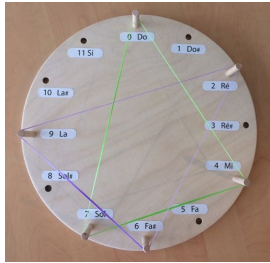
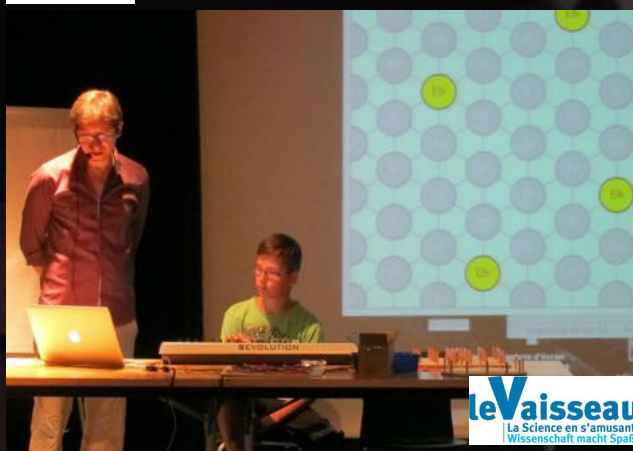
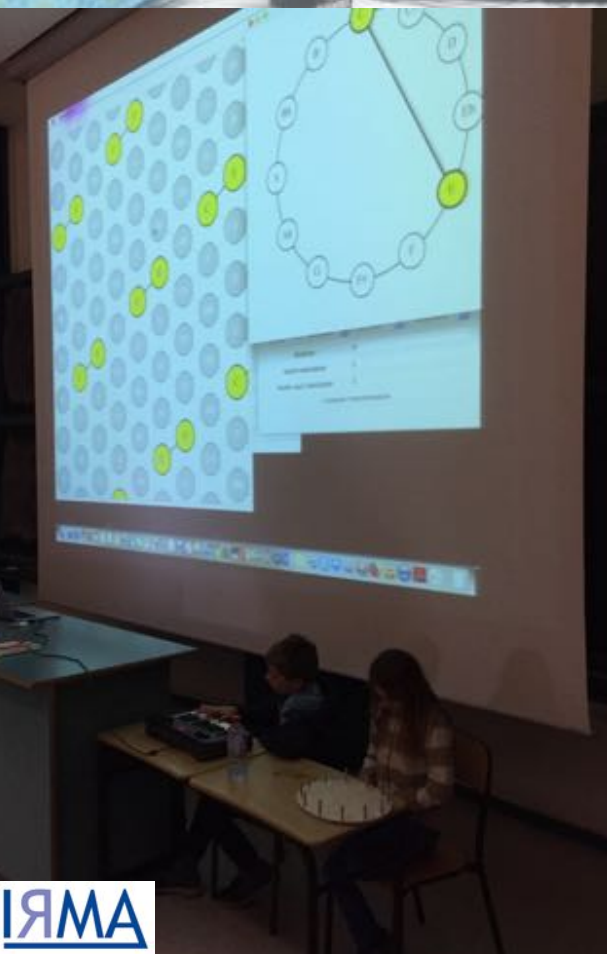


Quelques réflexions autour de la transmission des savoirs ‘mathémusicaux’



Moreno Andreatta
Equipe Représentations Musicales
IRCAM / CNRS UMR 9912 / Sorbonne Université
IRMA & GREAM, Université de Strasbourg



De la musicologie systématique à la musicologie computationnelle

II. Systematisch.

Aufstellung der in den einzelnen Zweigen der Tonkunst zuhöchst stehenden Gesetze.

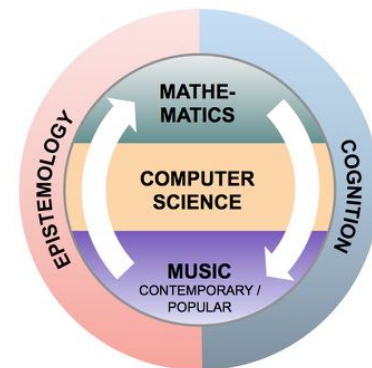
A. Erforschung und Begründung derselben in der			B. Aesthetik der Tonkunst.	C. Musikalische Pädagogik und Didaktik	D. Musikologie
1. <i>Harmo- nik</i> (tonal od. tonlich).	2. <i>Rhyth- mik</i> (temporär oder zeitlich).	3. <i>Melik</i> (Cohärenz von tonal und tem- porär).	1. Vergleichung und Werthschätzung der Gesetze und deren Relation mit den apper- cipirenden Subjecten behufs Feststellung der <i>Kriterien des musika- lisch Schönen</i> .	(Zusammenstellung der Gesetze mit Rücksicht auf den Lehrzweck) 1. Tonlehre, 2. Harmonielehre, 3. Kontrapunkt, 4. Compositionslehre, 5. Instrumentationslehre, 6. Methoden des Unter- richtes im Gesang und Instrumentalspiel.	(Unter- suchung und Ver- gleichung zu ethno- graphi- schen Zwecken).

