

Approches mathématiques en
théorie musicale :
l'« école formelle » française et son héritage

ALTÉRITÉ ET OUVERTURE

L'AUTRE DANS LA THÉORIE MUSICALE

Genève, Théâtre les Salons

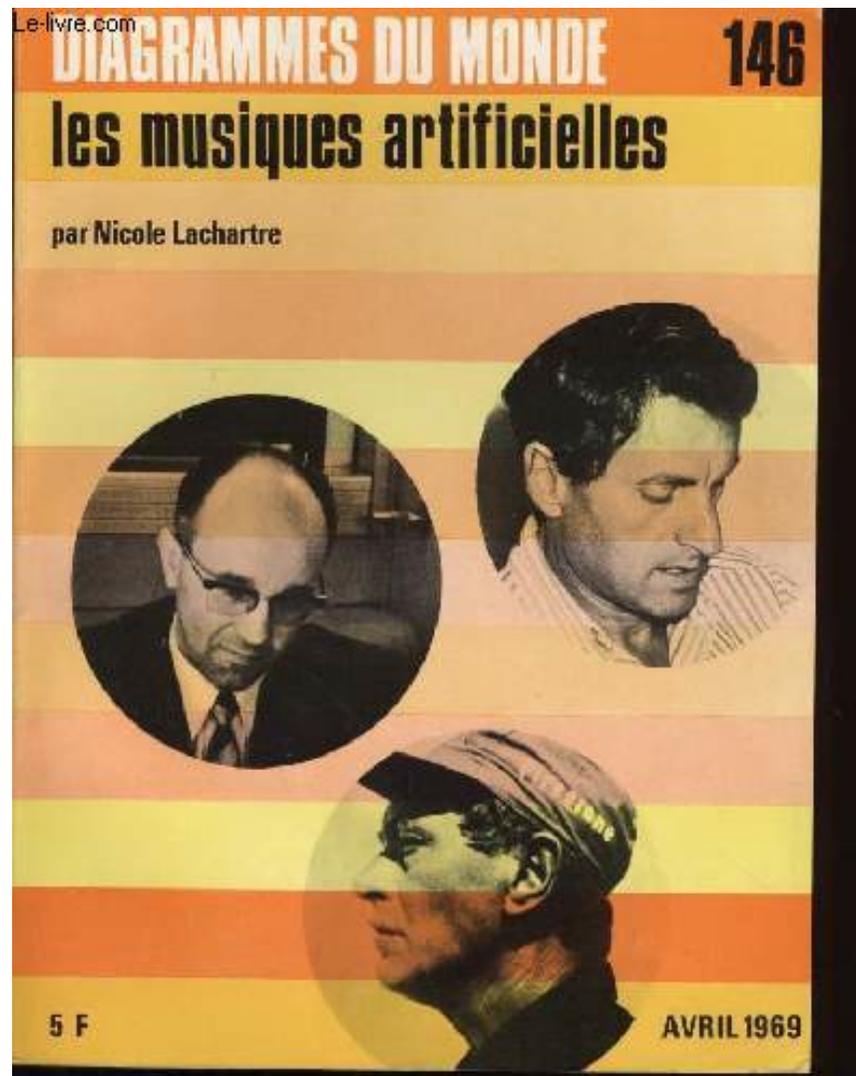
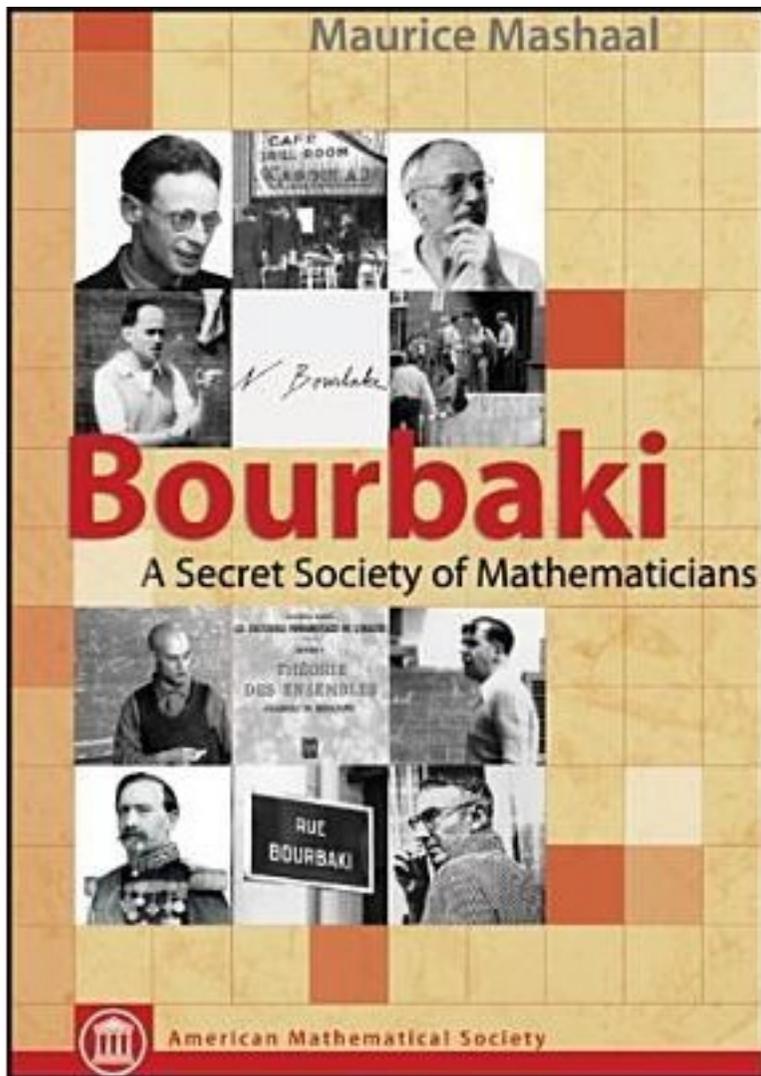
17 octobre 2014

Moreno Andreatta

Equipe Représentations Musicales /
IRCAM/CNRS UMR 9912

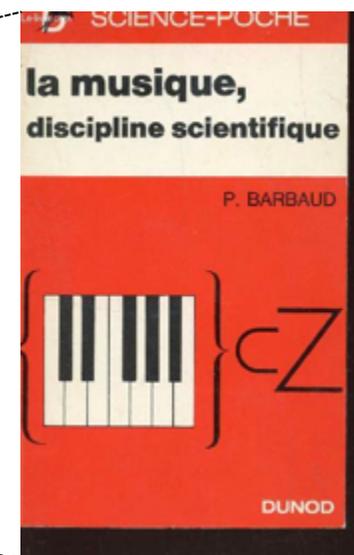
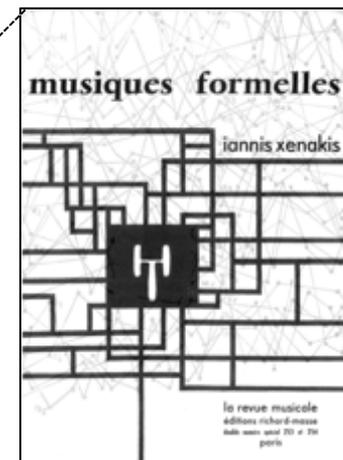
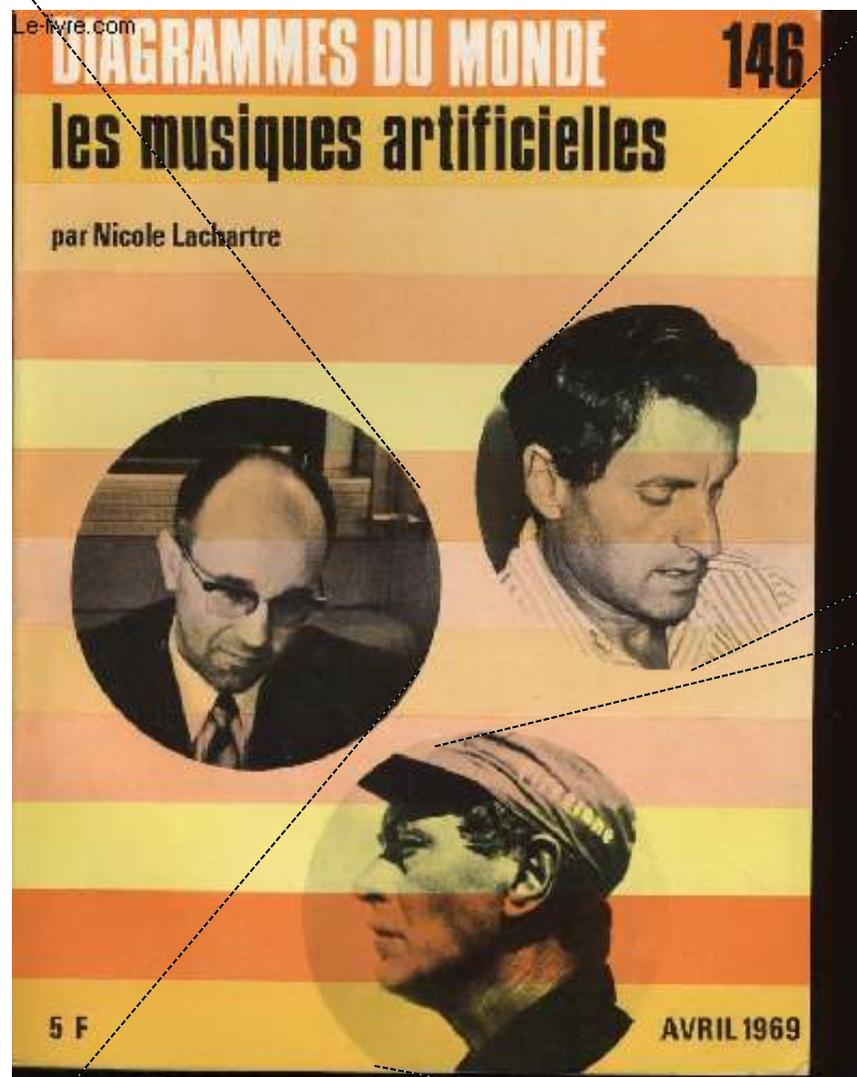
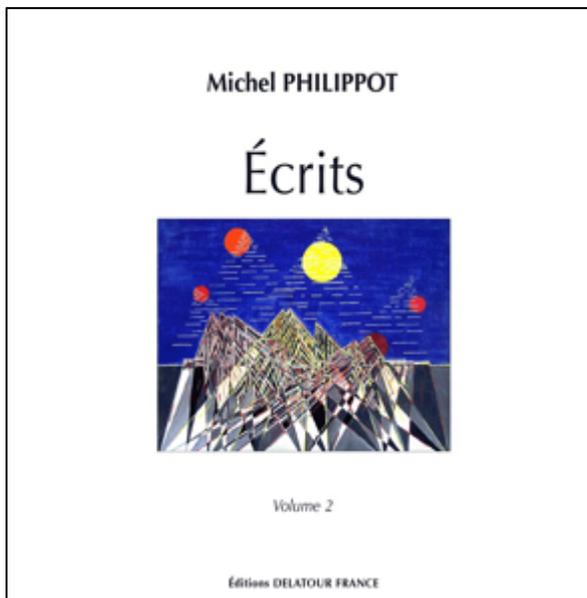
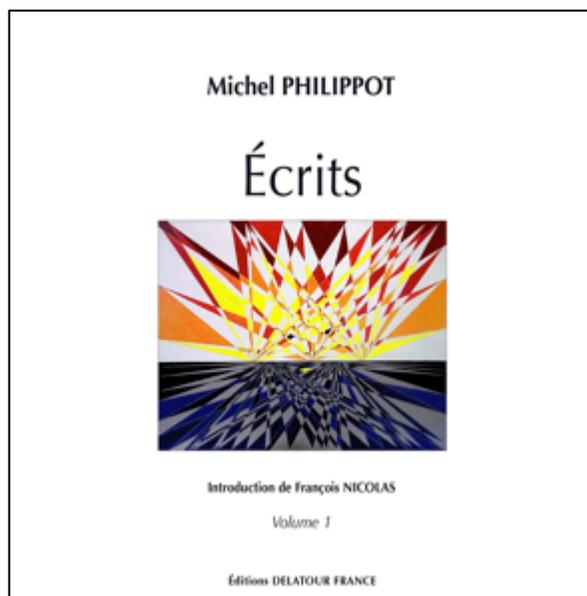


Peut-on parler d'une école formelle française en musique ? (de même qu'on peut parler d'une école française de mathématique ?)



