *Nomos Alpha* de I. Xenakis



Implémentation du processus compositionnel en *OpenMusic*



I	12345678
A	21436587
B	34127856
C	43218765
D	23146758
D ²	31247568
E	24316875
E ²	41328576
G	32417685
G ²	42138657
L	13425786
L ²	14235867
Q ₁	78653421
Q ₂	76583214
Q ₃	86754231
Q ₄	67852341
Q ₅	68572413
Q ₆	65782134
Q ₇	87564312
Q ₈	75863142
Q ₉	58761432
Q ₁₀	57681324
Q ₁₁	85674123
Q ₁₂	56871243

- C. Agon, M. Andreatta, G. Assayag et S. Schaub, “Formal aspects of Iannis Xenakis’ Symbolic Music: a computer-aided exploration of some compositional processes”, *Journal of New Music Research*, June 2004, Vol. 33, No. 2, pp. 145-159.
- M. Andreatta and C. Agon, “Structure and Symmetry in Iannis Xenakis *Nomos Alpha* for cello solo”, *Symmetry: Art and Science*, (ISIS – Symmetry), G. Lugosi et D. Nagy (eds.), 2-4, 2007.

Computer-aided model of the compositional process

Achorripsis

by Mikhail Malt

Stochastic music

Poisson Law

Exponential distr.

Gaussian distr.

Pitch-Duration

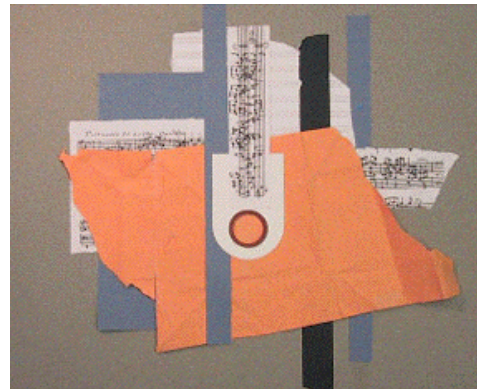
Herma

by Gérard Assayag and
Mikhail Malt

Symbolic music

Boolean operations

Exponential distr.



OpenMusic

Nomos Alpha

by Carlos Agon and Moreno
Andreatta

**Symbolic/Algebraic
music**

Sieve theory

Fibonacci process

Group of rotations

ST/10-01, 48-01

by Mikhail Malt

Akrata by Stephan
Schaub and Mikhail Malt

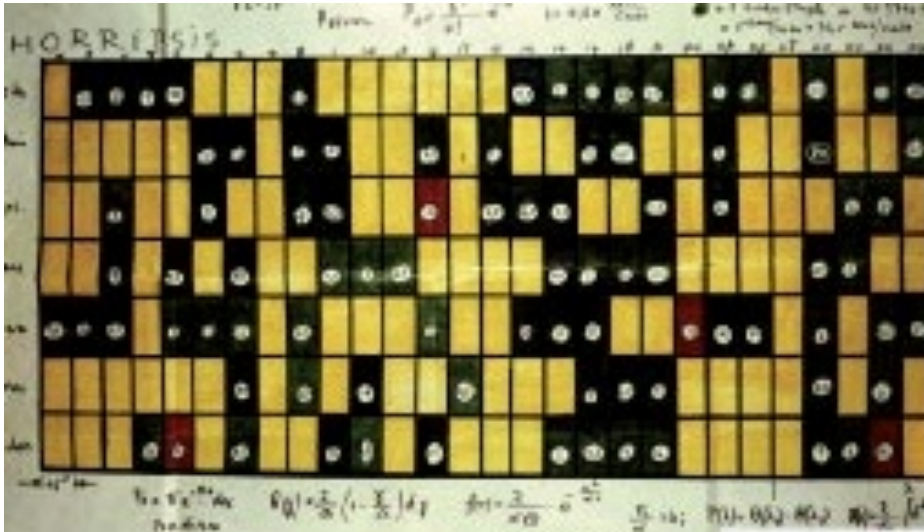
Nomos Alpha

(real time version)
By Mikhail Malt

Future works

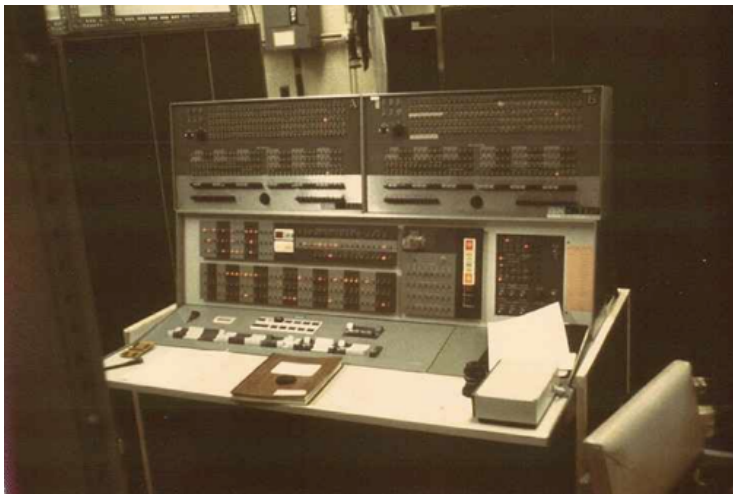
Pièces algorithmiques (?) de Iannis Xenakis

Source-code:



```

C
C PARTS 1 AND 2, DEFINE SEQUENCE A SECONDS AND CLOUD NA DURING A
C
KNA=0
K1=0
230 CALL RANDOM_NUMBER(X1)
A=-DELTA * LOG(X1)
IF (A.LE.ALIM) GO TO 250
IF (K1.GE.KT2) GO TO 240
K1=K1+1
GO TO 230
240 A=ALIM/2.0
X1=0.0
250 K2=0
260 CALL RANDOM_NUMBER(X2)
IF (JW.GT.1) GO TO 280
270 UX=R*X2
GO TO 310
280 CALL RANDOM_NUMBER(TEMP)
IF (TEMP.GE.0.5) GO TO 290
UX=UPR + R * (1.0-SQRT(X2))
GO TO 300
290 UX=UPR - R * (1.0-SQRT(X2))
300 IF ((UX.GE.0.0).AND.(UX.LE.R)) GO TO 310
IF (K2.GE.KT2) GO TO 270
K2=K2+1
GO TO 260
310 U=UX
DA=V3 * EXP(U)
    
```



Output:

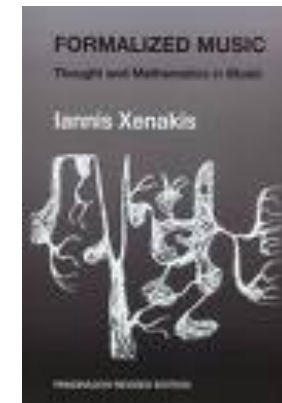
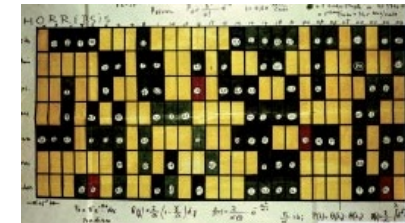
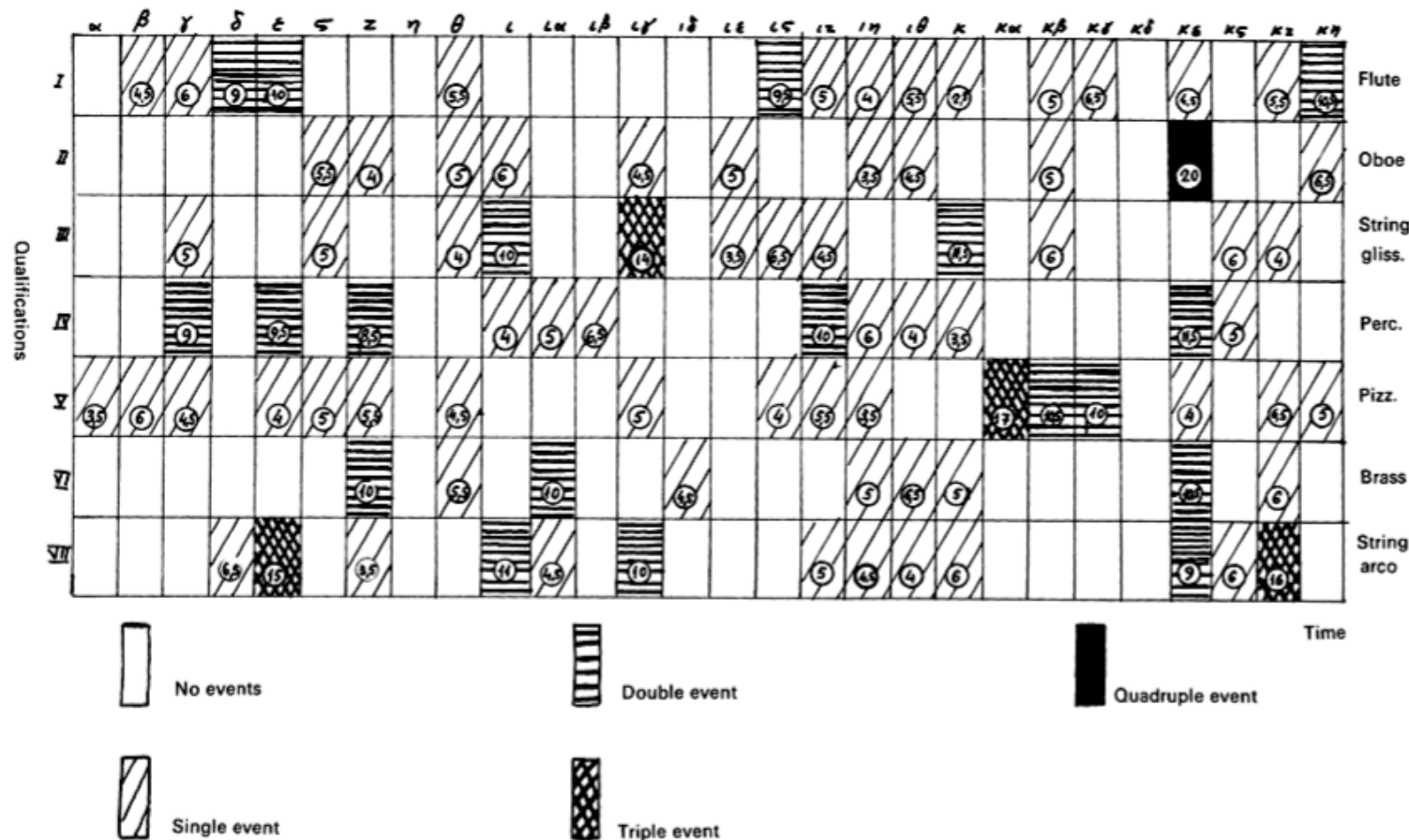
```

CLASS NUMBER 17
IN DENSITY LEVEL 1 HAS A PROBABILITY OF 0.45
IN DENSITY LEVEL 7 HAS A PROBABILITY OF 0.06
1 JW= 1 A= 0.65 NA= 3 Q(I)=0.03/0.01/0.01/0.01/0.04/0.16/0.12/0.33/0.06/0.17/0.03/0.02/

N START CLASS INSTRM PITCH GLISS1 GLISS2 GLISS3 DURATION DYNAM
1 0.00 7 2 15.0 0.0 0.0 0.0 0.00 37
2 0.36 8 2 15.0 0.0 0.0 0.0 0.00 35
3 0.80 11 2 10.0 0.0 0.0 0.0 0.15 34
1 JW= 2 A= 105.75 NA= 61 Q(I)=0.04/0.16/0.04/0.03/0.03/0.03/0.02/0.02/0.03/0.20/0.28/0.12/
    
```