Hilfswissenschaften: **Akustik und Mathematik.**

Physiologie (Tonempfindungen).
Psychologie (Tonvorstellungen, Tonurtheile und Tongefühle).
Logik (das musikalische Denken).
Grammatik, Metrik und Poetik.
Pädagogik
Ästhetik etc.



G. Adler (1855-1941)



« La deuxième grande partie de la musicologie est la partie systématique; cette partie se base sur la partie historique. (...) L'accent de l'observation réside dans l'analogie de la méthode musicologique avec la méthode scientifique ».

Guido Adler : « Umfang, Methode und Ziel der Musikwissenschaft » (1885)

Double mouvement d'une dynamique mathémusicale

MATHEMATIQUES

énoncé
mathématique

généralisation

théorème
général

formalisation

problème
musical

application

théorie
musicale

MUSIQUE

Double mouvement d'une dynamique mathémusicale

MATHEMATIQUES

énoncé
mathématique

généralisation

théorème
général

formalisation

application

problème
musical

analyse
musicale

théorie
musicale

composition

MUSIQUE

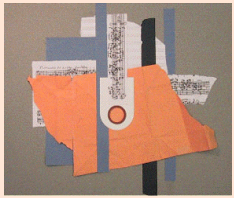
Double mouvement d'une dynamique mathémusicale