Peut-on parler d'une école formelle française en musique ?

(Pierre Barbaud (1911-1990), Michel Philippot (1925-1996) et Iannis Xenakis (1922-2001))



Peut-on parler d'une école formelle française en musique ?

Barbaud (1911-1990), Philippot (1925-1996), Xenakis (1922-2001), André Riotte & Marcel Mesnage

The collage features several key elements:

- Top Left:** Two small book covers by Michel Philippot titled "Écrits".
- Top Right:** Two book covers: "musiques formelles" by Iannis Xenakis and "MUSIQUE ARCHITECTURE" by Iannis Xenakis.
- Center:** A large book cover titled "DIAGRAMMES DU MONDE 146 les musiques artificielles par Nicole Lachartre". It features portraits of Iannis Xenakis and Pierre Boulez, and the date "AVRIL 1969".
- Right Side:** A black and white photograph of a control room with multiple mixing consoles. Below it are two portraits of composers: André Riotte and Marcel Mesnage.
- Bottom Right:** Two book covers from the "FORMALISMES ET MODÈLES MUSICAUX" series, numbered 1 and 2, edited by André Riotte and Marcel Mesnage.
- Bottom Left:** A book cover titled "la musique, discipline scientifique" by P. Barbaud, published by Olindo.

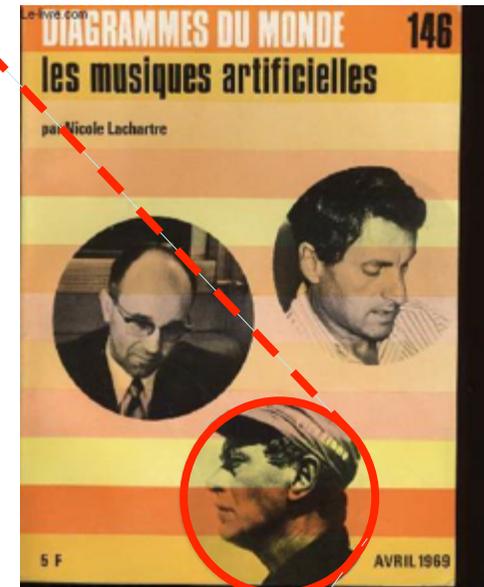
La place de l'algorithmique dans l'école formelle française

M. Andreatta, « Musique algorithmique », in In N. Donin et L. Feneyrou (dir.), *Théorie de la composition musicale au XX^e siècle*, Symétrie, 2013

« La musique algorithmique se distingue [...] des musiques concrète ou électronique [...] en ce qu'elle se veut *résolument systématique*. C'est, en d'autres termes, la recherche, l'élaboration et le classement des processus de mécanisation possibles sur des êtres sonores, une tentative d'industrialisation de la composition musicale. [...] Il s'agit :

- 1° d'établir un contrôle rigoureux des analyses des structures sonores qui constituent la musique, contrôle dont le critère ne peut être aujourd'hui que la possibilité de **mécanisation** ;
- 2° de mieux comprendre la nature de la création musicale en isolant expérimentalement son aspect objectif **formalisable** de son aspect proprement « humain » ;
- 3° de laisser la « machine » pousser à son extrême limite **la logique d'un système** dont elle fournirait un **modèle abstrait** sur lequel on peut encore s'interroger du point de vue « subjectif », mais en évitant [...] de confondre les problèmes de syntaxe avec ceux d'esthétique ;
- 4° d'**alléger le travail matériel du compositeur** et de simplifier et enrichir les méthodes d'enseignement de la composition musicale [...]

(P. Barbaud, *Musique algorithmique*, *Esprit*, 280, 1960, p. 92-96).



Musique et maths : destinées parallèles ou influences mutuelles ?

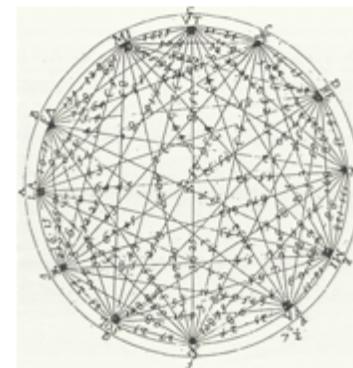
Iannis Xenakis, *Musique. Architecture*, Tournai, Casterman, 1971



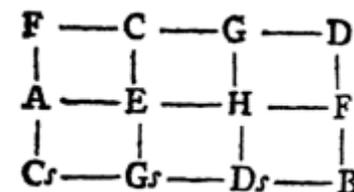
MUSIQUE	MATHS
500 av. J. C. Relation hauteur/longueur corde. La musique est source d'inspiration pour la théorie des nombres et la géométrie.	Nombres naturels et rationnels
300 a.J. Invention (théorique) de la gamme chromatique tempérée égale par Aristoxène de Tarente) et prémonition de la théorie des groupes . Isomorphismes entre les logarithmes (intervalles musicaux) et les exponentiels (longueur d'une corde)	<i>Aucune relation.</i>
1000 Invention de la représentation bidimensionnelle des hauteurs	<i>Aucune correspondance</i>
1500 <i>Aucune reprise des concepts précédents</i>	Nombres négatifs. Construction des rationnels
1600 <i>Aucune relation</i>	Nombres réels et les logarithmes
Marin Mersenne (1588-1648) : combinatoire musicale	Calcul des probabilités
1700 La fugue comme un automate abstrait. Manipulation inconsciente du groupe de Klein	Nombres complexes (Euler, Gauss), les quaternions (Hamilton), continuité (Cauchy), structure de groupe (Galois, Abel)
Leonhard Euler : <i>Speculum Musicum</i> (1773)	Théorie des graphes
1900 Libération de la prison de la tonalité (Loquin, Hauer, Schoenberg)	Nombres infinis et transfinis (Cantor). Axiomatique de Peano. Théorie de la mesure (Lebesgue, Borel)
1920 Formalisation radicale des macrostructures à travers le système sériel (Schoenberg)	<i>Aucun développement de la théorie des nombres.</i>
Ernst Krenek (1900-1991) : les axiomes dans le système dodécaphonique	David Hilbert, <i>Les fondements de la géométrie</i> (1899)



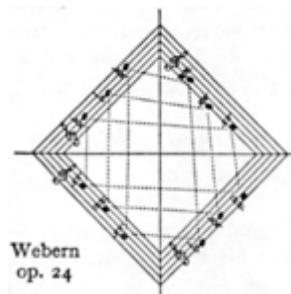
Pythagore et le monochorde, VI^e-V^e siècle av. J. C.



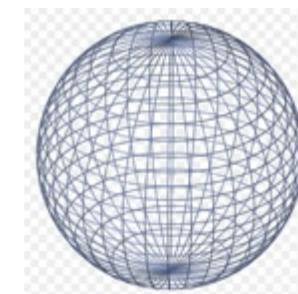
Mersenne, *Harmonicorum Libri XII*, 1648



Euler : *Speculum musicum*, 1773



Webern op. 24



Marin Mersenne et la naissance de la combinatoire musicale

II 4. Marin Mersenne, *Harmonicorum Libri XII*, 1648

LIBER SEPTIMVS. DE CANTIBVS, SEV CANTILENIS, EARVMQ; NVMERO, PARTIBVS, ET SPECIEBVS.

Tabula Combinationis ab 1 ad 22.

I	1
II	2
III	6
IV	24
V	120
VI	720
VII	5040
VIII	40320
IX	362880
X	3628800
XI	39916800
XII	479001600
XIII	6127020800
XIV	87178291200
XV	1307674368000
XVI	20922789888000
XVII	335687418096000
XVIII	6402373705728000
XIX	121645100408832000
XX	24319020081766400000
XXI	510909421717094400000
XXII	1124000727776076800000

HARMONICORVM
LIBRI XII
IN QVIBVS AGITVR
DE SONORVM NATVRA,
CAVSIS, ET EFFECTIBVS: DE CONSONANTIS,
Diffofantis, Rationibus, Generibus, Modis, Cantibus, Com-
pofitione, orbifque totius Harmonicis Instrumentis.

Auctore F. M. MERSENNO Minimo.
Ad Illuftr. V. HENRICVM LVDOVICVM HABEATVM
DE MONTMOR.

Laudate eum in cymbalis benedictantibus, laudate eum in cymbalis iubilantibus:
Omnes fpiritus laudet Dominum. PŒALM. 150.

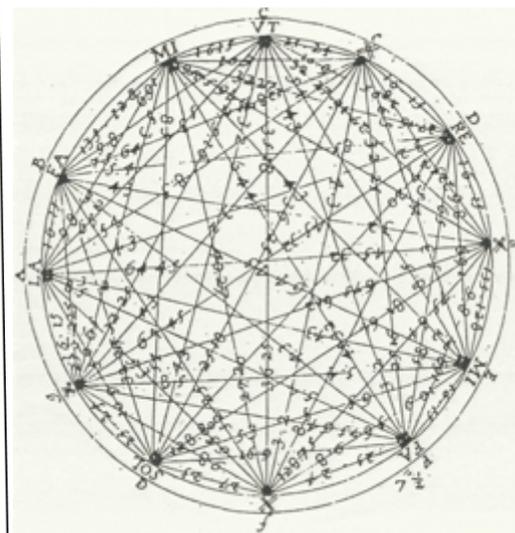
EDITIO. AVCTA.



LVTETIÆ PARISIORVM.
Sumptibus GUILLELMI BAUDRY, viâ Iacobzâ,
prope Collegium Pleſſæum.

M. DC. XLVIII.

Cum Privilegio Regis Chriftianiſſ. et Approbatione Superiorum;



Varietas, ſeu Combinatio quatuor notarum.

De Mersenne à Edmond Costère : premiers catalogues d'accords

Edmond Costère, *Lois et Styles des Harmonies Musicales*. Paris: Presses Universitaires de France, 1954.

114

LIBER SEPTIMVS. DE CANTIBVS, SEV CANTILENIS, EARVMQ NVMERO, PARTIBVS, ET SPECIEBVS.