- *Achorripsis* (1956-1957), pour vingt et un musiciens,
- *ST/48*, 1-240162, pour quarante-huit musiciens ;
- *ST/10*, 1-080262, pour dix musiciens ;
- *ST/4*, 1-080262, pour quatuor à cordes ;
- *Morsima-Amorsima* (ou *ST/4*, 2-030762), pour quatre musiciens ; et *Atrées* (ou *ST/10*, 3-060962), pour onze musiciens

Achorripsis (1956/1957) de Iannis Xenakis



« Let us now imagine music composed with aid of matrix [of probabilities] (M). An observer who perceived the frequencies of events of the musical sample would deduce a distribution due to chance and following the laws of probability. Now the question is, **when heard a number of times, will this music keep its surprise effect? Will it not change into a set of foreseeable phenomena through the existence of memory, despite the fact that the law of frequencies has been derived from the laws of chance? In fact, the data will appear aleatory only at the first hearing.** Then, during successive rehearings the relations between the events of the sample ordained by “chance” will form a network, which will take on a definite meaning in the mind of the listener, and will initiate a special “logic,” a new cohesion capable of satisfying his intellect as well as his aesthetic sense; that is, if the artist has a certain flair » (*Formalized Music*, Rev. Ed., 1992, p. 37)

TABLE (MOSAIC) OF COHERENCES

Philosophy (in the etymological sense)

Thrust towards truth, revelation. Quest in everything, interrogation, harsh criticism, active knowledge through creativity.

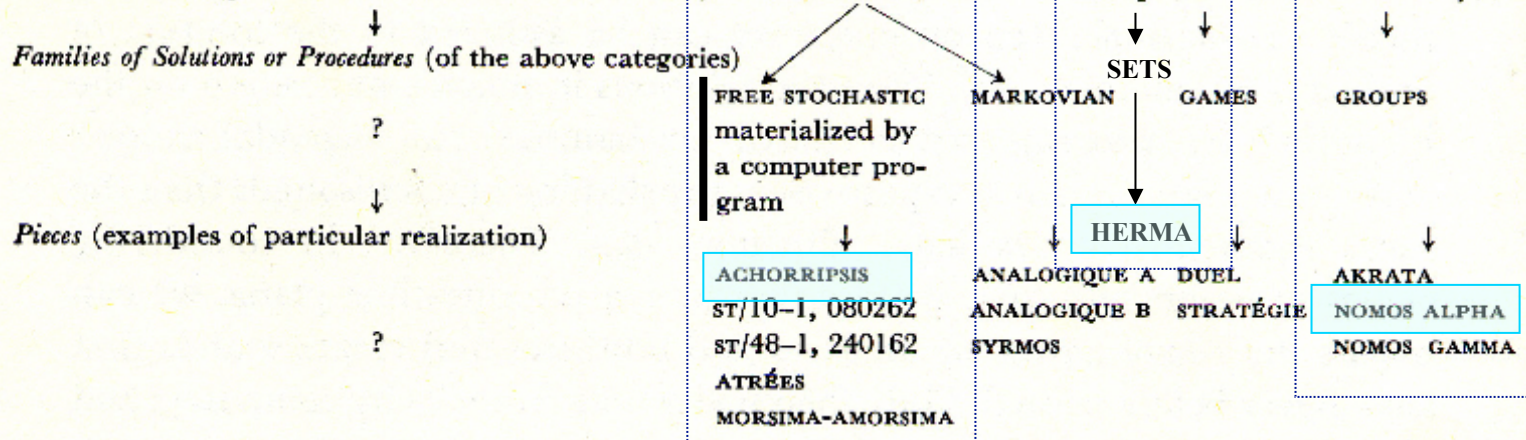
Chapters (in the sense of the methods followed)

Partially inferential and experimental	Entirely inferential and experimental	Other methods to come
ARTS (VISUAL, SONIC, MIXED . . .)	SCIENCES (OF MAN, NATURAL) PHYSICS, MATHEMATICS, LOGIC	?

This is why the arts are freer, and can therefore guide the sciences, which are entirely inferential and experimental.

Categories of Questions (fragmentation of the directions leading to creative knowledge, to philosophy)

REALITY (EXISTENTIALITY); CAUSALITY; INFERENCE: CONNEXITY; COMPACTNESS; TEMPORAL AND SPATIAL UBIQUITY AS A CONSEQUENCE OF NEW MENTAL STRUCTURES;



Classes of Sonic Elements (sounds that are heard and recognized as a whole, and classified with respect to their sources)
ORCHESTRAL, ELECTRONIC (produced by analogue devices), CONCRETE (microphone collected), DIGITAL (realized with computers and digital-to-analogue converters), . . .

Microsounds

Forms and structures in the pressure-time space, recognition of the classes to which microsounds belong or which microstructures produce.

Microsound types result from questions and solutions that were adopted at the CATEGORIES, FAMILIES, and PIECES levels.

TABLE (MOSAIC) OF COHERENCES

Philosophy (in the etymological sense)

Thrust towards truth, revelation. Quest in everything, interrogation, harsh criticism, active knowledge through creativity.

Chapters (in the sense of the methods followed)

Partially inferential and experimental

ARTS (VISUAL, SONIC, MIXED . . .)

Entirely inferential and experimental

SCIENCES (OF MAN, NATURAL)
PHYSICS, MATHEMATICS, LOGIC

Other methods

to come

?

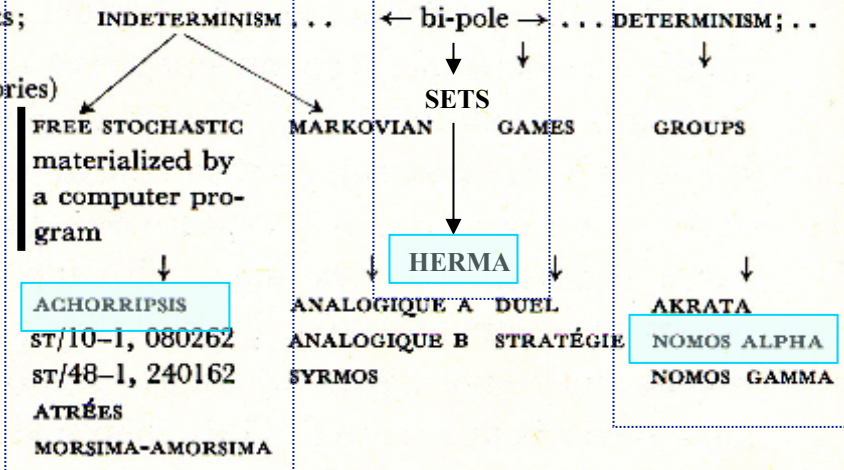
This is why the arts are freer, and can therefore guide the sciences, which are entirely inferential and experimental.

Categories of Questions (fragmentation of the directions leading to creative knowledge, to philosophy)

REALITY (EXISTENTIALITY); CAUSALITY; INFERENCE: CONNEXITY; COMPACTNESS; TEMPORAL AND SPATIAL UBIQUITY
AS A CONSEQUENCE OF NEW MENTAL STRUCTURES;

Families of Solutions or Procedures (of the above categories)

Pieces (examples of particular realization)



Classes of Sonic Elements (sounds that are heard and recognized as a whole, and classified with respect to their sources)

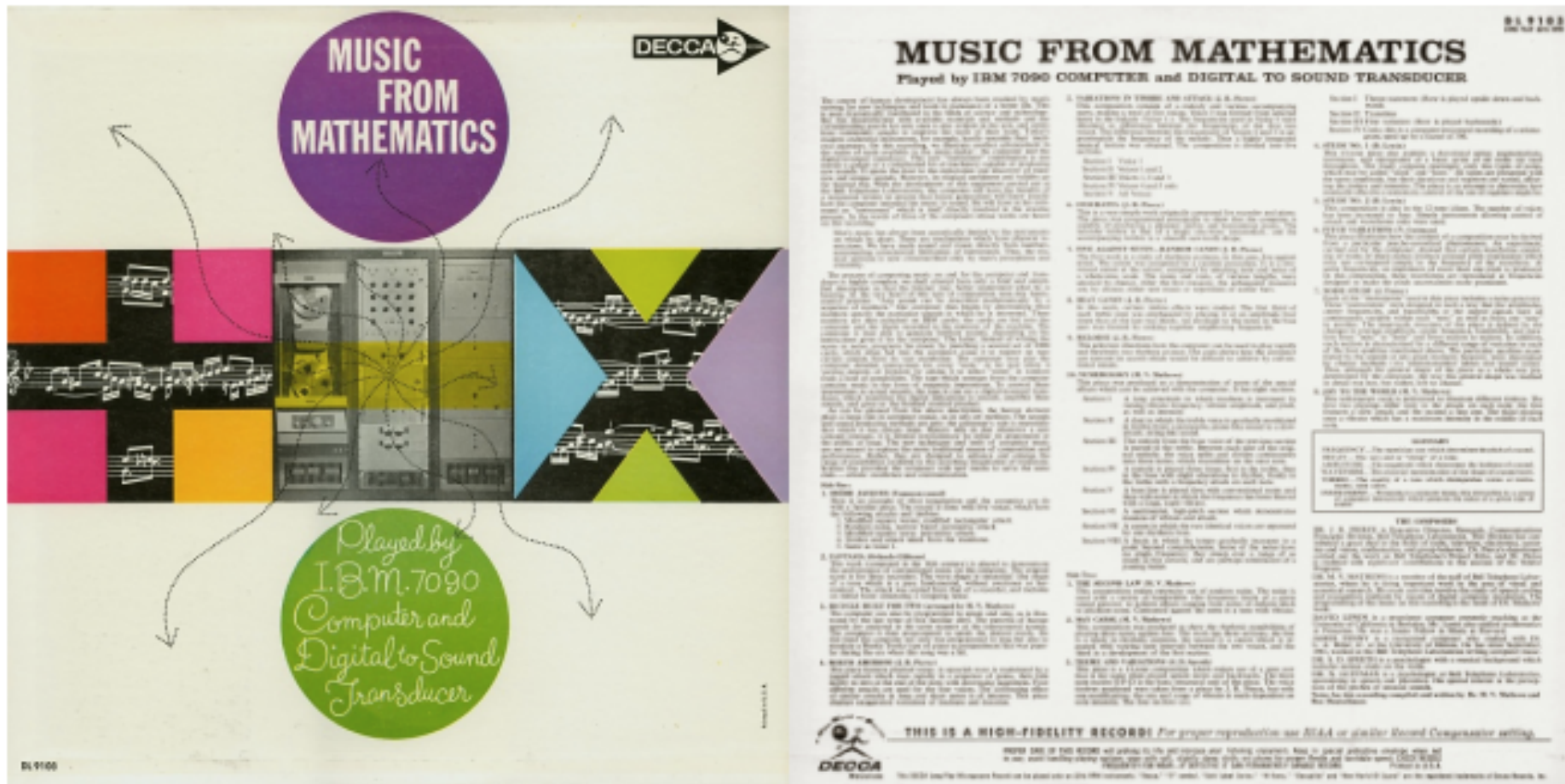
ORCHESTRAL, ELECTRONIC (produced by analogue devices), CONCRETE (microphone collected), DIGITAL (realized with computers and digital-to-analogue converters), . . .