MATHEMATIQUES

énoncé
mathématique

généralisation

théorème
général



OpenMusic

formalisation

application

problème
musical

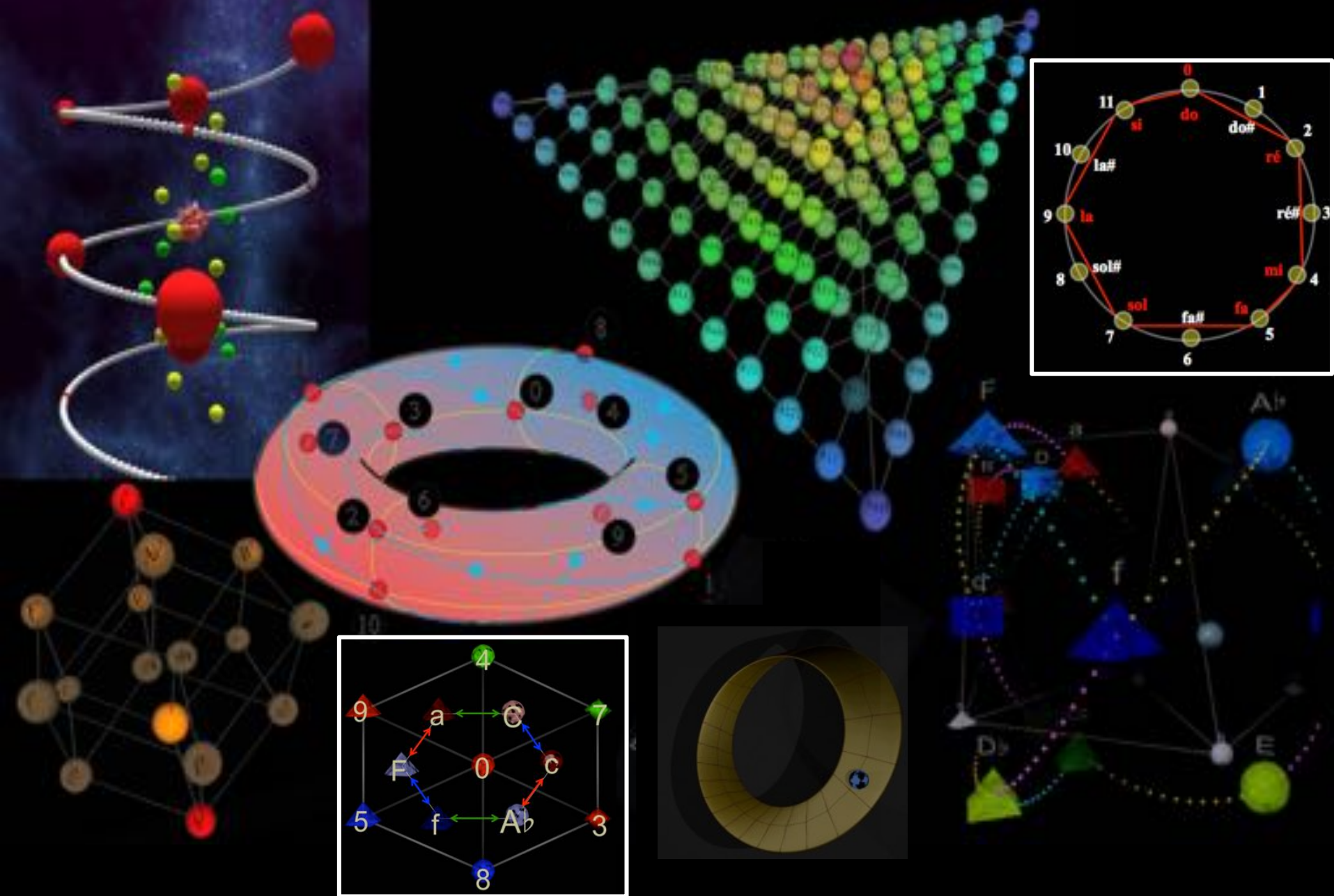
analyse
musicale