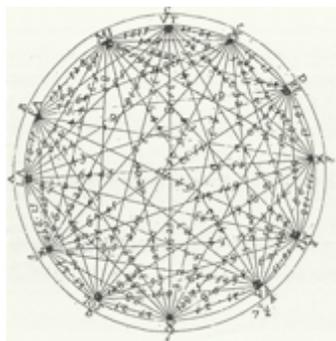


Tabella pulcherrima & vtilissima Combinationis duodecim Cantilenarum.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3	6	10	15	21	28	36	45	55	66	78	91	105
4	10	20	35	56	84	120	165	220	286	364	455	560
5	15	35	70	126	210	330	495	715	1001	1365	1820	2380
6	21	56	126	252	462	792	1237	2002	3003	4368	6188	8400
7	28	84	210	462	924	1716	3003	5005	8008	12376	18564	25920
8	36	120	330	792	1716	3432	6435	11440	19449	31824	50388	73920
9	45	165	495	1287	3003	6435	12870	24310	43758	75582	125970	184800
10	55	220	715	2002	5005	11440	24310	48620	91378	167960	293230	448800
11	66	286	1001	3003	8008	19449	43758	91378	184756	352716	646646	1008000
12	78	364	1355	4368	12176	31824	75582	167960	352716	705432	1352078	2704156
13	91	455	1820	6188	18564	50388	125970	293230	646646	1352078	2704156	5200300
14	105	560	2380	8400	27132	77520	204490	497420	1144066	2496144	5200300	10400600
15	120	680	3060	11528	38760	116280	319770	817190	1961256	4457400	9657700	20000000
16	136	816	3876	15504	54264	170544	490314	1307504	3287676	7726600	17383860	38000000
17	153	969	4845	20349	74613	243157	735471	2042975	5311735	13037895	30421755	67000000
18	171	1140	5935	26334	100947	346104	1081575	3124550	8436285	21474180	51895935	117000000
19	190	1350	7315	33649	134596	480700	1562275	4686825	13123100	34597230	86493225	200000000
20	210	1540	8855	42504	177100	657800	2200075	6906900	20030010	54627300	141120325	350000000
21	231	1771	10626	53130	230250	888030	3108105	10015005	30045015	84672315	225792840	570000000
22	253	2024	12650	67800	296010	1184040	4292145	14307150	44352165	129024480	354817320	900000000
23	276	2300	14950	80730	376740	1560780	5852925	20160075	64512290	193536720	548354040	1400000000
24	300	2600	17550	98180	475020	2035800	7888725	28048800	92561040	286097760	834451800	2100000000
25	325	2925	20470	11875	59375	2629575	10118300	38567100	131128140	417215900	1251677700	3200000000

THESAURUS - 115 - (0 1 3 7)

interval vector: <1 1 1 1 1>
 Tn/Tri type: (0 1 3 7)
 complementary: (0 2 3 4 6 7 8 9)
 isomers: (0 1 4 6) (0 2 5 6)

Tn-roughness: 4.06 fusion: 1.18
 tonicity: 9.38 phonology: 33.75
 Costère number: 21 13 14 i=0
 Forte number: 4-229

azimuth: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 t e
 -87.21*
 root: 15 11 (2) 15 (0 8 5) 10 (8 5 1 4)
 vertex: 10 12 (6) 11 (3 6 0) 18 (5 1 7 5)
 cardinal: 3 2 (3) 1 (1 1 2) 2 (3 0 1 1)
 tonal M: (6 6 5 4 5 4 5 6 7 3 5 4 4)
 tonal m: 6 (6 4 4 4 7 4 6 5 4 4 6)

transpositional: 8 (9 5 5 5 9 6 9 5 5 5 9)
 inversional: (5 8 8 10 4 6 5 8 8 8 4 6)

Tn invariance: 4 1 1 1 1 1 2 1 1 1 1 1
 Tni invariance: 1 2 2 2 2 0 1 2 2 0 2 0

SUBSETS (0 1 3 5 6 8 9) (0 1 3 5 6 8 9)
 (0) (0 1 3 5 6 8 9)
 (0 1) (0 1 3 5 6 8 9)
 (0 2) (0 1 4 5 6 7 8)
 (0 3) (0 2 3 4 5 6 8)
 (0 4) (0 1 4 5 6 7 8)
 (0 5) (0 2 3 4 5 6 9)
 (0 6) (0 2 3 4 5 7 8)
 (0 1 3) (0 2 3 5 6 8 9)
 (0 2 6) (0 2 3 5 6 8 9)
 (0 3 7) (0 2 3 5 6 8 9)
 (0 5 6) (0 2 3 5 6 8 9)

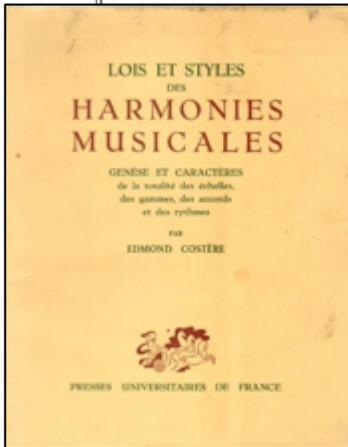
4 items

Asymmetrical relative: (0 4 6 7)
 integrally tonal-imitative
 Om [ab-bA]

Cardinally Transitive with balanced cardinal pole
 cardinal poles: 0 (2) (8)
 Tonal Minor
 Tonally Explosive
 Tonic m
 tonal poles: (8M) (5m)
 intrinsic tonic poles: Om

COMMONALITY
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 t e
 Tn: 100 28 36 32 36 39 54 39 36 32 36 28
 Tni: 35 47 43 51 44 24 38 57 54 20 63 23
 (0 4 7): 63 31 13 51 15 30 31 26 46 24 20 29
 (0 3 7): 79 23 15 28 25 34 28 31 30 22 28 12

T0 T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9 T10 T11 T12

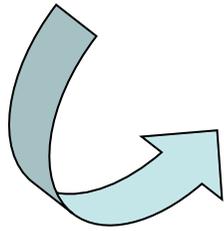
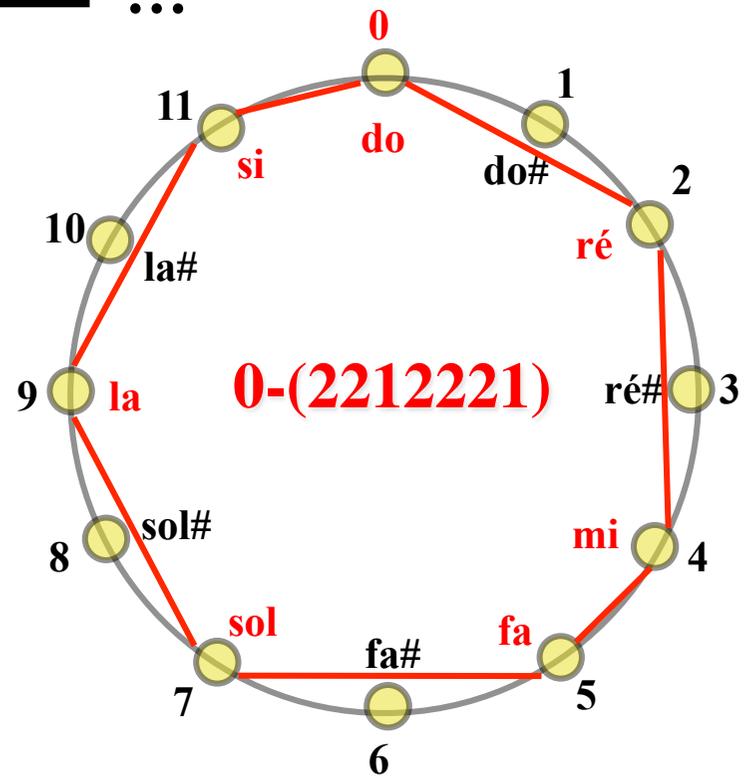
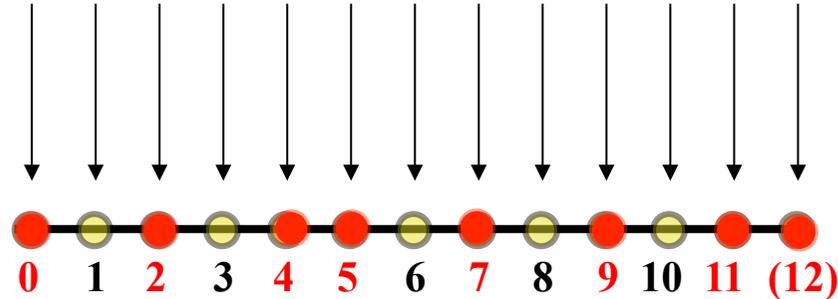
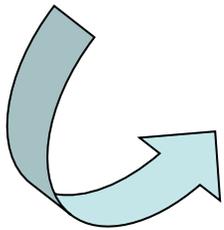


M. A. Bittencourt, « A computational model of E. Costère's music theories and Set-Theory implemented as an analytical calculator », SBCM 2007, São Paulo.

Une gamme est un polygone inscrit dans le cercle



Do maj = {0,2,4,5,7,9,11}



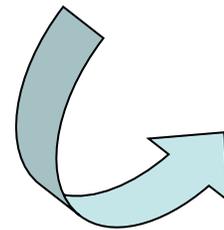
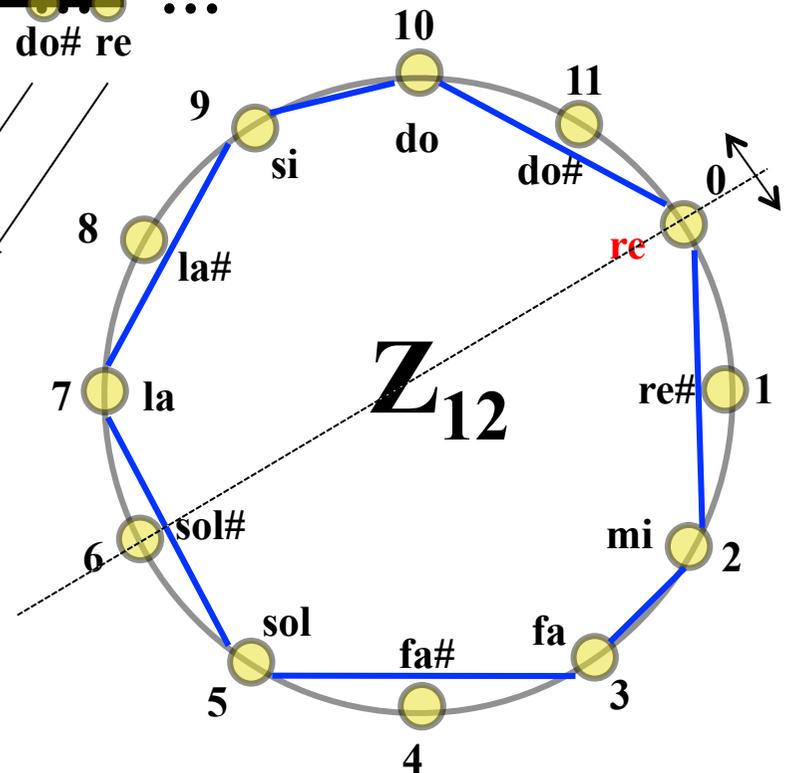
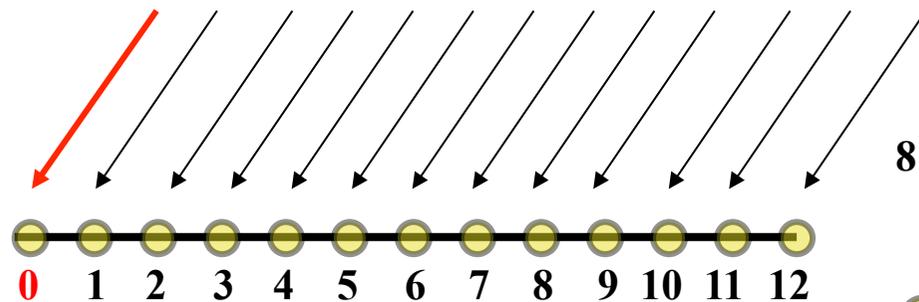
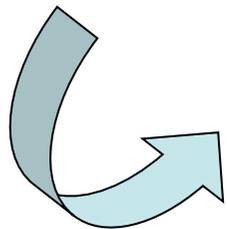
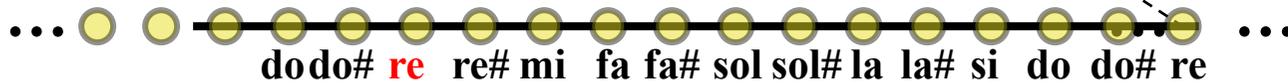
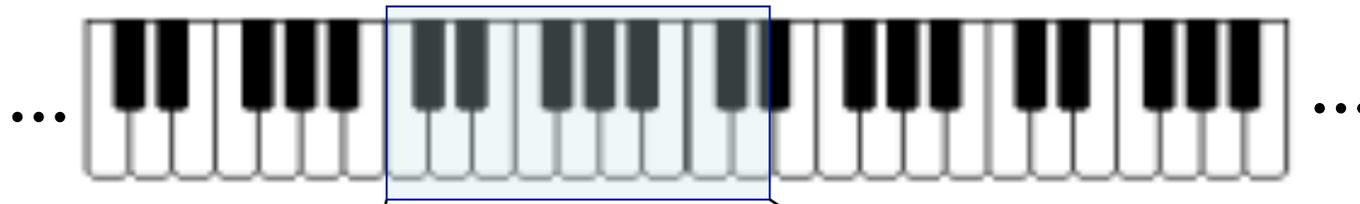
A. Riotte