Microsounds

Forms and structures in the pressure-time space, recognition of the classes to which microsounds belong or which microstructures produce.

Microsound types result from questions and solutions that were adopted at the CATEGORIES, FAMILIES, and PIECES levels.

Music from Mathematics (1960) : Bell Laboratories



Reproduction de la pochette du LP intitulé “Music from Mathematics” et incluant une série d’expériences menées à la fin des années cinquante aux Bell Telephone Laboratories par **J. R. Pierce**, M. V. Mathews, **D. Lewin**, J. Tenney, S. D. Speeth et N. Guttman.



Premiers exemples de musique algorithmique

"PUSH BUTTON BERTHA"

LYRIC BY
JACK OWENS
ASCAP

MUSIC BY
DATATRON
MATHEMATICIANS
DR. MARTIN KLEIN
DR. DOUGLAS BOLITHO

2222222222
0008071927
RANDOM NUMBERS
USED FOR MUSIC.

MODERATE BRIGHT Buzzer

SHE'S PUSH-BUTTON BERTHA - SWEET MACHINE - WHAT A QUEEN
CAL-CU-LAT-IN' DAL-PI-TA-TIN' CHICK - WITH A
CLICK - MY PUSH-BUTTON BERTHA - NOT TOO LARGE - WHAT A CHARGE
E-LEC-TRON-IC SU-PER-SON-IC FRIEND - THE
END - ONCE SHE'S OP-ER-A-TIN' - WATCH HER ROCK AND ROLL -
BERTHA'S NOT DE-MAND-ING - NEVER WANTS YOUR DOUGH -
COOL AND CAL-CU-LA-TIN' - THIS GAL HAS NO HEART OR SOUL - SHE'S
AL-WAYS UN-DER-STAND-ING - JUST FIP A SWITCH AND SHE'LL GO -
PUSH-BUTTON BERTHA - AU-TO - MA-TION DI-JINE -
NOW HEAR THIS - SHE CAN'T KISS -
DAY THE LIGHT BILL AND YOU'RE RIGHT SHE'S MINE - ALL MINE -
TEN WEIGHT OIL - MAKES HER LOY-AL DREAM - MA-CHINE -
©1956 BY OWENS-KEMP MUSIC CO. - (ASCAP) 526 AMALFI DR. - PASADENA, CALIF. -
CALIFORNIA REPRODUCTION CO. - HOLLYWOOD, CALIF.

Exemple 1

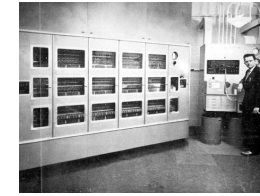
Douglas Bolitho et Martin Klein, « *Push Button Bertha* » (1956)

Partition de la pièce, l'une des premières réalisées par ordinateur

Extrait de Charles Ames, « Automated Composition in Retrospect : 1956-1986 », *Leonardo Music Journal*, XX/2 (1987), p. 169



Quartet No. 4 for strings (*Illiatic Suite*, 1957)



ILLIAC SUITE FOR STRING QUARTET
I. EXPERIMENT NO. I
L. A. HILLER, JR. AND L. M. ISAACSON

PRESTO

VIOLIN I
VIOLIN II
VIOLA
CELLO

Lejaren Hiller et Leonard M. Isaacson, *Illiatic Suite* (1957). Extrait de la musique obtenue dans la première expérience



(C) ADAGIO

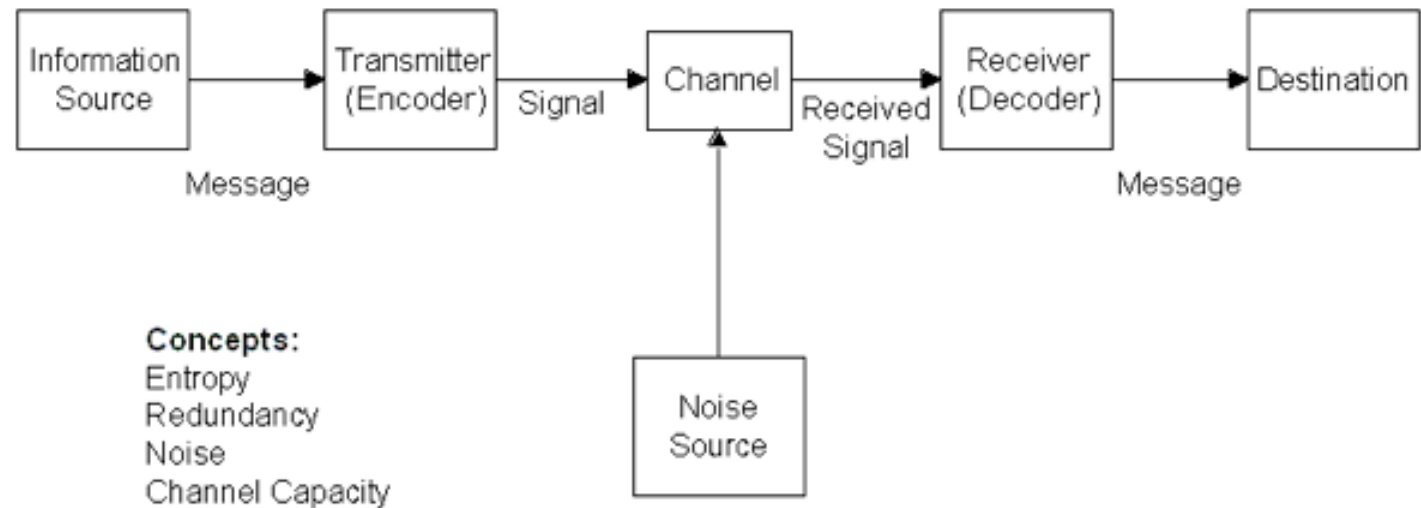
(D) TEMPO I

Lejaren Hiller et Leonard M. Isaacson, *Illiatic Suite* (1957)
Extrait de la musique expérimentale obtenue dans la troisième expérience

Musique algorithmique et théorie de l'information

« Cette théorie [théorie de l'information] est si générale, que l'on n'a pas besoin de dire quelles sortes de symboles sont considérés – que ce soient des mots ou des lettres écrits, ou des notes musicales, ou des mots parlés, ou de la musique symphonique ou des images »

The Shannon-Weaver Mathematical Model, 1949

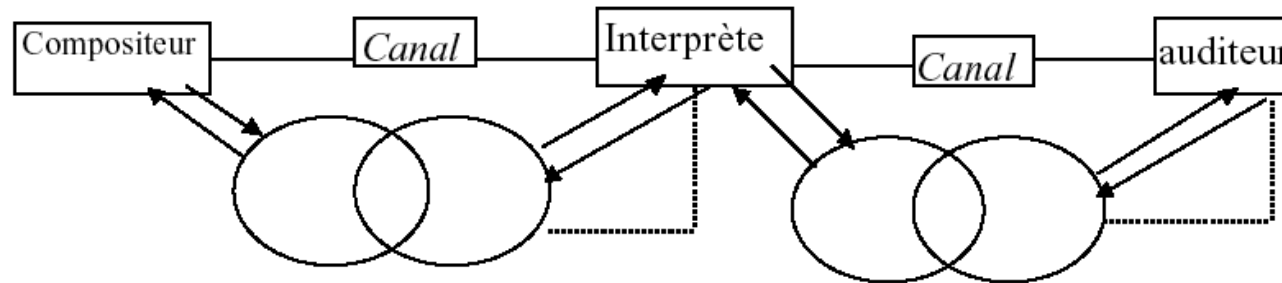


- C. Shannon and W. Weaver, *The Mathematical Theory of Communication*, 1949
- R.C. Pinkerton, « Information theory and melody », *Scientific American*, 194, 1956
- Leonard B. Meyer, « Meaning in Music and Information Theory », *Journal of Aesthetics and Art Criticism* 15 (4), 1957
- Abraham Moles, *Théorie de l'information et perception esthétique*, 1958
- Joel E. Cohen, « Information theory and Music », *Beh. Science*, 7, 1962
- ...
- F. Lévy, *COMPLEXITE GRAMMATOLOGIQUE ET COMPLEXITE APERCEPTIVE EN MUSIQUE : Étude esthétique et scientifique du décalage entre pensée de l'écriture et perception cognitive des processus musicaux sous l'angle des théories de l'information et de la complexité*, thèse, EHESS/IRCAM, 2004