théorie
musicale

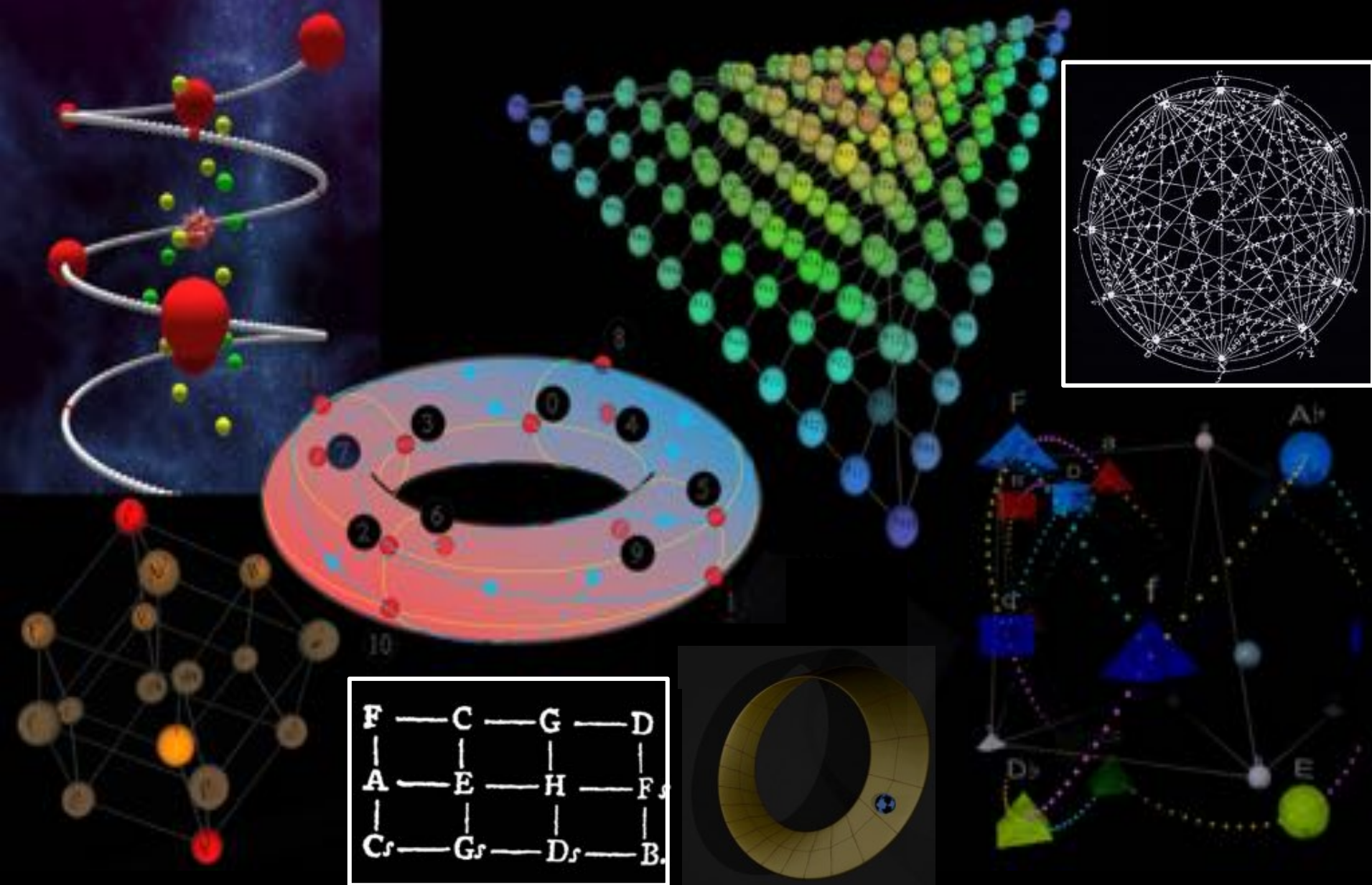
composition

MUSIQUE

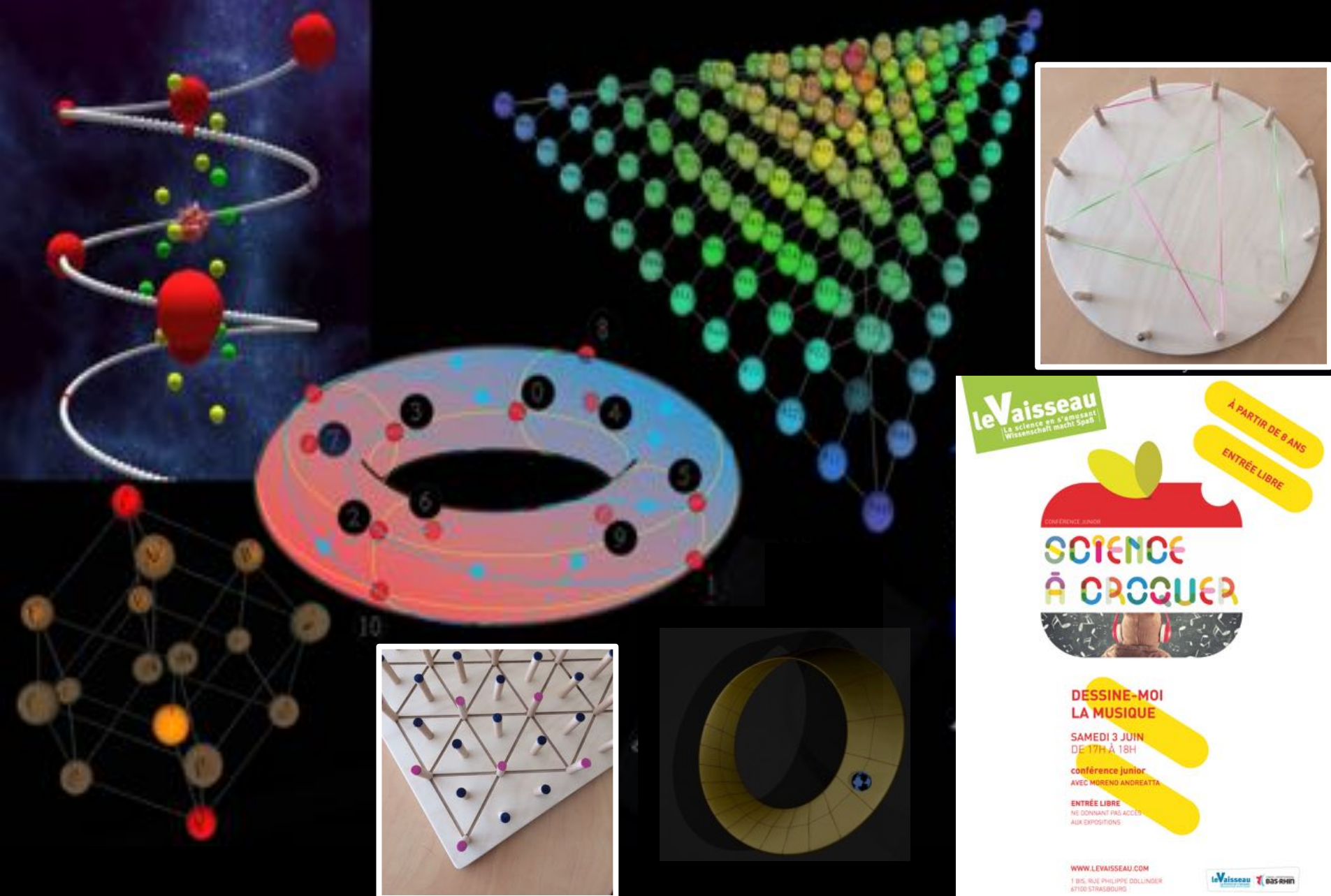
La galaxie des modèles géométriques au service de la musique