M. Mesnage

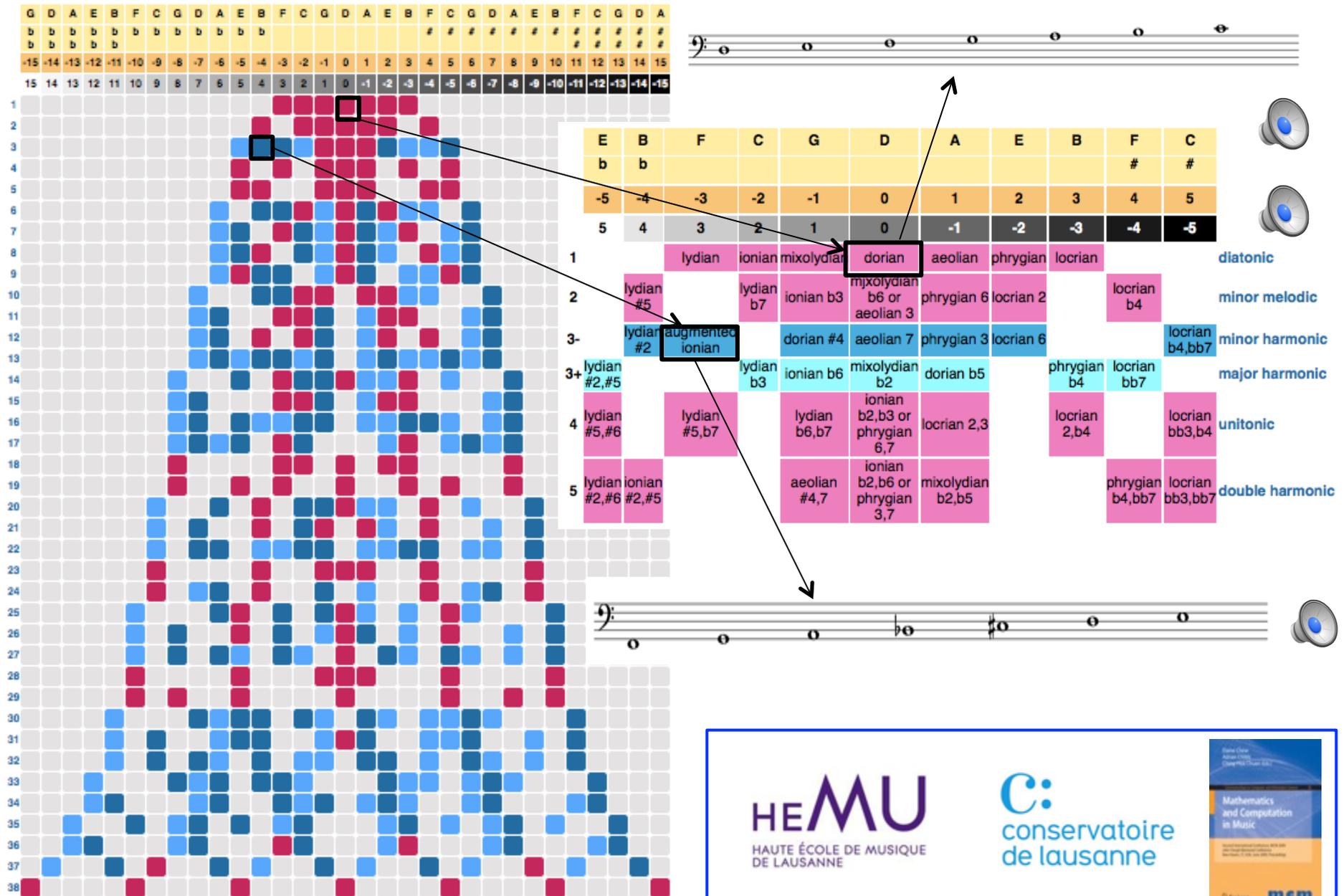


La symétrie du *ré* : la *Technie* de C. Durutte



Camille Durutte

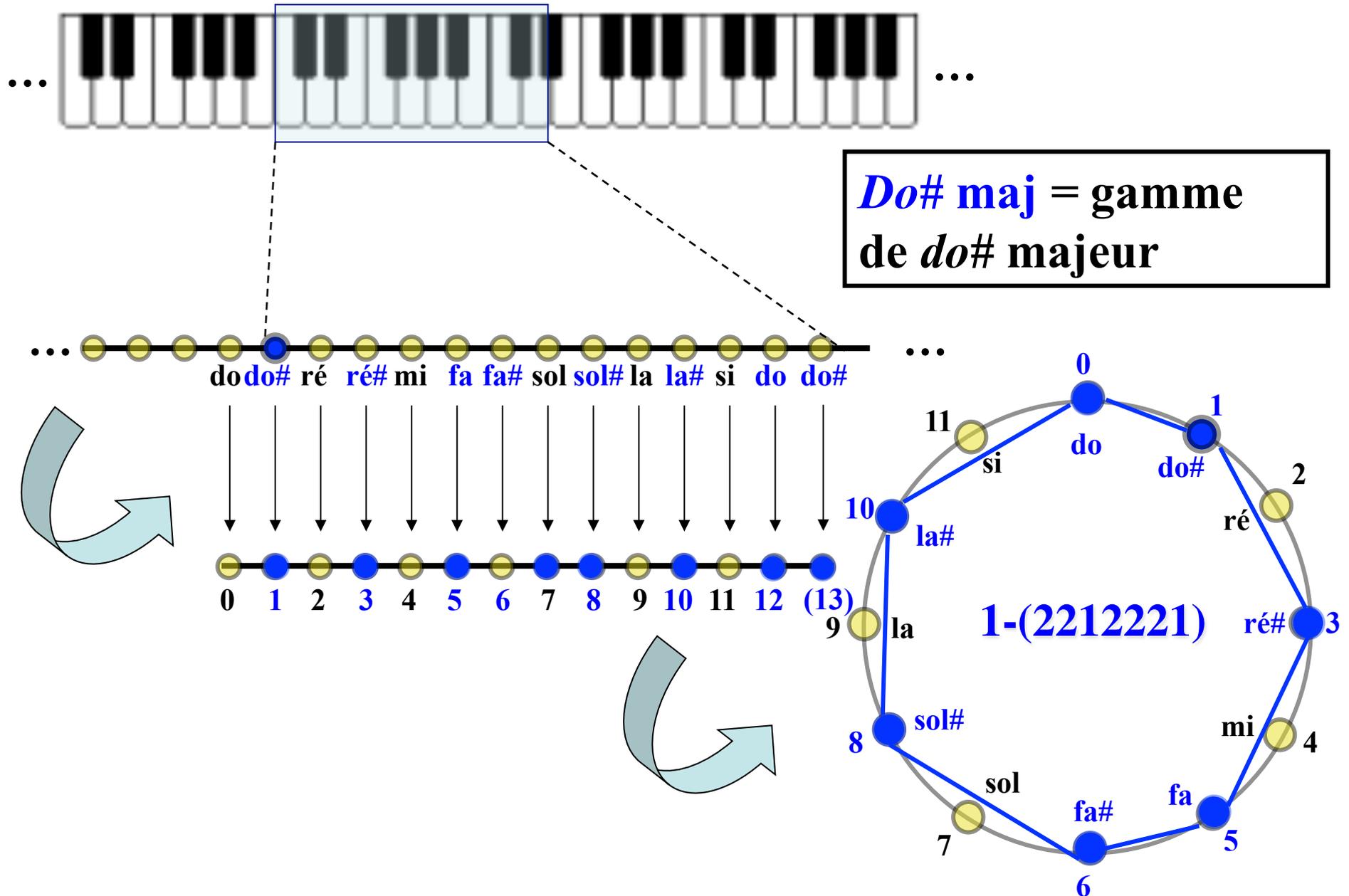
La cloche diatonique (P. Audétat & co.)



<http://www.cloche-diatonique.ch/>



Les rotations d'un polygone sont les transpositions

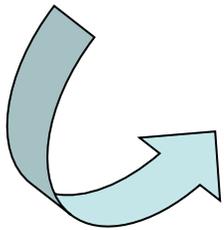


Les transpositions sont des additions...

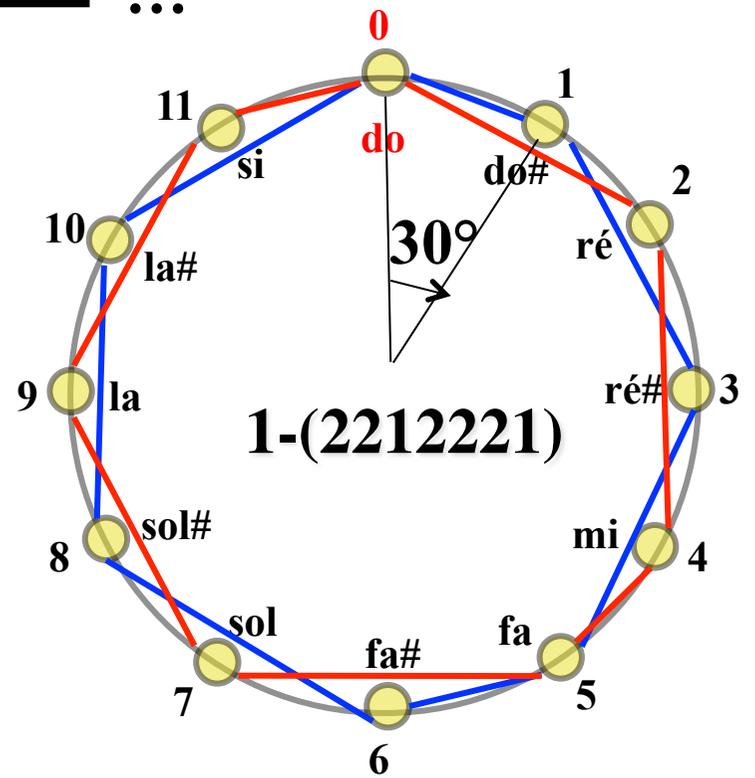
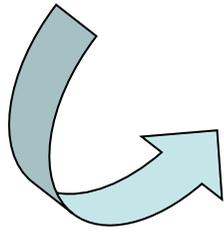


$$\begin{aligned} \text{Do maj} &= \{0, 2, 4, 5, 7, 9, 11\} + 1 \\ \text{Do\# maj} &= \{1, 3, 5, 6, 8, 10, 0\} \end{aligned}$$

... do do# ré ré# mi fa fa# sol sol# la la# si do ...