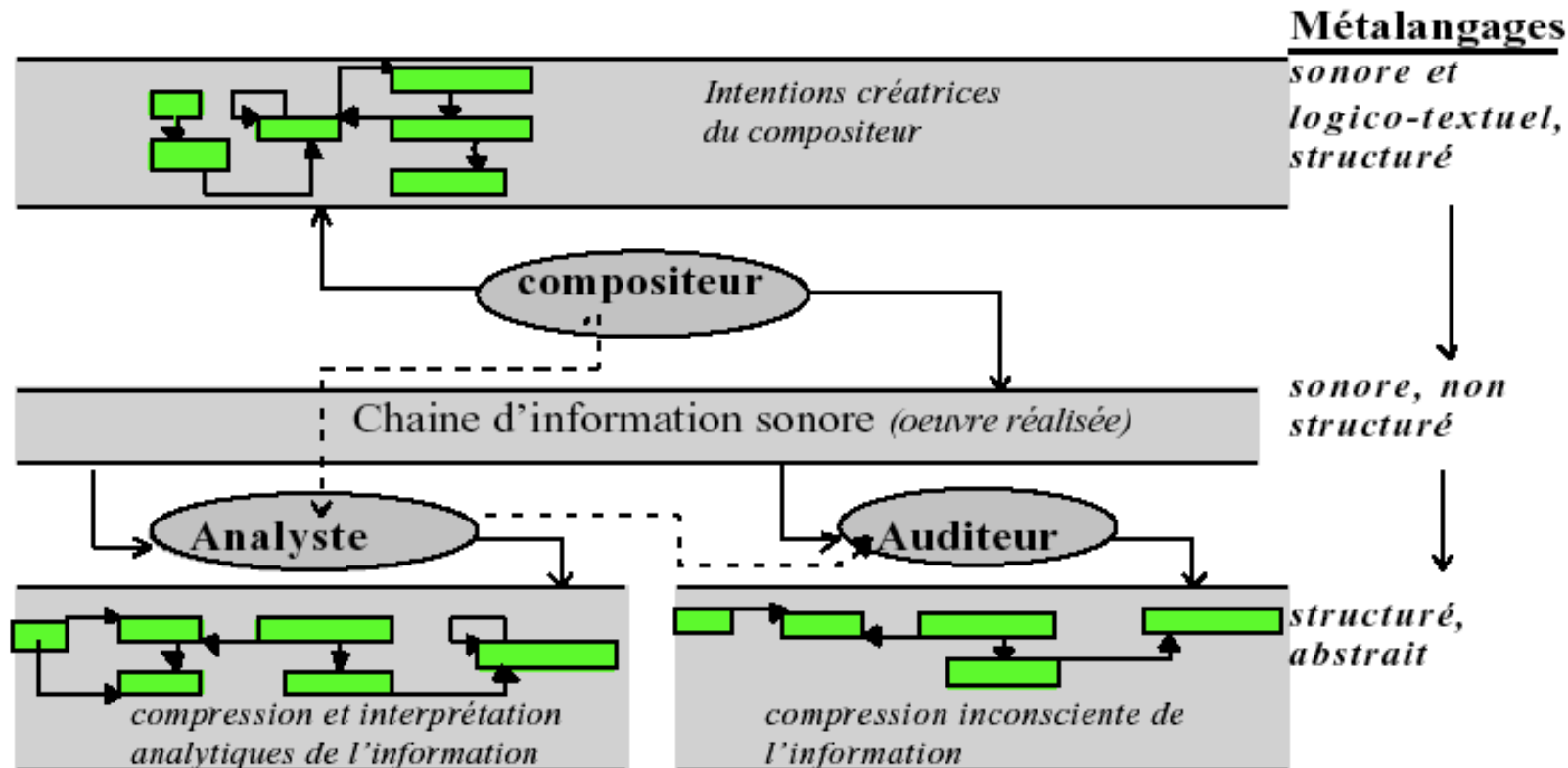


Abraham Moles

Musique (algorithmique) et théorie de l'information



Abraham Moles



Michel Philippot et les « machines à manipuler l'information »

DIAGRAMME FONCTIONNEL LE PLUS SIMPLE DE LA COMPOSITION MUSICALE.

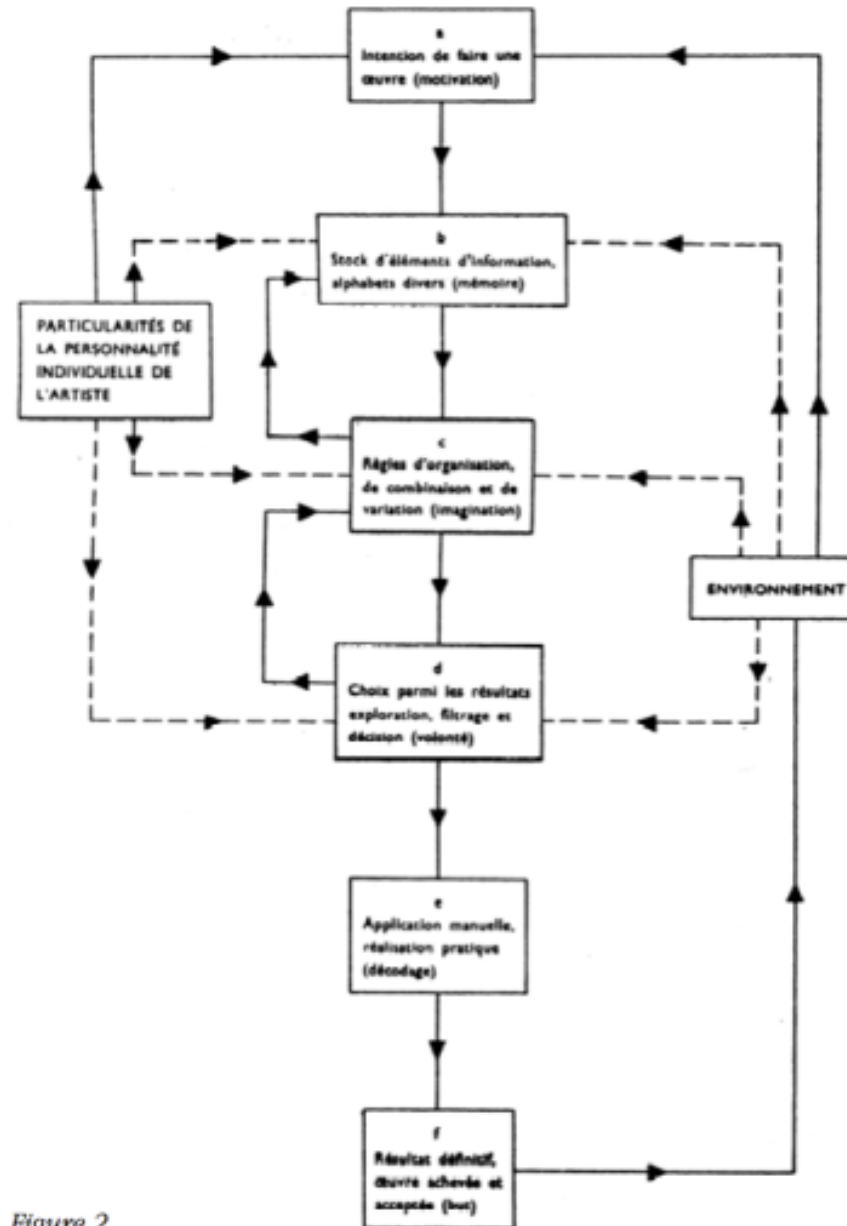
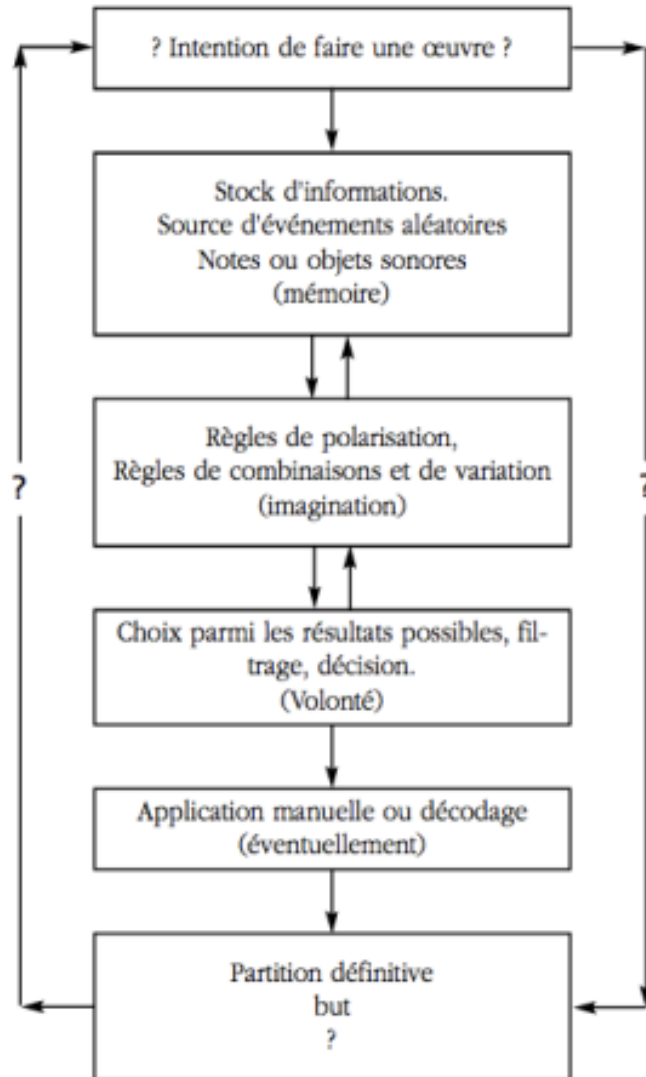
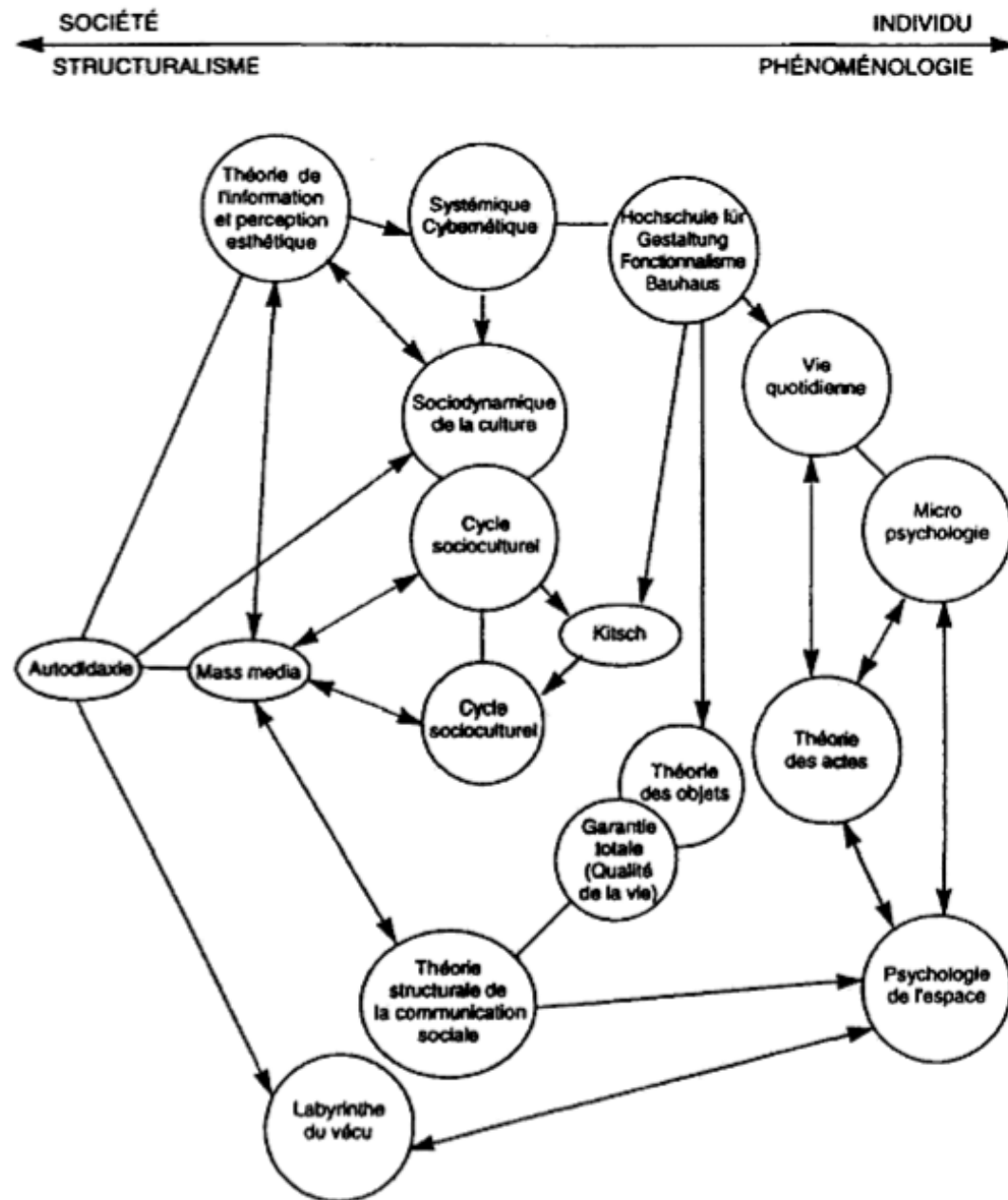