La galaxie des modèles géométriques au service de la musique



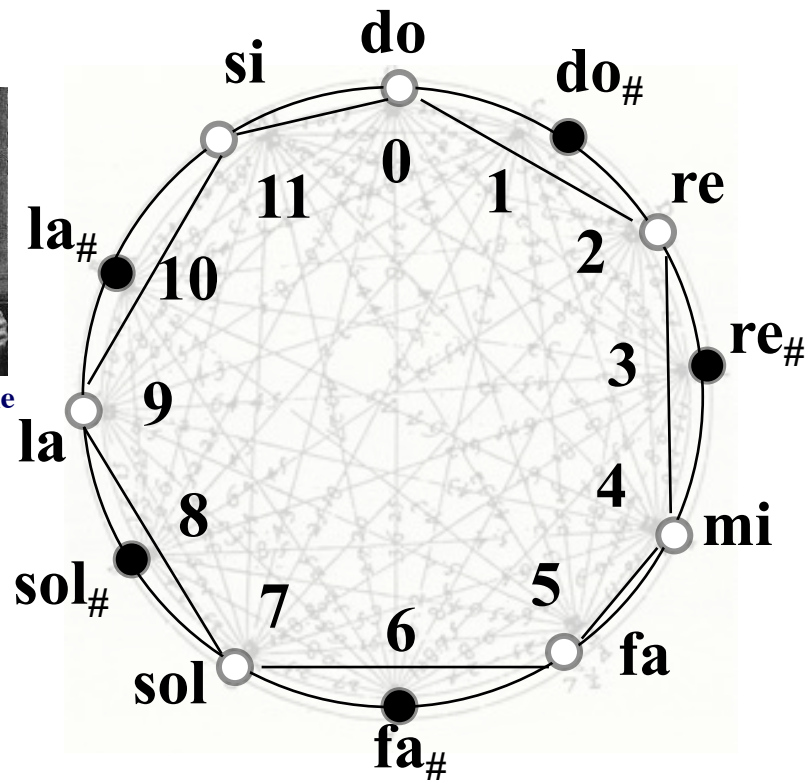
The galaxy of geometrical models at the service of music



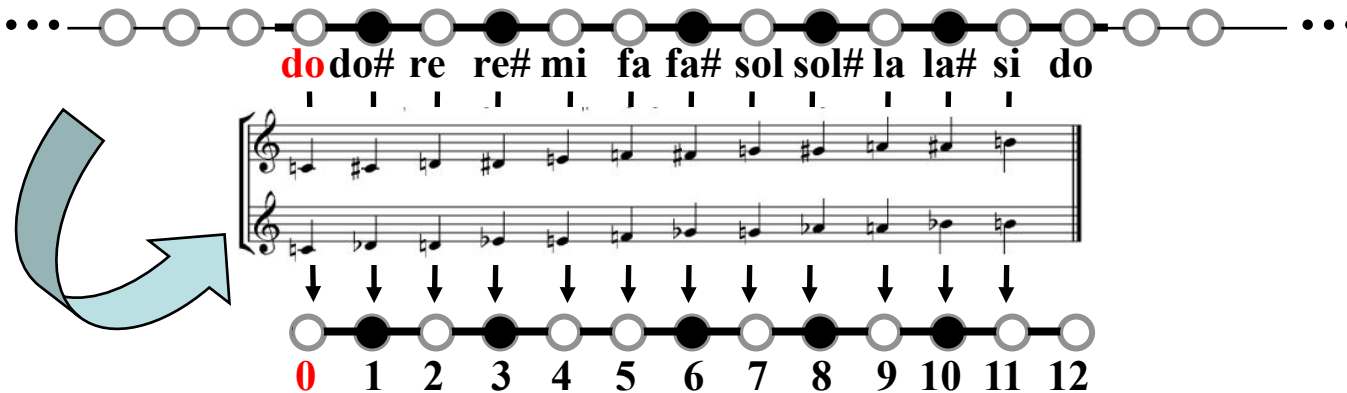
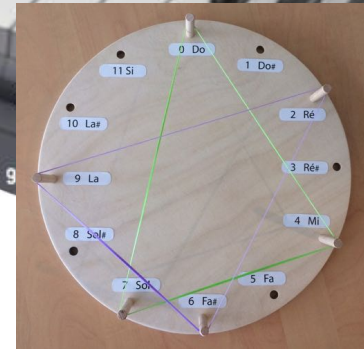
La représentation circulaire de l'espace des hauteurs