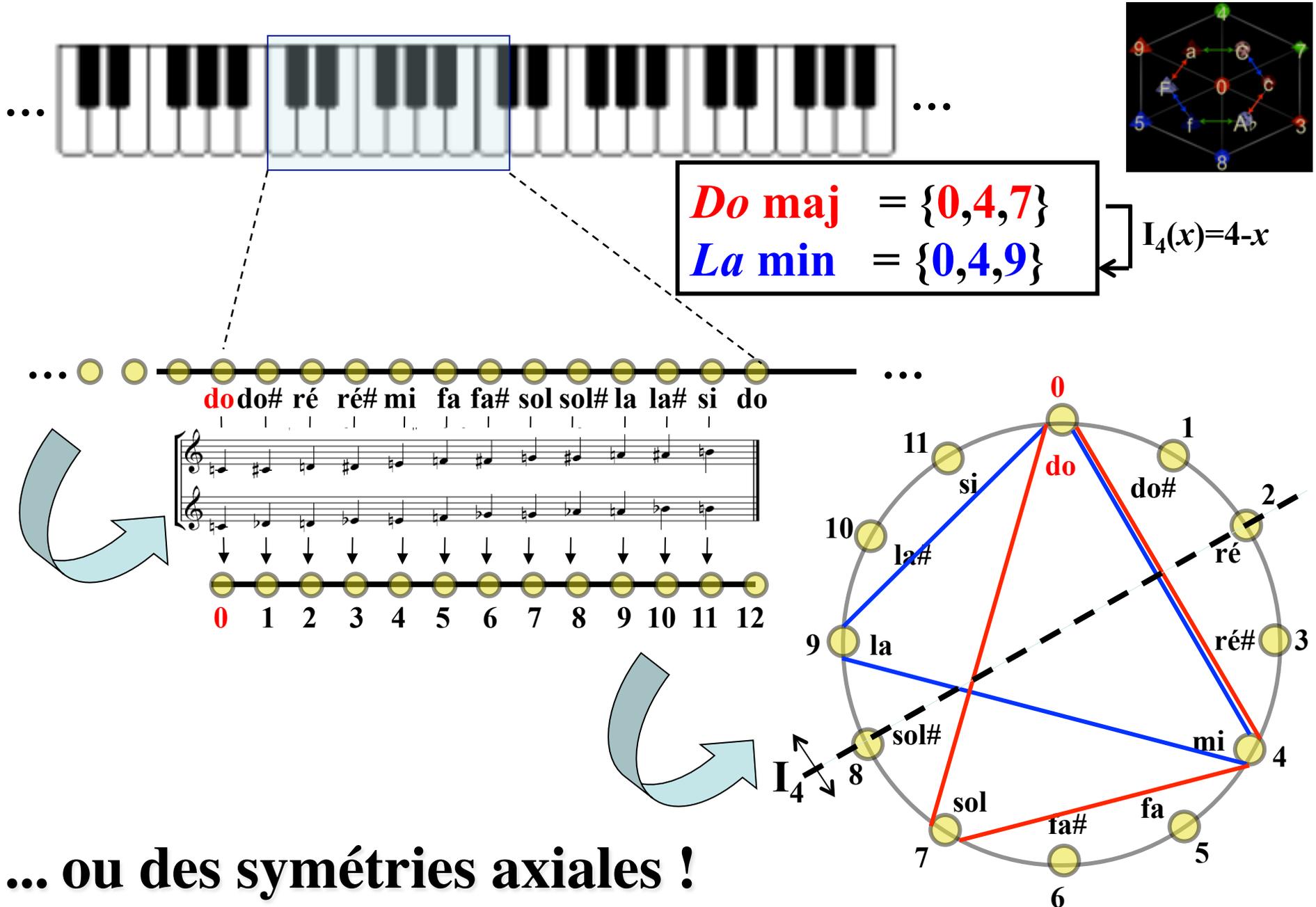


0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

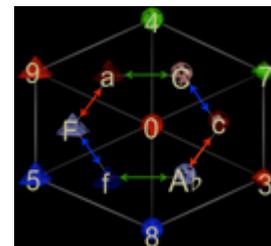


... ou des rotations !

Les inversions sont des soustractions...



Les inversions sont des soustractions...



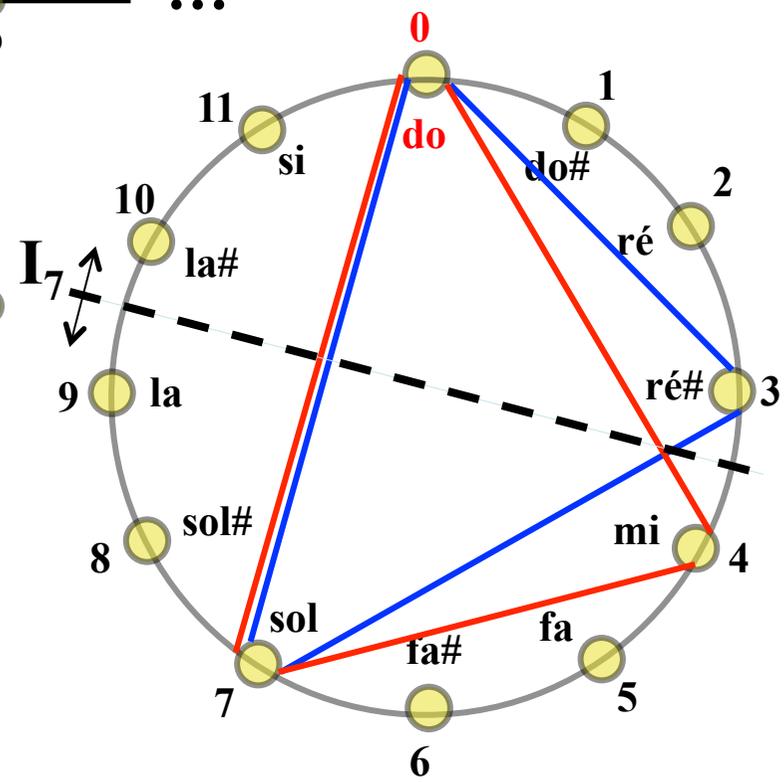
Do maj = {0,4,7}
Do min = {0,3,7}

$I_7(x) = 7 - x$

... do do# ré ré# mi fa fa# sol sol# la la# si do ...

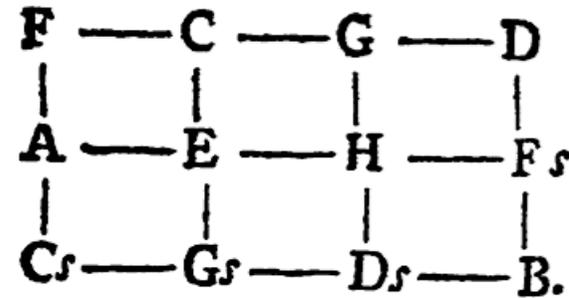
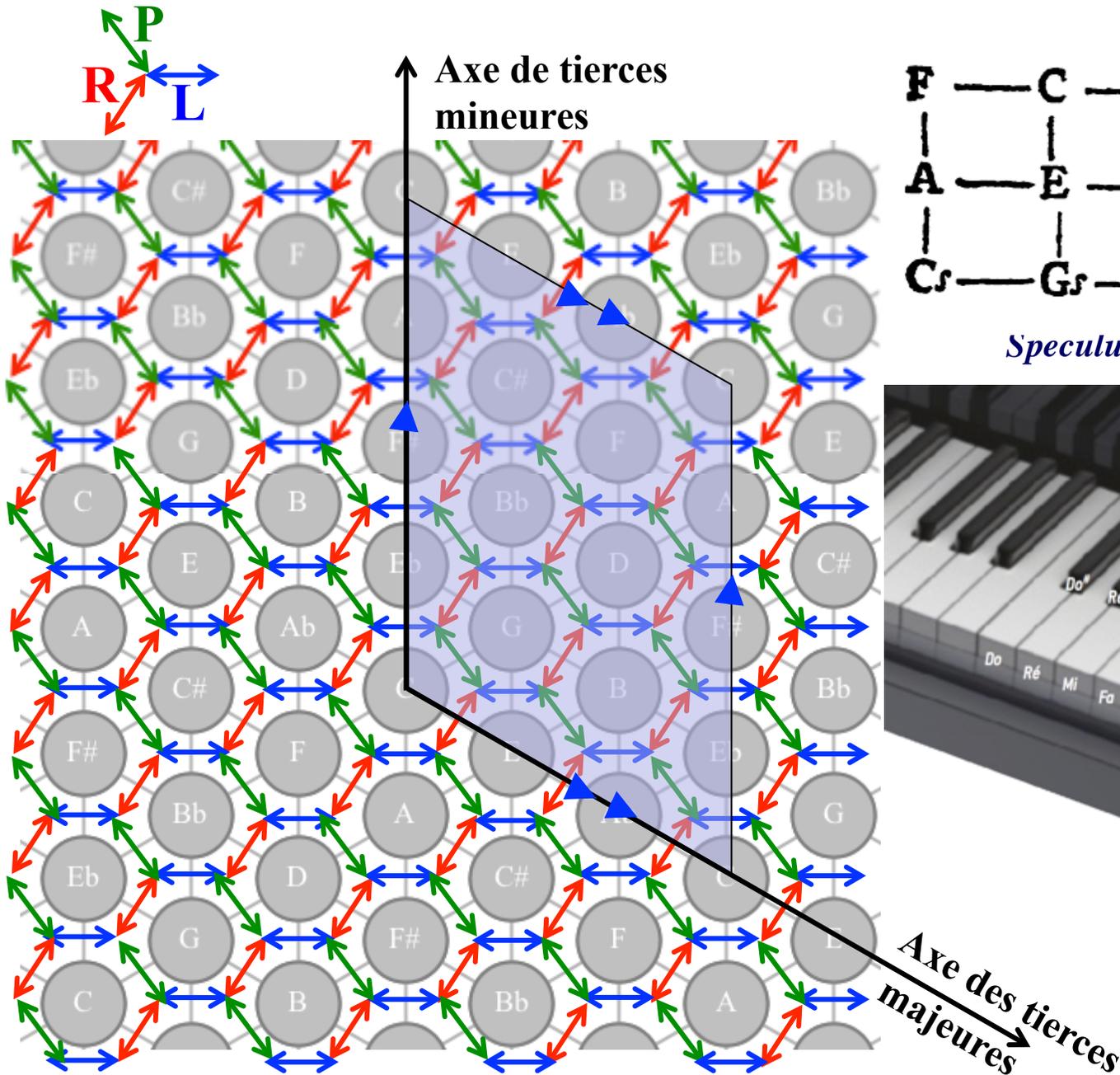


0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

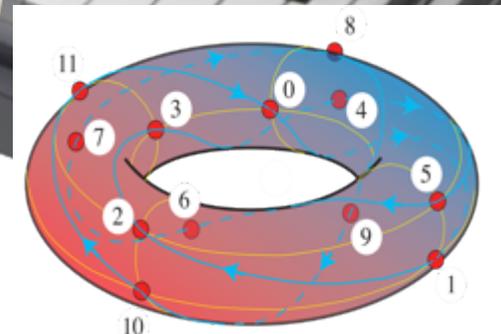
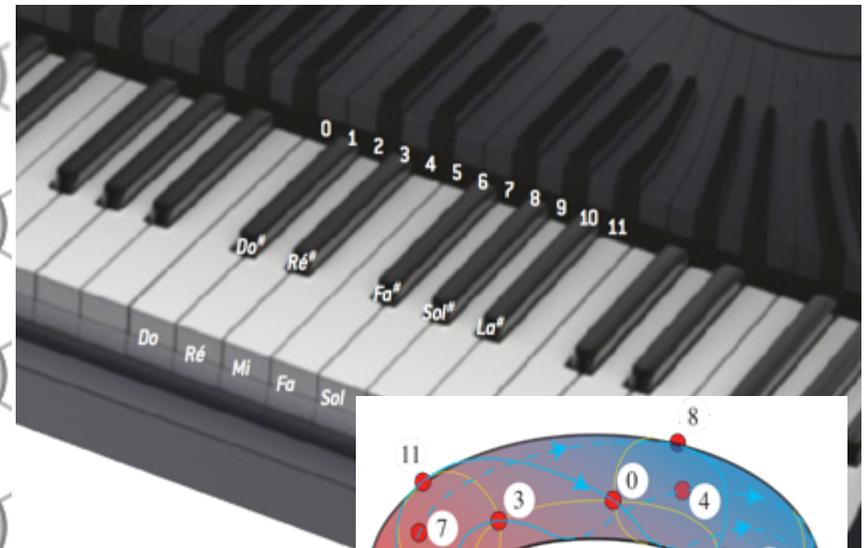


... ou des symétries axiales !