Figure 2



Abraham Moles

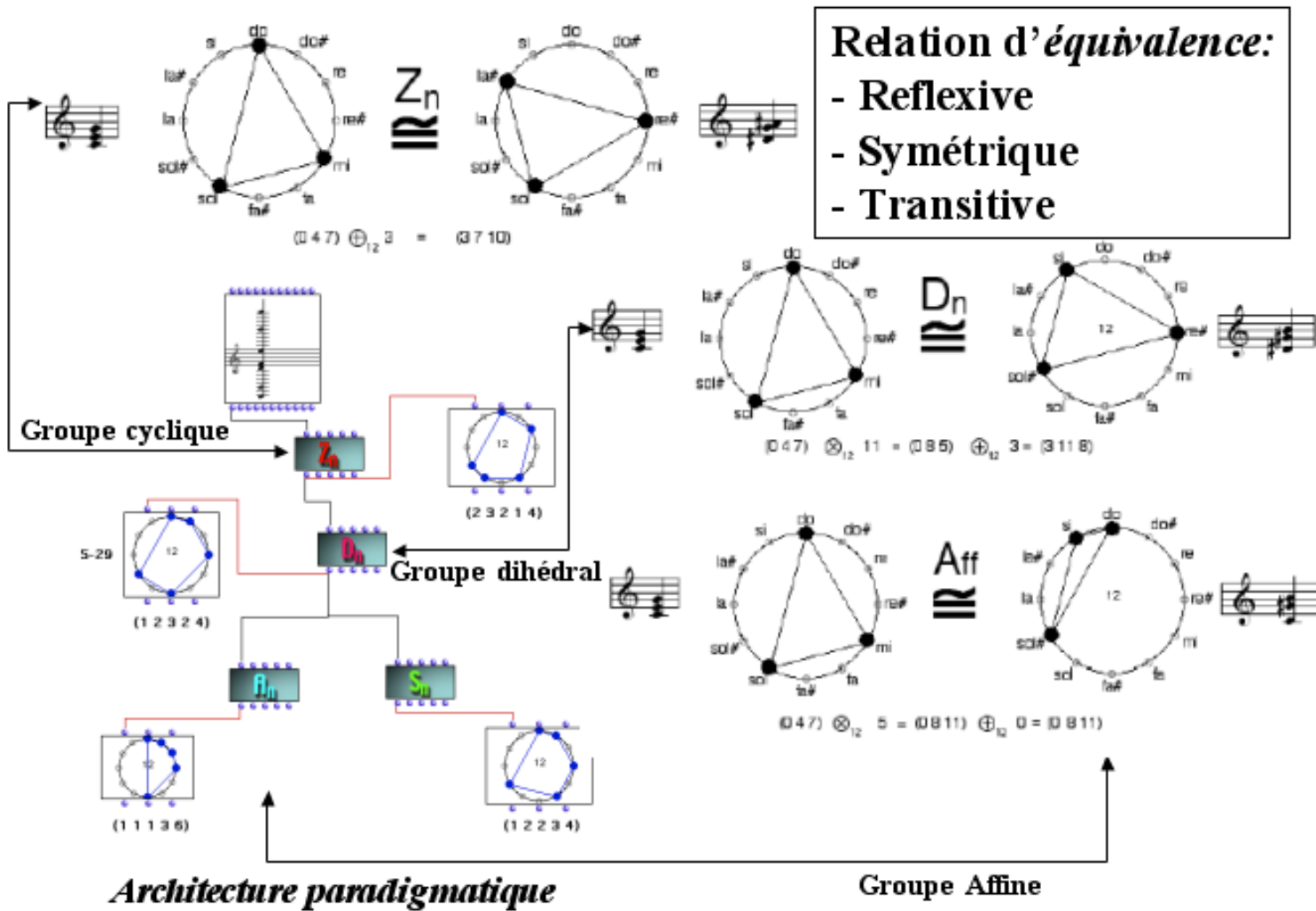
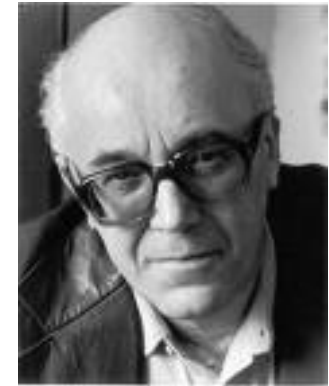
Les champs épistémologiques d'Abraham Moles



Abraham Moles

Approche algébrique en composition

Carrés magiques (Hommage à Evariste Galois) (1983)



Evariste Galois

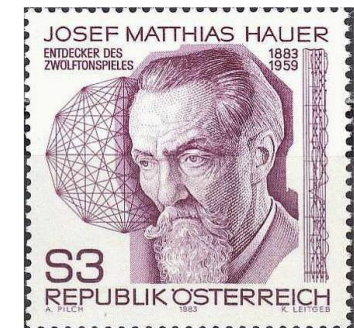
Vers une formalisation algébrique du système dodécaphonique

S Serie originaria

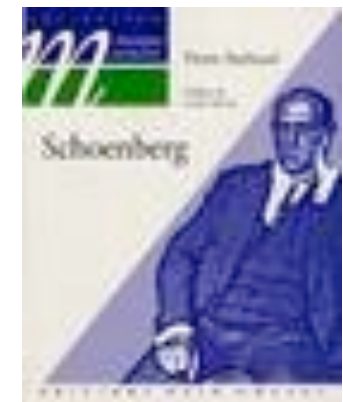
I Inversione

R Retrogradazione

IR Retrogradazione inversa



Le système dodécaphonique est « *un ensemble d'éléments, relations entre les éléments et opérations sur les éléments. [...]* Une vraie mathématisation aurait besoin d'une formulation et d'une présentation dictées par le fait que le système dodécaphonique est un **groupe de permutations** qui est façonné [shaped] par la structure de ce modèle mathématique »

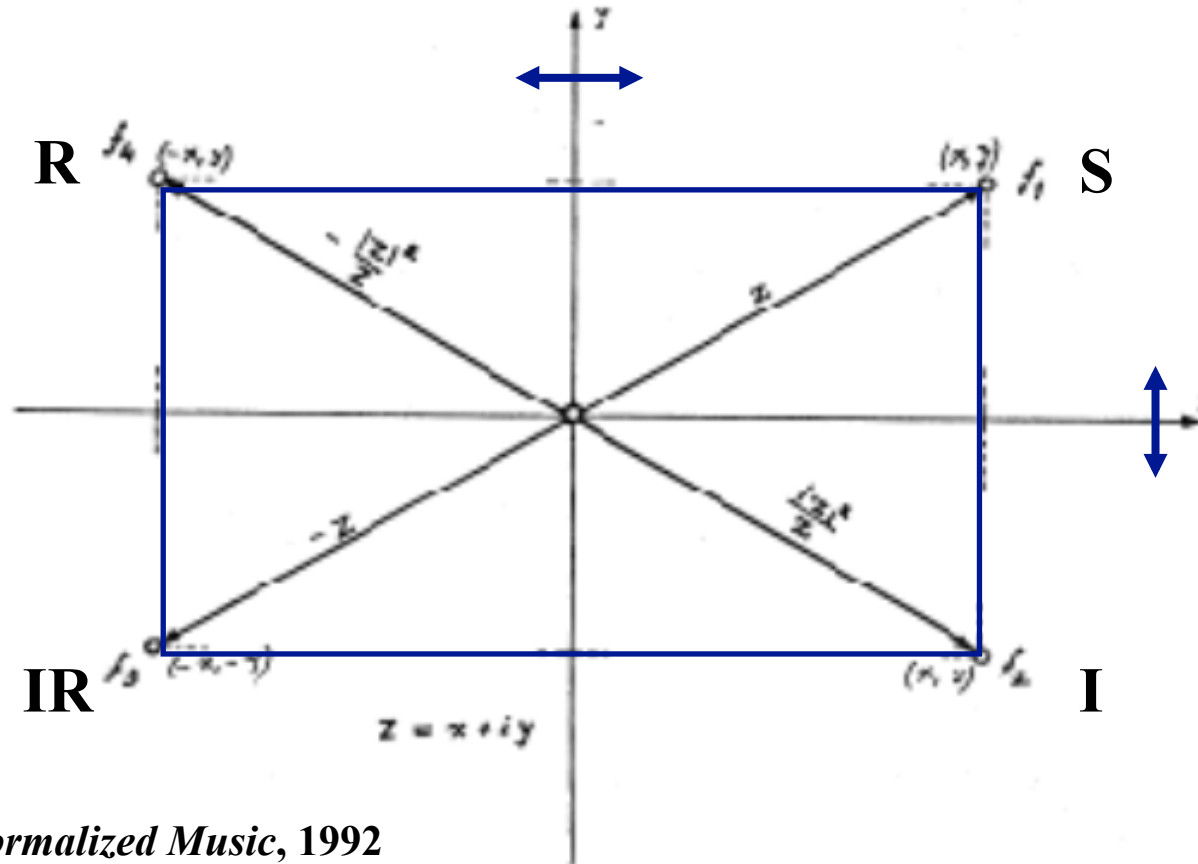


M. Babbitt: *The function of Set Structure in the Twelve-Tone System*, PhD (1946/1992)

Opérations dodécaphoniques et structures algébriques

	S	I	R	RI
S	S	I	R	RI
I	I	S	RI	R
R	R	RI	S	I
RI	RI	R	I	S

- Structure de *groupe***
- Cloture
 - Existence de l'élément neutre
 - Existence de l'invers
 - Associativité



Felix Klein

Iannis Xenakis, *Formalized Music*, 1992

Opérations dodécaphonique (selon Babbitt)

S

(0,0) (1,4) (2,2) (3,5) (4,1) (5,3) (6,11) (7,7) (8,9) (9,6) (10,10) (11,8)

$$S: (a,b) \rightarrow (a,b)$$

I

(0,0) (1,8) (2,10) (3,7) (4,11) (5,9) (6,1) (7,5) (8,3) (9,6) (10,2) (11,4)

$$I: (a,b) \rightarrow (a, 12-b \text{ mod. } 12)$$

R

(0,8) (1,10) (2,6) (3,9) (4,7) (5,11) (6,3) (7,1) (8,5) (9,2) (10,4) (11,0)

$$R: (a,b) \rightarrow (11-a,b)$$

IR

(0,4) (1,2) (2,6) (3,3) (4,5) (5,1) (6,9) (7,11) (8,7) (9,10) (10,8) (11,0)

$$IR:(a,b) \rightarrow (11-a, b \text{ mod. } 12)$$

$$\downarrow$$

$$(11-a, 12-b \text{ mod. } 12)$$

=

$$RI:(a,b) \rightarrow (a, 12-b \text{ mod. } 12)$$

$$\downarrow$$

$$(11-a, 12-b \text{ mod. } 12)$$

Formalisation mathématique et musique algorithmique chez P. Barbaud



The image displays a page of a musical score for the piece 'Factorielle 7' by Pierre Barbaud. The score is arranged in two systems of staves. The first system includes Flûte 1, Flûte 2, Hautbois, Cor anglais, Clarinette, Clarinette basse, Trompette (sourdine), and Cor. The second system includes Violons (5), Alto (3), Violoncelles (3), and Contrebasses (2). The music is written in 3/4 time and features various dynamic markings such as *pp*, *ppp*, and *p*. Performance instructions like 'pizz.' and 'arco' are also present. The notation includes complex rhythmic patterns and melodic lines across the different instruments.