Marin Mersenne



Harmonicorum Libri XII, 1648



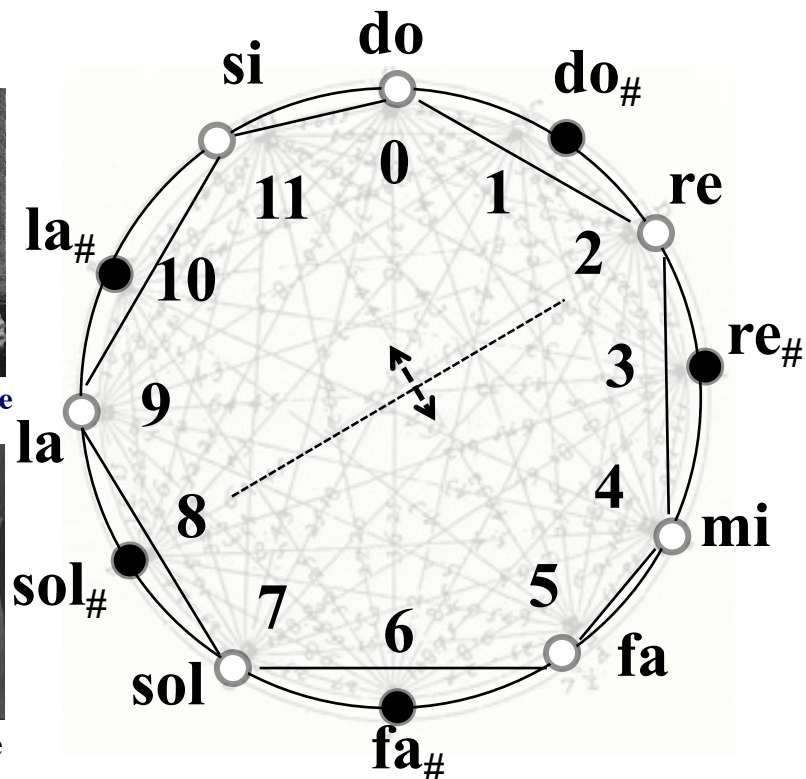
La représentation circulaire et l'idée de symétrie



Marin Mersenne



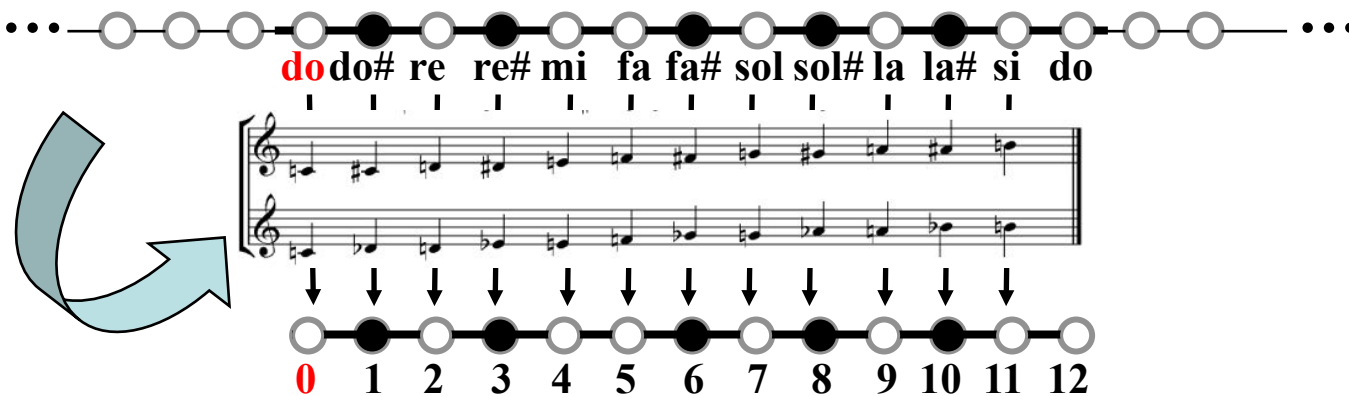
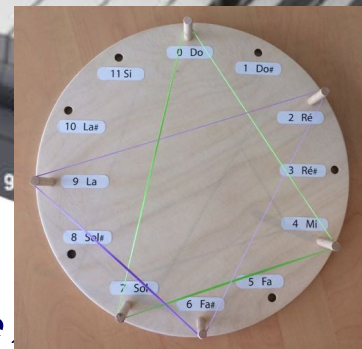
Camille Durutte