Du cercle chromatique à la représentation bidimensionnelle



Speculum Musicum (Euler, 1773)



Tore des tierces
(Mazzola, 1990)



L'école française en musicologie computationnelle

M. Mesnage & A. Riotte, « Modélisation informatique de partitions, analyse et composition assistées », *Formalismes et modèles musicaux* (vol. 2), p. 209-218, Collection « Musique/Sciences », Ircam/Delatour France, 2006 (orig. 1993)



Formalisation

Une autre voie a été ouverte par le compositeur américain **Milton Babbitt** [1961], qui a développé dès 1955 un travail à base mathématique sur le système dodécaphonique; c'est dans cette même direction qu'**Allen Forte** [1973] a publié son répertoire exhaustif des accords (modulo 12, c'est-à-dire à l'octave près) connu sous le nom de *Set Theory*, formalisme amélioré par **John Rahn** [1980], puis complété sur le plan temporel par **Robert D. Morris** [1987]. En France, les pionniers ont été **Michel Philippot** [1960], qui a appliqué des techniques mathématiques à l'analyse de ses propres œuvres, **Iannis Xenakis** [1963 ; id. 1967], qui a énoncé les bases d'une représentation mathématique de la musique libérée de la notation et du vocabulaire traditionnels, et **Pierre Barbaud** [1965; id. 1968]. L'un des auteurs [RIOTTE 1962 ; id. 1969] a développé à la même époque un premier travail informatique visant à calculer exhaustivement une classe de séries à double contrainte (hauteurs et intervalles), les cycles équilibrés.



L'école française en musicologie computationnelle

A. Riotte, « Formalismes, modèles : un nouvel atout pour la composition et l'analyse », dans A. Riotte & M. Mesnage, *Formalismes et modèles musicaux* (vol. 2), p. 245-259, Collection « Musique/Sciences », Ircam/Delatour France, 2006 (orig. 1993)



Mathématisation

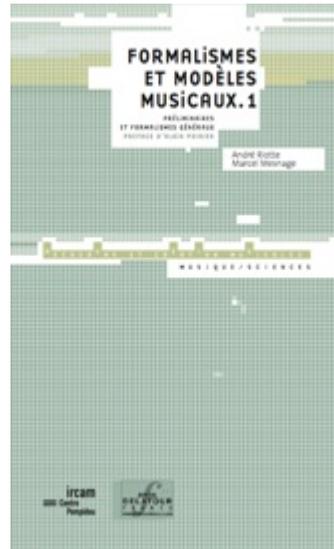
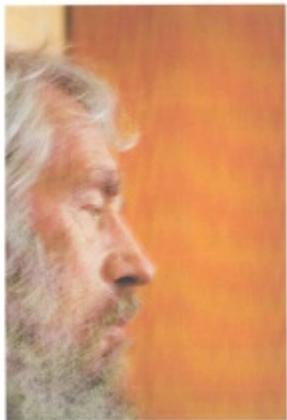
Plus spécifique que l'étape précédente [*formalisation*], elle implique une approche aux **intentions théoriques** et suppose une **logique rigoureuse** dans l'application des formules employées, qui ont trait le plus souvent à un sous-ensemble des données mesurables caractéristiques des sons mis en jeu.

C'est la démarche classique des scientifiques qui cherchent à décrire un phénomène physique et à en prévoir les diverses manifestations.

On peut considérer que ces données relèvent en premier lieu de l'organisation de l'**espace musical** (ce qui suppose alors des sons ayant une composante de hauteur fondamentale stable) ou du **temps** (là encore, le début et la durée des sons doivent pouvoir être précisément localisés, au moins en première approximation).

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)

A. Riotte & M. Mesnage, *Formalismes et modèles musicaux* (en 2 volumes), Collection « Musique/Sciences », Ircam/Delatour France, 2006



L'école française en musicologie computationnelle

A. Riotte & M. Mesnage, *Formalismes et modèles musicaux* (in 2 volumes),
Collection « Musique/Sciences », Ircam/Delatour France, 2006



A. Schoenberg : *Klavierstück Op. 33a*, 1929

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)

Classes d'équivalence d'accords

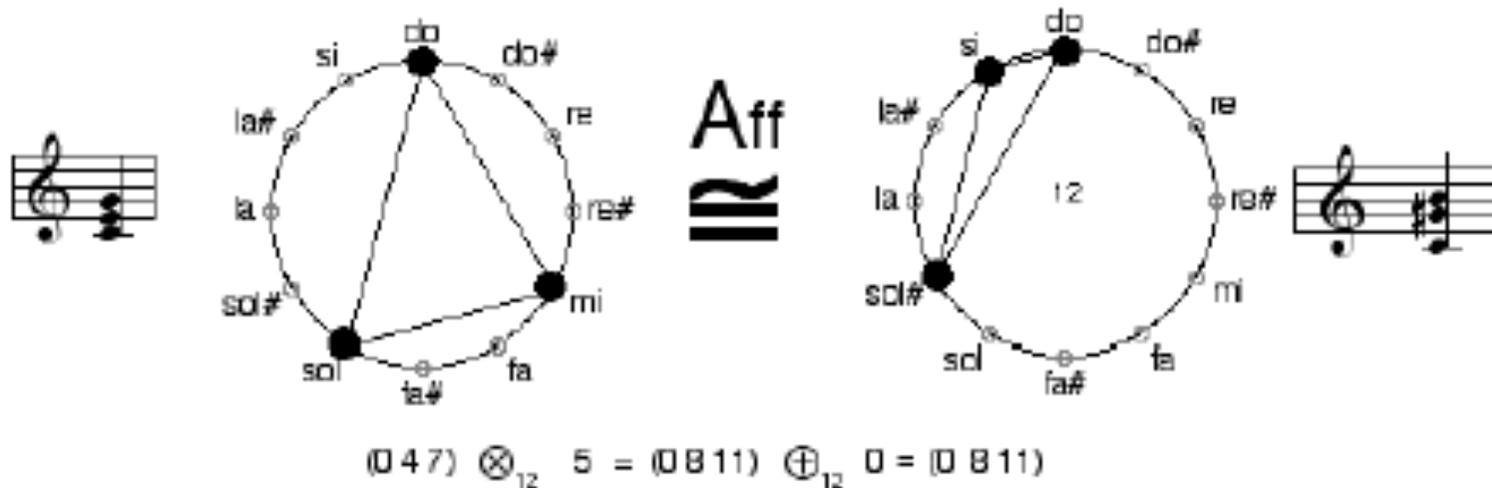


Transposition

$$T_3\{0, 4, 7\} = 3 + \{0, 4, 7\} = \{3, 7, 10\}$$

Transposition et/ou inversion

$$T_3I\{0, 4, 7\} = 3 + \{0, -4, -7\} = \{3, 11, 8\}$$

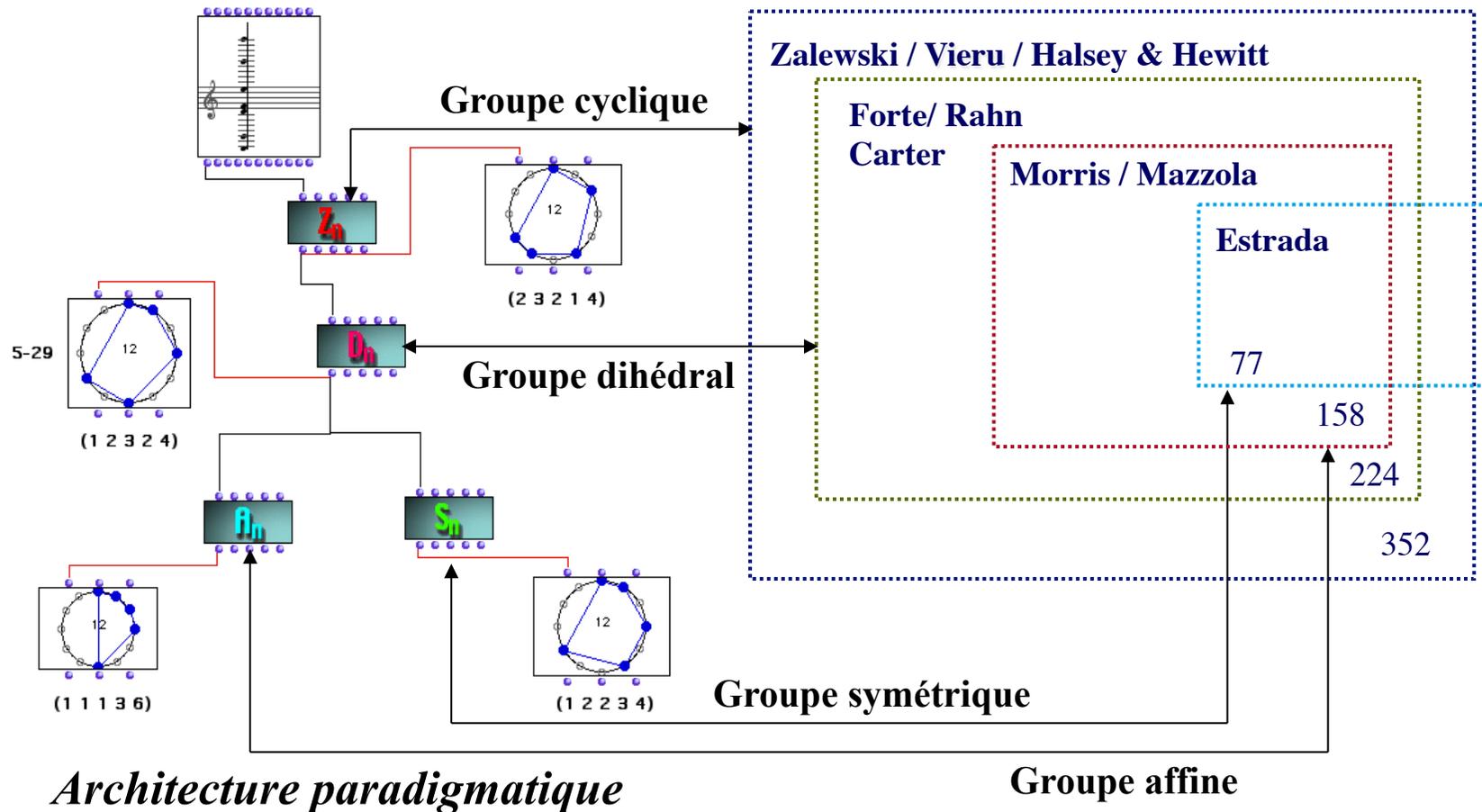


Multiplication (ou application affine)