« Nous avons choisi pour notre œuvre le titre un peu littéraire de *Factorielle 7*, bien dans le goût cependant des titres prétentieux en usage dans les milieux de la musique expérimentale. Nous y traitons $7! = 5040$ formes de la série 6, 5, 11, 7, 19, 9, 1, 3, 2, 0, 8, 4, exposées à quatre voix réelles dans une technique sérielle peu conforme aux dogmes en usage au Domaine musical : qu'on imagine l'efficacité rythmique d'un Bartók mise au service d'un discours polyphonique en imitations où deux pianos traités de façon très percutante soulignent le caractère « mécanique » d'une œuvre implacable dans ses développements ».

La puissance de la combinatoire dans la création artistique : l'Oulipo

« L'ouvrage de littérature potentielle »

« Ce petit ouvrage permet à tout un chacun de composer à volonté cent mille milliards de sonnets, tous réguliers bien entendu. C'est somme toute une sorte de machine à fabriquer des poèmes, mais en nombre limité ; il est vrai que ce nombre, quoique limité, fournit de la lecture pour près de deux cents millions d'années (en lisant vingt-quatre heures sur vingt-quatre) »
(Raymond Queneau, *Cent mille milliards de poèmes*, 1961)

*Du jeune avantageux la nymphe était éprise
pour consommer un thé puis des petits gâteaux
le chauffeur indigène attendait dans la brise
il chantait tout de même oui mais il chantait faux
L'un et l'autre a raison non la foule insoumise
qui clochard devenant jetait ses oripeaux
un frère même bas est la part indécise
elle effraie le Berry comme les Morvandiaux
Devant la boue urbaine on retrousse sa cotte
aventures on eut qui s'y pique s'y frotte
l'autocar écrabouille un peu d'esprit latin
On regrette à la fin les agrestes bicoques
on mettait sans façon ses plus infectes loques
si la cloche se tait et son terlintintin*

[<http://x42.com/active/queneau.html>]



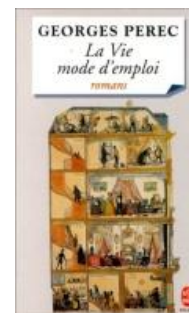
Raymond Queneau



*Château des destins
croisés* (1969)



Italo Calvino



*La vie mode
d'emploi* (1978)



Georges Perec

Formalisation mathématique et musique algorithmique chez P. Barbaud

51											
				4	1 2 1		1	3 2		1 3 2 2	
				8	4 6		6	x		z	
1	1 2	1	2 1	2 1 1	3 1		3 1	1		1 2	
8 9	z		z 3	0	2		9	9		2 3 7 7	
				3 2		2 2		1 3			
				x		z		x			
2 2	3 1								3 1		1 3
7 0		4								z 0 6	
										3 2 3 1	
										3 2 x	
								1 2 1			
								0 0 0			