Harmonicorum Libri XII, 1648



M. Andreatta, C. Agon,
« La musique mise en algèbre »
Pour la Science, 2008



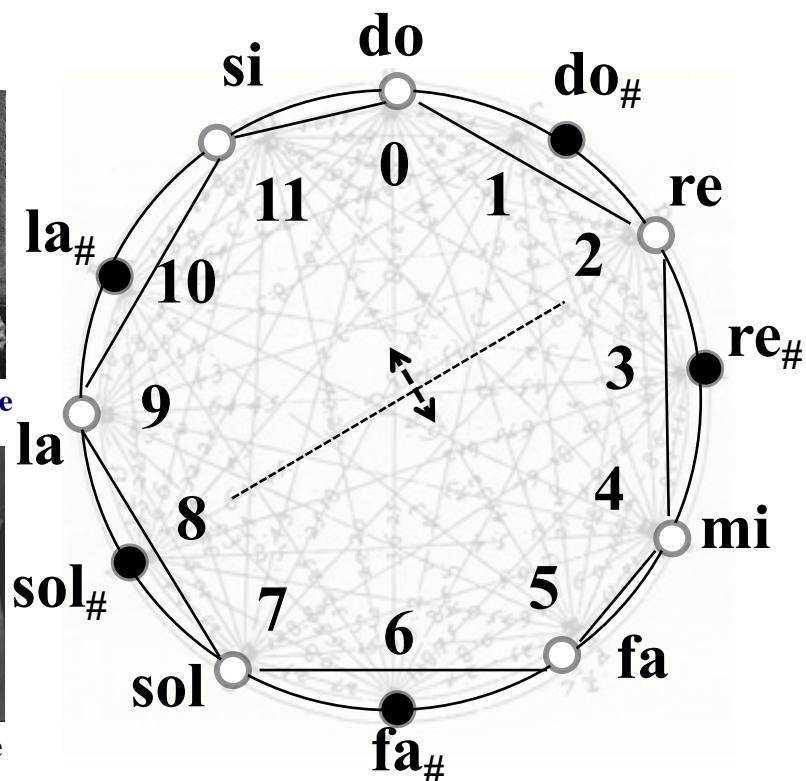
Symétrie et perception/cognition musicales



Marin Mersenne



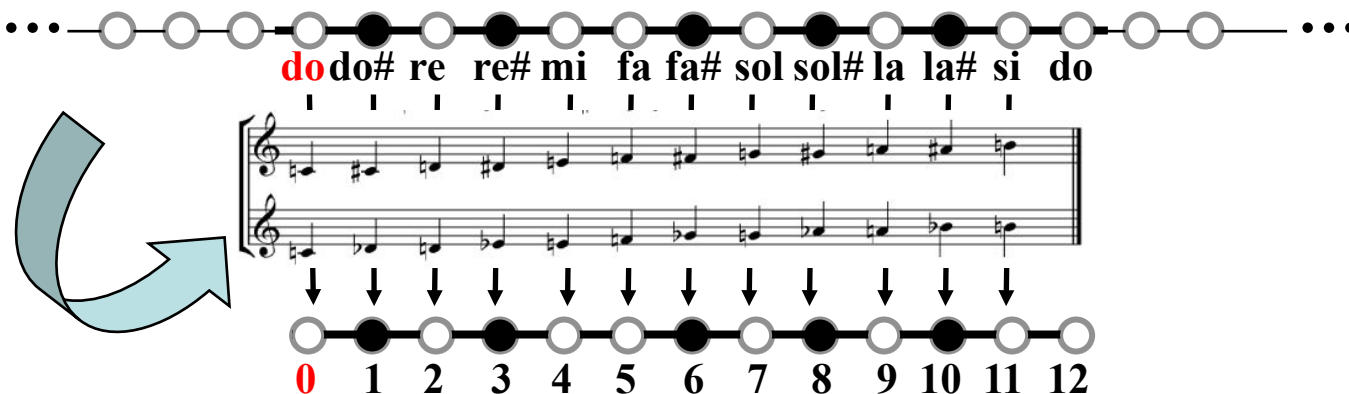
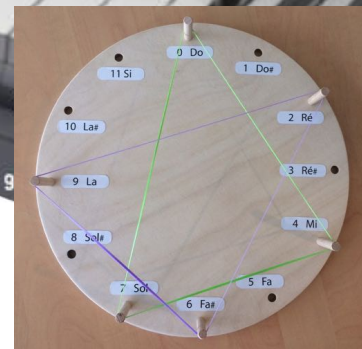
Camille Durutte