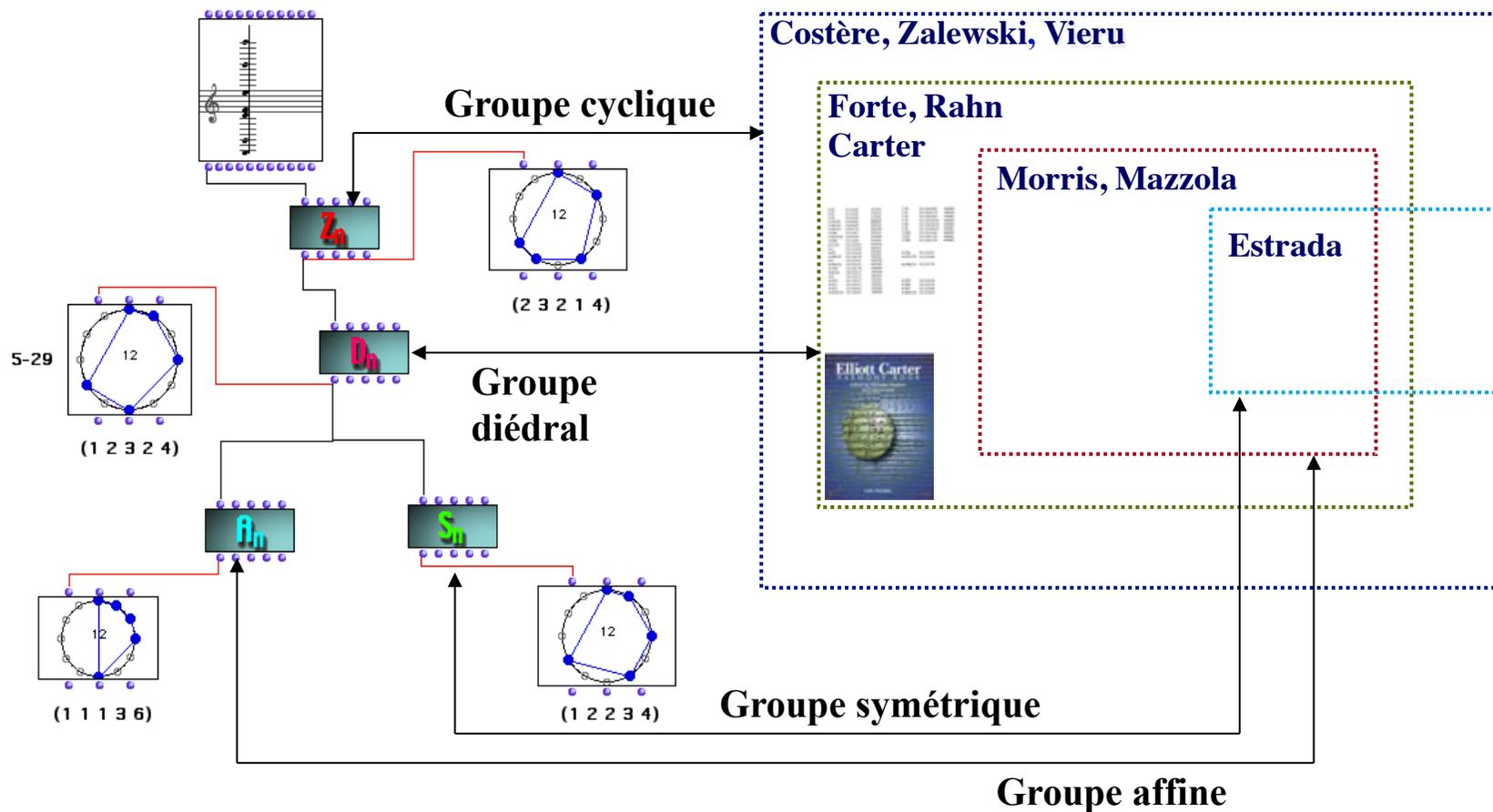
$$M_5\{0, 4, 7\} = 5 \times \{0, 4, 7\} = \{0, 8, 11\}$$

Énumération des structures musicales

$G \setminus k$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
C_{12}	1	6	19	43	66	80	66	43	19	6	1	1
D_{12}	1	6	12	29	38	50	38	29	12	6	1	1
$\text{Aff}_1(\mathbb{Z}_{12})$	1	5	9	21	25	34	25	21	9	5	1	1



Architecture paradigmatique et dualité objectale/opératoire

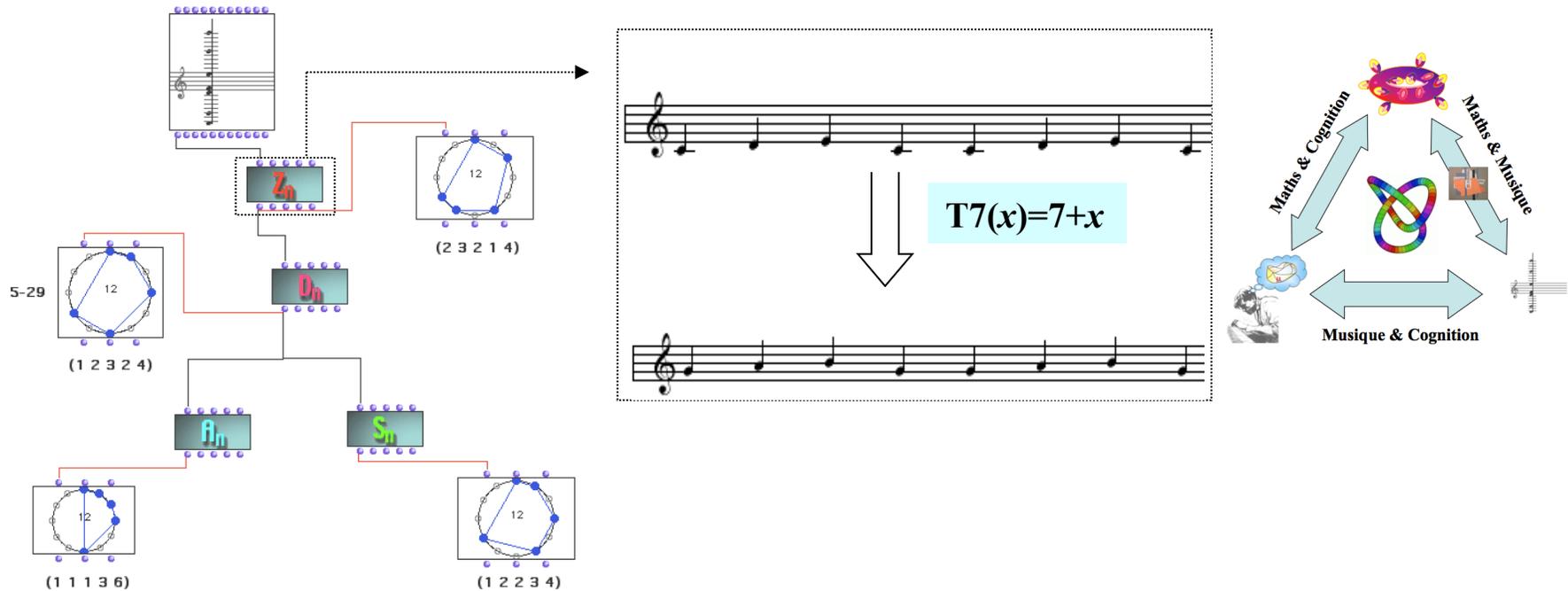


« [C'est la **notion de groupe** qui] donne un sens précis à l'idée de **structure** d'un ensemble [et] permet de déterminer les éléments efficaces des transformations en réduisant en quelque sorte à son **schéma opératoire** le domaine envisagé. [...] L'objet véritable de la science est le **système des relations** et non pas les termes supposés qu'il relie. [...] Intégrer les résultats - symbolisés - d'une expérience nouvelle revient [...] à créer un canevas nouveau, un **groupe de transformations** plus complexe et plus compréhensif » (G.-G. Granger : « Pygmalion. Réflexions sur la pensée formelle », 1947)



G.-G. Granger

La généalogie algébrico-géométrique du structuralisme



« La **nature d'une géométrie** donnée est définie par rapport à un **groupe** déterminé et la façon avec laquelle des formes spatiales sont liées entre elles à l'intérieur de ce type de géométrie [Cf. F. Klein, *Le Programme d'Erlangen* - 1872]. On peut se poser la question de savoir s'il y a des concepts et des principes qui sont [...] des conditions nécessaires pour à la fois la constitution du monde perceptuel et la construction de l'univers de pensée géométrique. Il me semble que le concept de **groupe** et la notion d'**invariance** sont précisément ces principes. »

E. Cassirer : « The concept of group and the theory of perception », 1944



Felix Klein



Ernst Cassirer

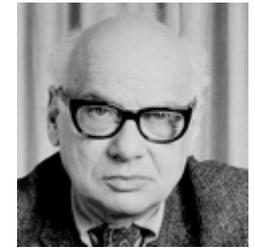
Articulation algèbre/géométrie en musique



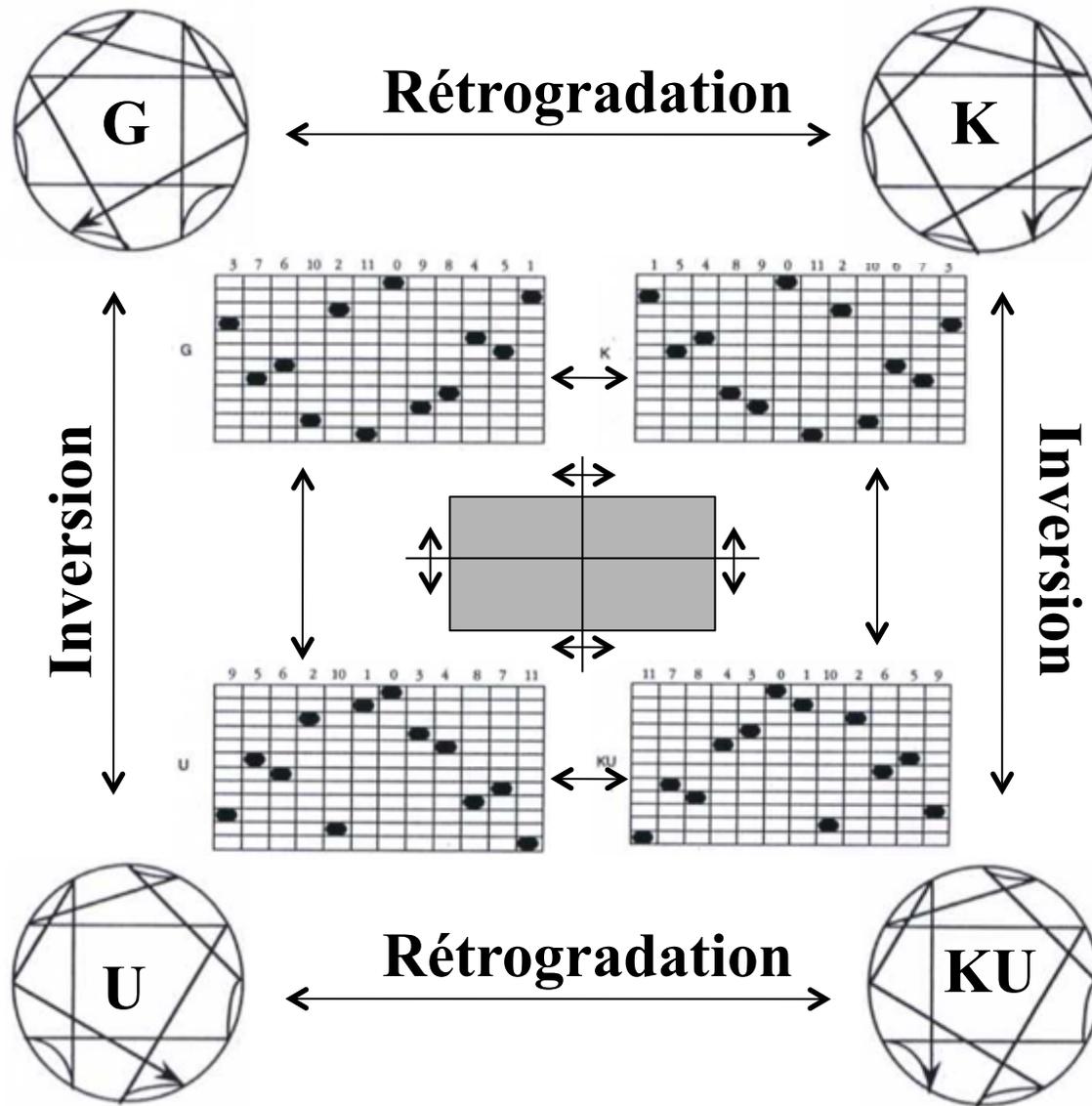
Felix Klein



Ernst Krenek



Milton Babbitt



« [...] Si nous représentons les permutations G, K, U et KU par leurs « écussons », nous aurons les figures suivantes dont « l'air de famille » **saute aux yeux, comme il saute aux oreilles** sous son aspect sonore. [...] *Lorsqu'on étudie, sur les nouvelles structures (de la pensée logique, des mathématiques, de la théorie physique...), la pensée des mathématiciens ou des physiciens de notre époque, on mesure, assurément, quel immense chemin les musiciens doivent encore parcourir avant d'arriver à la **cohésion d'une synthèse générale.*** »