66:1

Clavier 1

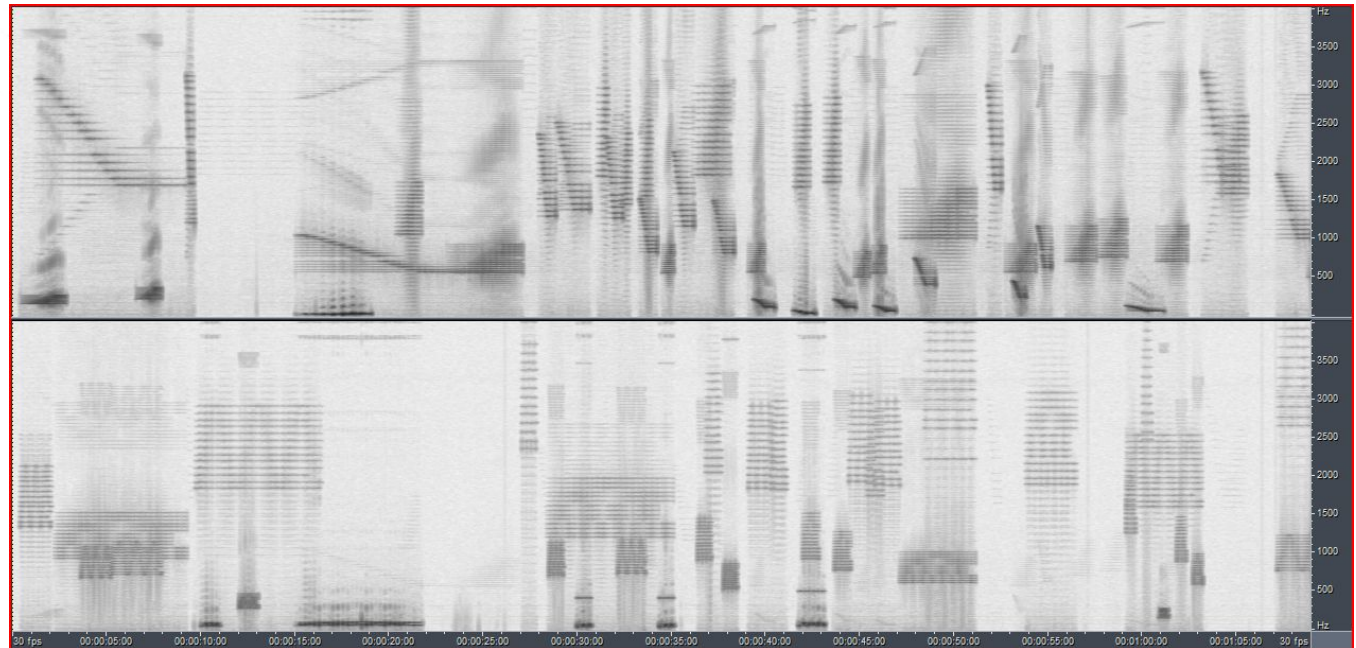
Clavier 2

Troisième période : le groupe BBK (Pierre Barbaud, Frank Brown et Geneviève Klein)

```

1 C          TERRA INCOGNITA VBI SVNT LEONES (3)    28.12.73          PAGE 1
2 C
3 C          TERRA INCOGNITA VBI SVNT LEONES
4 C          *
5 C          COMMON K1,K2,IREST                    # Omit 5
6 C          DIMENSION JAP(20,10)                 DIMENSION JAP(24,10)
7 C          DIMENSION ITIM(3)
8 C          DO 22 K=1,3
9 C          ITIM(K)=K
10 C         READ(1,2)K1,K2
11 C         FORMAT(2I5)
12 C         JCOMP=1
13 C         IDIV=20                                # Omit 12
14 C         K=1                                    3 IDIV=100
15 C         DO 20 L=1,10
16 C         CALL GIRL(IDIV)
17 C         CALL GIRL(IDIV)
18 C         J1=IREST*10
19 C         CALL GIRL(IDIV)
20 C         J2=IREST*10
21 C         IF(J1.EQ.J2)GO TO 110
22 C         JAP(K,L)=JAP(K,L)+J1
23 C         JAP(K+1,L)=JAP(K+1,L)+J2
24 C         GO TO 198
25 C         IDIV=5
26 C         CALL GIRL(IDIV)
27 C         IREST=IREST+1
28 C         GO TO(120,120,120,150,150),IREST
29 C         IJ=J1
30 C         J1=J2
31 C         J2=IJ
32 C         GO TO 112
33 C         IDIV=2
34 C         CALL GIRL(IDIV)
35 C         IREST=IREST+1
36 C         IF(J1.EQ.10)GO TO 1600
37 C         IF(J1.EQ.20)GO TO 1700
38 C         IF(J2.EQ.20)GO TO 1520

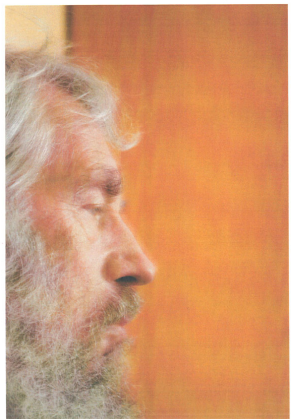
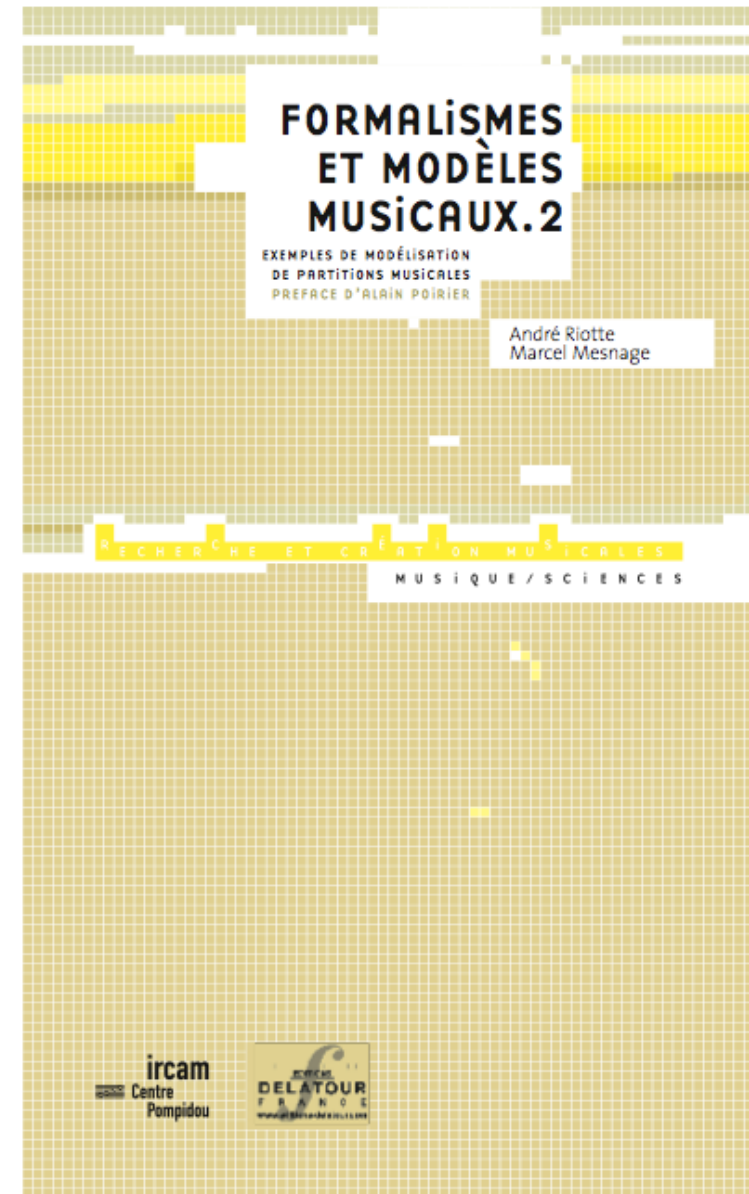
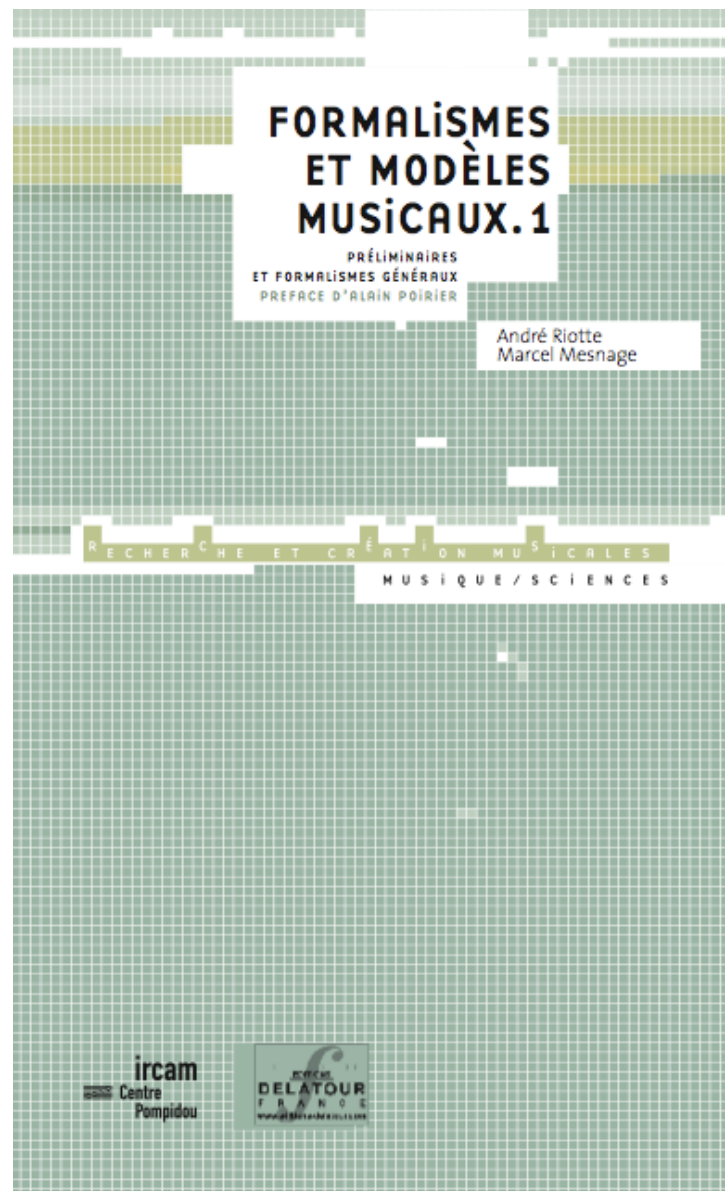
```

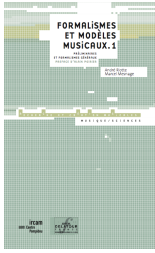


Terra incognita
(1975)

Saturnia Tellus (1980)

Formalismes et modèles pour la composition algorithmique chez André Riotte





L'analyse formalisée ou les entités formelles en musique

André Riotte e Marcel Mesnage



- « Anamorphoses » d'André Riotte
- « La terrasse des audiences du clair de lune » de Claude Debussy : esquisse d'analyse modélisée
- La mise en évidence de régularités locales : le « Mode de valeurs et d'intensités » de Messiaen
- Un exemple d'invention structurelle : le « Mikrokosmos » de Béla Bartok
- Un modèle informatique de la « Pièce pour quatuor à cordes » n°1 de Stravinsky
- Les « Variations pour piano », op. 27, d'Anton Werbern
- L'« Invention à deux voix » n°1 de J.-S. Bach
- Un modèle informatique du « Troisième Regard sur l'Enfant Jésus » d'Olivier Messiaen
- Un modèle de la « Valse sentimentale », Op. 50, n°13, de Franz Schubert
- Un automate musical construit à partir d'une courte pièce de Béla Bartok (Mikrokosmos n°39)

« Entités formelles pour l'analyse musicale »

Marcel Mesnage (1998)

A. Schoenberg : *Kleinstück Op. 22, 1920*

The diagram illustrates the formal entities of Schoenberg's *Kleinstück Op. 22, 1920*. The musical score is shown with several entities highlighted: a blue rounded rectangle around a chord in the first staff, a yellow diamond around a chord in the second staff, a blue rounded rectangle around a chord in the third staff, and a yellow diamond around a chord in the fourth staff. Below the score are six circular diagrams, each representing a pitch class set and its transformations. The diagrams are arranged in two groups of three, separated by a vertical dashed line. The first group contains three diagrams, and the second group contains three diagrams. Each diagram is a circle with 12 points representing pitch classes, and a set of numbers (0-11) is written below it. The transformations are labeled as T_3 and T_{11} .

0-5511 (1 2 5 6)	9-4233 (2 3 4 5 6)	8-6231 (1 2 3 4 5 6)	11-6132 (1 2 3 4 5 6)	0-4332 (2 3 4 5 6)	3-5511 (1 2 5 6)
T_3	T_{11}	T_{11}			

Formalismes et modèles pour la composition algorithmique chez André Riotte



Génération des cycles équilibrés (1963)

-1 -4 -3 -2 -5 +6 +5 +2 +3 +4 +1 (6)

a) Série initiale de la *Suite Lyrique* d'Alban Berg

Les intervalles sont comptés en nombre de demi-tons modulo-12 (ex. +5 = -7)

+1 +2 +3 +4 -6 +5 -4 +6 -3 -1 -5 (-2)

b) Le premier cycle équilibré calculé

+3 +1 +5 -3 +4 +2 -4 +6 -5 -1 -2 (6)

c) Cycle d'intervalles utilisé dans *Dualités* d'André Riotte

Formalismes et modèles pour la composition algorithmique chez André Riotte



Génération des cycles équilibrés (1963)



Couple de cycles équilibrés utilisés dans *Lettera Amorosa* (1967) d'André Riotte.

- Luigi Nono

Il Canto Sospeso (1, -2, 3, -4, 5, 6, -5, 4, -3, 2, -1)

matériau identique à l'™ Interversion 1™ de *Ile de feu 2*, d' Olivier Messiaen

- Karlheinz Stockhausen (-4, 5, -3, -1, 2, 6, -2, 1, 3, -5, 4)

dans *Gruppen et Klavierstück IX*

- Bernd Alois Zimmermann (-4, 1, -5, 3, -2, 6, 2, -3, 5, -1, 4)

dans *Die Soldaten*

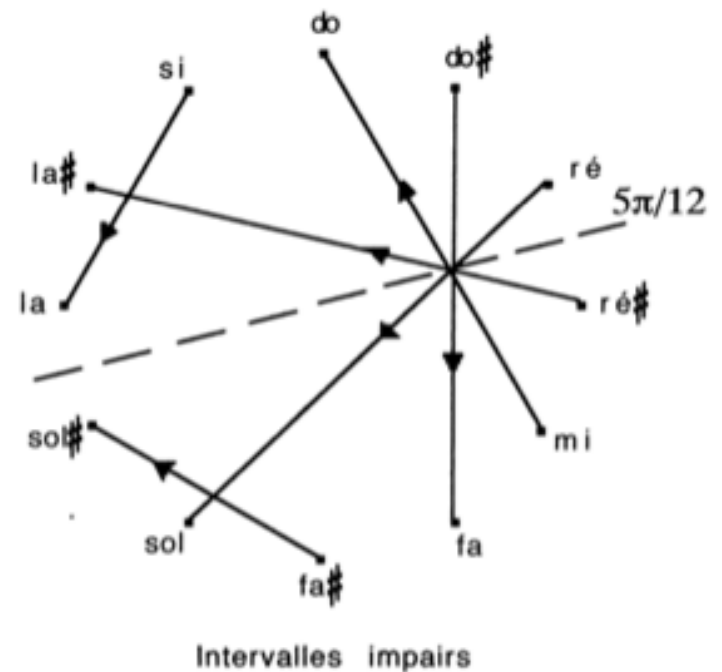
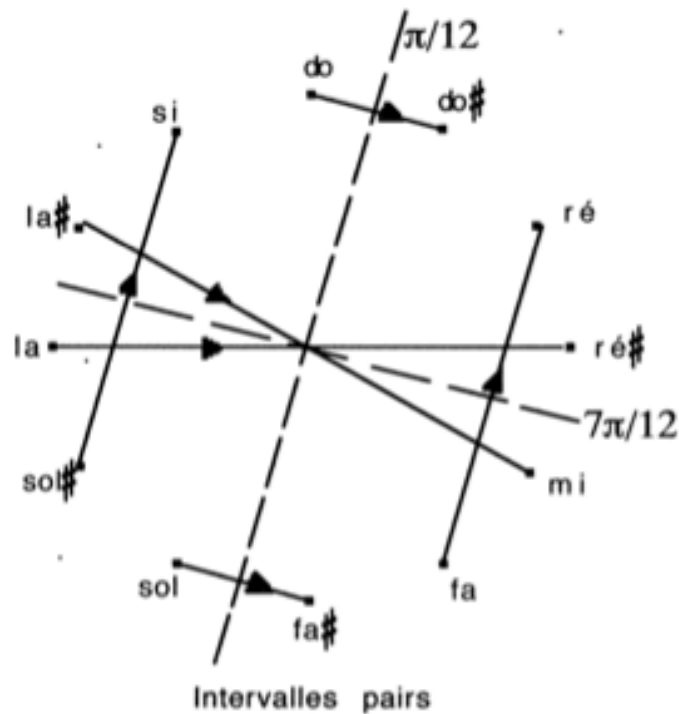
Formalismes et modèles pour la composition algorithmique chez André Riotte



L'improbable et le répétitif (1998)