Pierre Barbaud

Schoenberg, Editions Main d'Œuvre, 1997. Orig. 1963)

La théorie des cribles ou les structures d'ordre en musique

« [Une] théorie qui annexe les congruences modulo z et qui est issue d'une axiomatique de la structure universelle de la musique » (I. Xenakis, descriptif de la pièce *Nomos Alpha pour violoncelle solo*, 1966)

1₀

module

origine

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

2₀

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

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

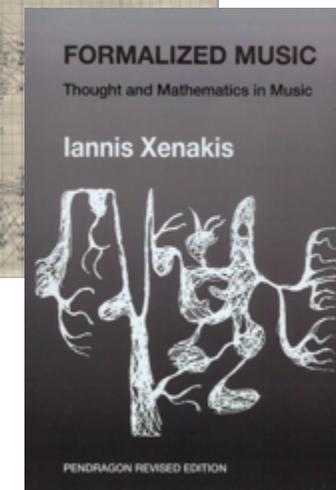
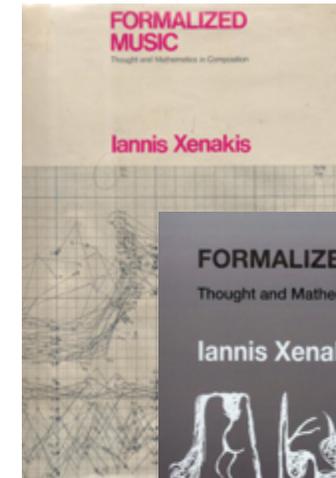
$$2_0 \cap 2_1 = \emptyset$$

2₁

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

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

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



Théorie des cribles et modes à transpositions limitées

<p>M_1^0 (2 2 2 2 2 2)</p>	$2_0 = 4_0 \cup 4_2$ 2 transpositions			
<p>M_2^0 (1 2 1 2 1 2 1 2)</p>	$3_0 \cup 3_1 = \overline{3_2}$ 3 transpositions			
<p>M_3^0 (2 1 1 2 1 1 2 1 1)</p>	$4_0 \cup 4_2 \cup 4_3 = \overline{4_1}$ 4 transpositions			
<p>M_4^0 (1 1 3 1 1 1 3 1)</p>	$6_0 \cup 6_1 \cup 3_2 = \overline{6_3 \cup 6_4}$ 6 transpositions			

A. Riotte, “L’utilisation de modèles mathématiques en analyse et en composition musicales”,
 Quadrivium musiques et sciences, éditions ipmc, Paris, 1992.

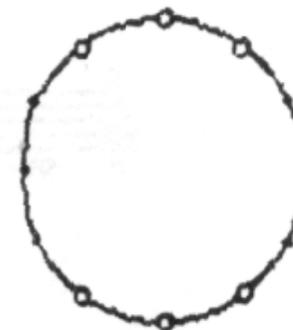
Théorie des cribles et modes à transpositions limitées

M_5^0


 (1 4 1 1 4 1)

$$6_0 \cup 6_1 \cup 6_5 = \overline{M_5^3}$$

6 transpositions



M_6^0


 (2 2 1 1 2 2 1 1)

$$2_0 \cup 6_5 = \overline{6_1 \cup 6_3}$$

6 transpositions



M_7^0


 (1 1 1 2 1 1 1 1 2 1)

$$\overline{6_4} = 6_0 \cup 6_2 \cup 2_1$$

6 transpositions



A. Riotte, "L'utilisation de modèles mathématiques en analyse et en composition musicales",
 Quadrivium musiques et sciences, éditions ipmc, Paris, 1992.

« Cribles » / Messiaen

Catalogue

(1 ₀)	(3 ₀)	6 ₀ ∪ 6 ₁
(2 ₀)	(4 ₀)	6 ₀ ∪ 6 ₂
	(6 ₀)	

6₀ ∪ 6₁ ∪ 6₅

Mode n.5

3₀ ∪ 3₁

Mode n.2

4₀ ∪ 4₂ ∪ 4₃

Mode n.3

2₀ ∪ 6₅

Mode n.6

6₀ ∪ 6₁ ∪ 3₂

Mode n.4

2₁ ∪ 6₀ ∪ 6₂

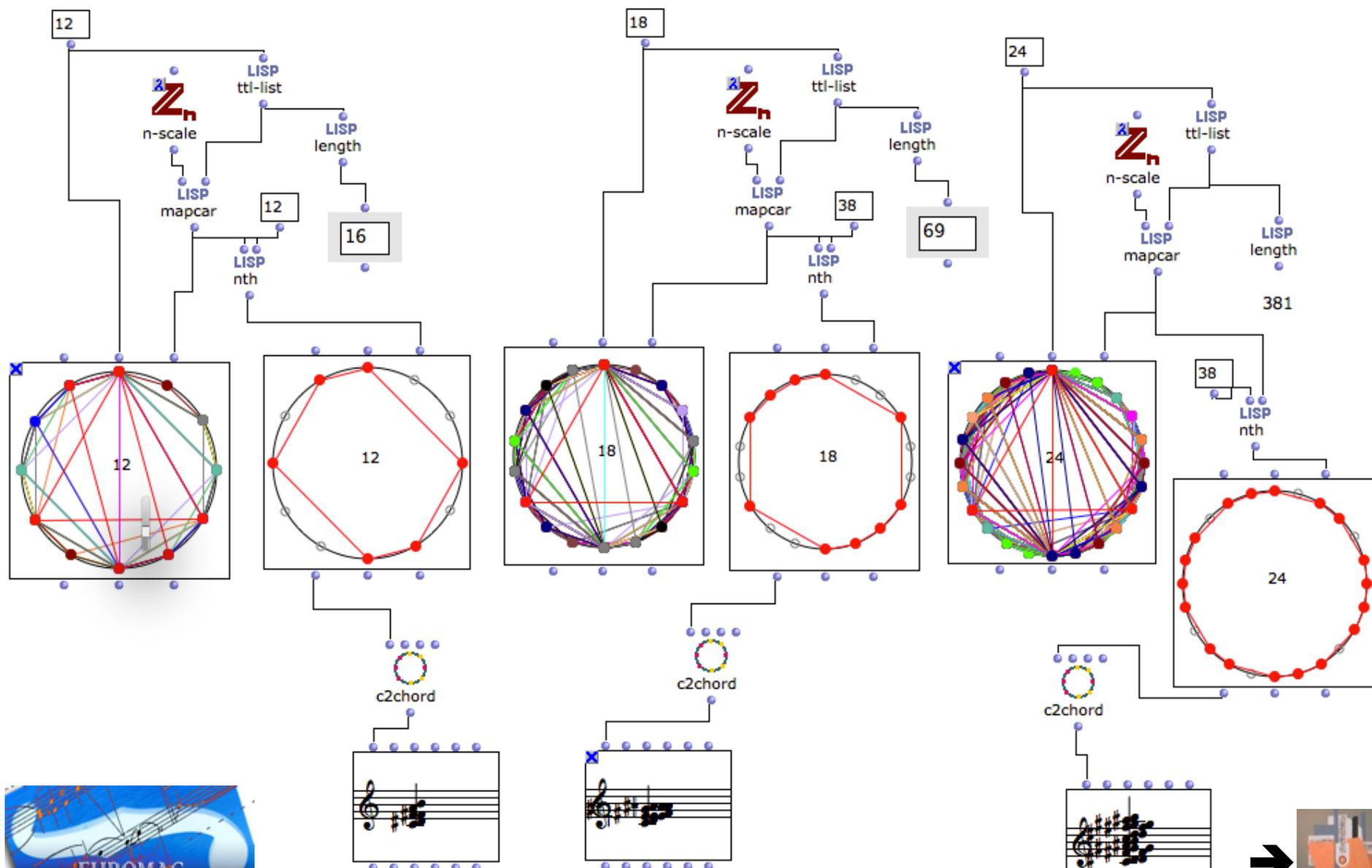
Mode n.7

Mode n.8

6₀ ∪ 6₁ ∪ 3₂

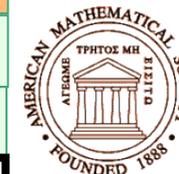
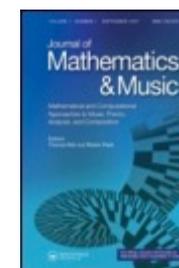
L'héritage de l'école formelle française

La musicologie computationnelle et l'analyse musicale assistée par ordinateur



Maths/musique, nouvelle orientation en théorie musicale ?

- 1999: 4^e Forum Diderot (Paris, Vienne, Lisbonne), *Mathematics and Music* (G. Assayag, H.G. Feichtinger, J.F. Rodrigues, Springer, 2001)
- 2000-2001: *MaMuPhi Seminar, Penser la musique avec les mathématiques ?* (Assayag, Mazzola, Nicolas éd., Coll. 'Musique/Sciences', Ircam/Delatour, 2006)
- 2000-2003: International Seminar on *MaMuTh (Perspectives in Mathematical and Computational Music Theory)* (Mazzola, Noll, Luis-Puebla eds, epOs, 2004)
- 2003: *The Topos of Music* (G. Mazzola et al.)
- 2001-....: *MaMuX Seminar* at Ircam
- 2004-....: *mamuphi Seminar* (Ens/Ircam)
- 2006: Collection 'Musique/Sciences' (Ircam/Delatour France)
- 2007: *Journal of Mathematics and Music* (Taylor & Francis) and *SMCM*
- 2007: First *MCM 2007* (Berlin) and *Proceedings* by Springer
- 2007-....: *AMS Special Session on Mathematical Techniques in Musical Analysis*
- 2009: *Computational Music Science* (eds: G. Mazzola, M. Andreatta, Springer)
- 2009: *MCM 2009* (Yale University) and *Proceedings* by Springer
- 2010: *Mathematics Subject Classification : 00A65 Mathematics and music*
- 2011: *MCM 2011* (Ircam, 15-17 June 2011) and *Proceedings LNCS Springer*
- 2013: *MCM 2013* (McGill University, Canada, 12-14 June 2013) - Springer
- 2015: *MCM 2015* (Queen Mary University, Londres, 22-25 June 2015)





MERCI DE VOTRE ATTENTION !

Moreno Andreatta

Equipe Représentations Musicales

IRCAM/CNRS UMR 9912