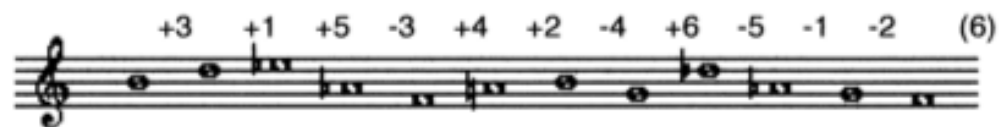
Série d'intervalles	1	4	-3	5	-1	2	3	-2	6	-5	6	-4
Intervalles pairs	1		-3		-1		3		6		6	
Intervalles impairs		4		5		2		-2		-5		-4



Formalismes et modèles pour la composition algorithmique chez André Riotte



L'improbable et le répétitif (1998)



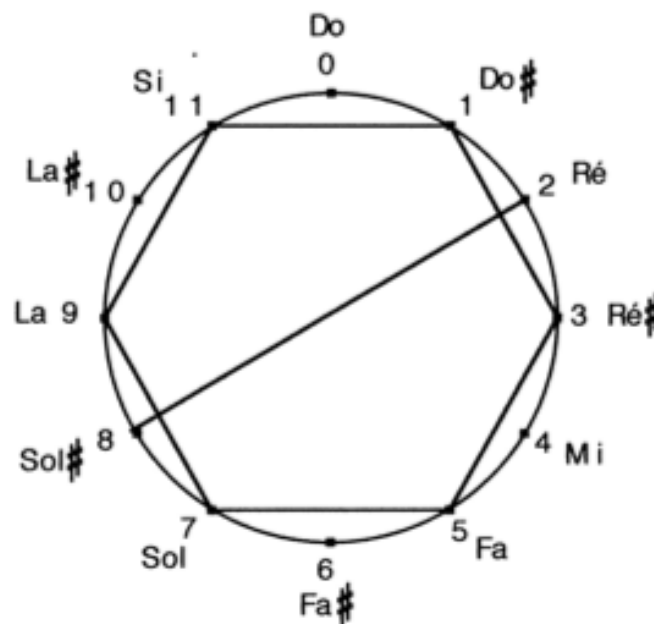
c) Cycle d'intervalles utilisé dans
Dualités d'André Riotte

Exemples de cycles de hauteurs et/ou d'intervalles

Un cycle d'intervalles détermine un mode.

Dans l'exemple ci-dessus, c'est le 6e mode à transpositions limitées

$$2_1 \cup 6_2$$



La théorie des cribles

Formalisation algébrique des structures musicales selon Xenakis

1₀

module

origine

... -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 ...

2₀

... -4 -2 0 2 4 6 8 10 ...

$$1_0 = 2_0 \cup 2_1$$

$$2_0 \cap 2_1 = \emptyset$$

2₁

... -3 -1 1 3 5 7 9 ...

$$(2_0)^c = 2_1$$

$$(2_1)^c = 2_0$$

Formalismes et modèles pour la composition algorithmique chez André Riotte



Extension de la théorie des cribles (Riotte *et al.* 1986)

The image displays a musical score for two staves in 2/4 time. The notation includes various rhythmic figures, some with brackets indicating groupings of 3 or 5 notes. Below the notation is a 'Structure métrique' diagram. The diagram consists of two vertical bars. The left bar has four rows of numbers: 0, 1, 0, 0. The right bar has four rows of numbers: 1₀, 2₀, 3₀, 5₀. To the right of the diagram is the text 'Structure métrique'. Below the diagram is the expression 2₀ ∪ 3₀ ∪ 5₀.

Exemple 8

Pattern rythmique obtenu à travers des opérations ensemblistes (union) sur des cribles élémentaires, mais appliquées à une structure métrique de base qui n'est pas un train de pulsations régulières

Extension de la théorie des cribles : *Partitions-gouffres* (1986) d'André Riotte

The image displays a musical score for a percussion ensemble, titled "Partitions-gouffres" (1986) by André Riotte. The score is organized into several sections, each with its own staff and dynamic markings.

- S₀ to S₁₁:** A series of eleven staves, each starting with a dynamic marking of *f*. The notation includes various rhythmic patterns, including eighth and sixteenth notes, and rests.
- GONG:** A section with a dynamic marking of *f*, featuring a single note on a staff.
- PLAYER 1 TOMS:** A section with a dynamic marking of *f*, containing three staves labeled *f*₁₂, *f*₁₃, and *f*₁₄. The dynamics for these staves are marked as *mp* (mezzo-piano) and *f* (forte).
- dr₀₁:** A section with a dynamic marking of *f*, featuring a single note on a staff.

The score is presented in a traditional musical notation style, with notes, rests, and dynamic markings clearly visible on each staff. The overall structure is complex, with multiple layers of rhythmic activity.

Extension de la théorie des cribles : *Partitions-gouffres* (1986) d'André Riotte

ICR-Partitions-GOUFFRES

9/25/90 13:53:07

Page 1

Introduction de PERCUSSIONS-GOUFFRES pour 4 Percussions, André RIOTTE

;Grappes : (G1 5 0) (G2 7 0) (G3 11 0 3) (G4 13 0 1)
;PPCM : 5005 Univers : (0 441) Etendue : (0 441)

;Ensemble image *P* cardinal 232

;0 Complément *CP* cardinal 210

;Partition de *P* :

;1: génératrice (G1) cardinal : 51
;2: génératrice (G2) cardinal : 36
;3: génératrice (G3) cardinal : 46
;4: génératrice (G4) cardinal : 37
;5: génératrice (G1 G2) cardinal : 9
;6: génératrice (G1 G3) cardinal : 13
;7: génératrice (G1 G4) cardinal : 11
;8: génératrice (G2 G3) cardinal : 7
;9: génératrice (G2 G4) cardinal : 6
;10: génératrice (G3 G4) cardinal : 9
;11: génératrice (G1 G2 G3) cardinal : 2
;12: génératrice (G1 G2 G4) cardinal : 1
;13: génératrice (G1 G3 G4) cardinal : 1
;14: génératrice (G2 G3 G4) cardinal : 2
;15: génératrice (G1 G2 G3 G4) cardinal : 1

;union 11 15, cardinal : 3
;union 1 7, cardinal : 62
;union 2 9, cardinal : 42
;union 3 10, cardinal : 55
;union 12 15, cardinal : 2
;union 1 6, cardinal : 64
;union 2 8, cardinal : 43
;union 4 10, cardinal : 46
;union 13 15, cardinal : 2
;union 1 5, cardinal : 60
;union 3 8, cardinal : 53
;union 4 9, cardinal : 43
;union 14 15, cardinal : 3
;union 2 5, cardinal : 45
;union 3 6, cardinal : 59
;union 4 7, cardinal : 48

début : 0 fin : 71

mes. 1			2	3	
(11 15)	.....	.....	.....	.....	Perc. 1
(1 7)	.....	.....	.....	.....
(2 9)	.....	.....	.....	.....
(3 10)	.....	.....	.....	.....
mes. 2					
(12 15)	.....	.....	.....	.....	Perc. 2
(1 6)	.....	.....	.....	.....
(2 8)	.....	.....	.....	.....
(4 10)	.....	.....	.....	.....
mes. 3					
(13 15)	.....	.....	.....	.....	Perc. 3
(1 5)	.....	.....	.....	.....
(3 8)	.....	.....	.....	.....
(4 9)	.....	.....	.....	.....
mes. 4					
(14 15)	.....	.....	.....	.....	Perc. 4
(2 5)	.....	.....	.....	.....
(3 6)	.....	.....	.....	.....
(4 7)	.....	.....	.....	.....

début : 72 fin : 143

mes. 4			5	6	
(11 15)	.....	.....	.....	.....	Perc. 1
(1 7)	.....	.....	.....	.....
(2 9)	.....	.....	.....	.....
(3 10)	.....	.....	.....	.....
mes. 5					
(12 15)	.....	.....	.....	.....	Perc. 2
(1 6)	.....	.....	.....	.....
(2 8)	.....	.....	.....	.....
(4 10)	.....	.....	.....	.....
mes. 6					
(13 15)	.....	.....	.....	.....	Perc. 3
(1 5)	.....	.....	.....	.....
(3 8)	.....	.....	.....	.....
(4 9)	.....	.....	.....	.....
mes. 7					
(14 15)	.....	.....	.....	.....	Perc. 4
(2 5)	.....	.....	.....	.....
(3 6)	.....	.....	.....	.....
(4 7)	.....	.....	.....	.....

PARTITIONS-GOUFFRES

André RIOTTE

Aussi vite que possible pour conserver une
claire articulation. ($\delta \approx 108$).
Les accents très marqués

Lors des variations de nuances, même décalage entre
notes accentuées et non accentuées. Nuance pp : ces
derrnières presque imperceptibles.

© 1988 by André RIOTTE

Propriété de l'Auteur. Tous droits réservés.

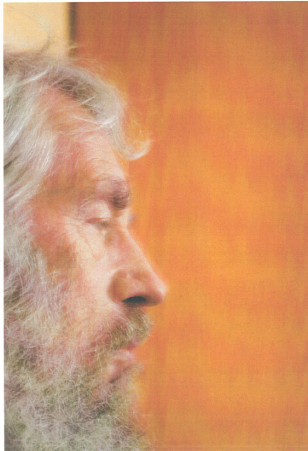


Rythmes irréguliers



Rythmes réguliers

Formalismes et modèles pour la composition algorithmique chez M. Mesnage



Hommage à Marcel Mesnage

Mercredi 1^{er} avril 2009

Programme :

- M. Mesnage
Entrada Primera (1998) (sons échantillonnés) – durée : 1'30''
- M. Mesnage
Cyprienne (2001) (sons échantillonnés) – durée : 1'58''
- M. Mesnage
Amélie (2000) (piano : Thérèse Malengreau) – durée : 1'30''



Après Entrada primera assez saisissante dans son profil de « sonnerie », Cyprienne semble échapper au processus qui a présidé à sa construction tandis que Amélie apparaît comme le paradigme d'un processus obsessionnel, ce qui m'avait donné l'envie — et c'était un vieux pari entre Marcel Mesnage et moi — de me substituer à la machine alors que l'interprétation en paraît a priori vaine. Mais certainement pas vaine pour moi : c'était l'occasion d'analyser « digitalement » la construction spirallique des évolutions mélodiques et de mettre en avant le vertige qui se fait déjà sentir dans une exécution machine immuable par les vertus et les a-prioris interprétatifs de la perception humaine.

D'après la présentation de Thérèse Malengreau lors de la
« Journée autour d'André Riotte et Marcel Mesnage »
Ircam, 29 avril 2006

Formation ATIAM

Acoustique Traitement du Signal Informatique Appliqués à la Musique Parcours
multi-mentions du Master (M2) Sciences et Technologies de l'Université Pierre et
Marie Curie (Paris 6)



UE Musique et Sciences depuis 1945

Musique algorithmique

2008-2009

Moreno Andreatta

Equipe Représentations Musicales
IRCAM/CNRS UMR 9912