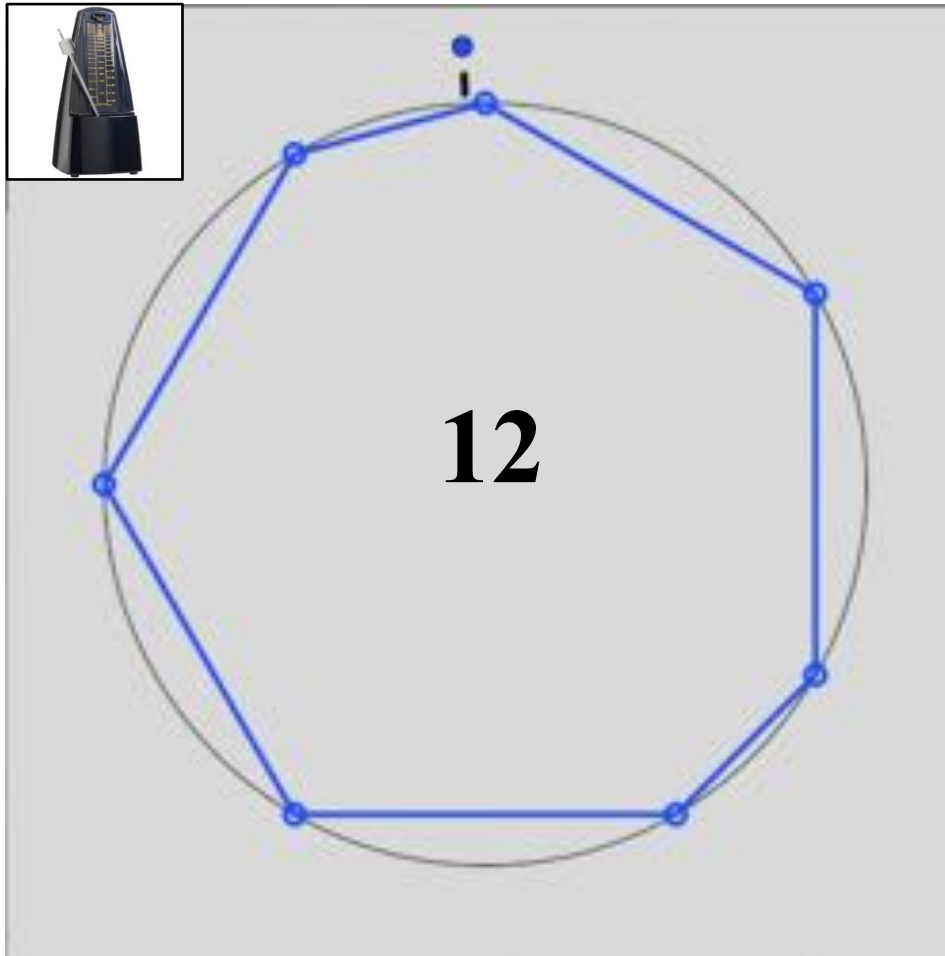
Harmonicorum Libri XII, 1648



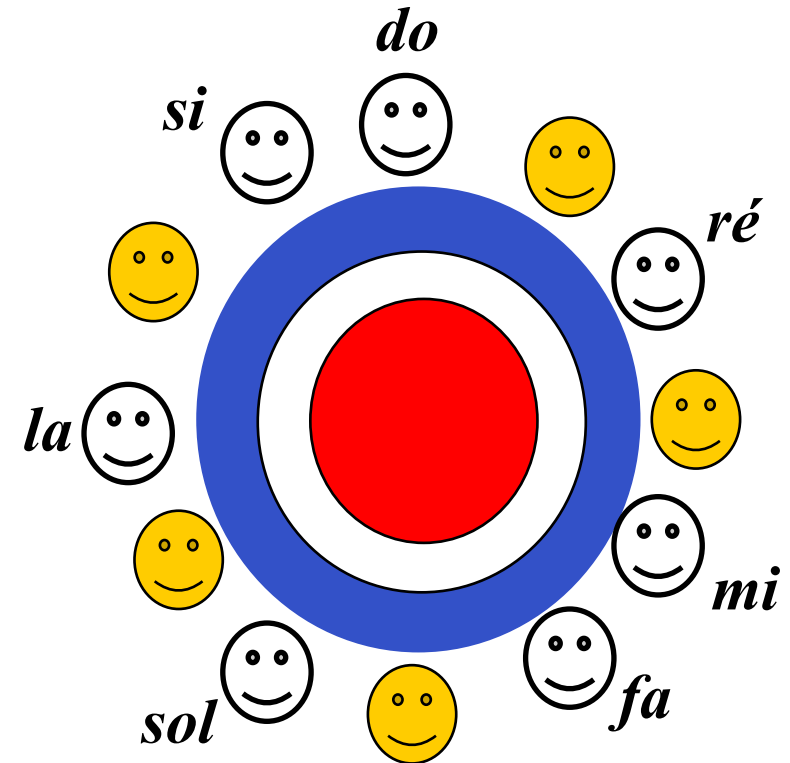
M. Andreatta, C. Agon,
« Algèbre et géométrie :
sont-elles inscrites dans le
cerveau ? »,
Pour la Science, 2018



Représentation circulaire des rythmes



Abadja ou Bembé



(French) Dinner Table Problem

Isomorphisme cognitif entre rythmes et hauteurs

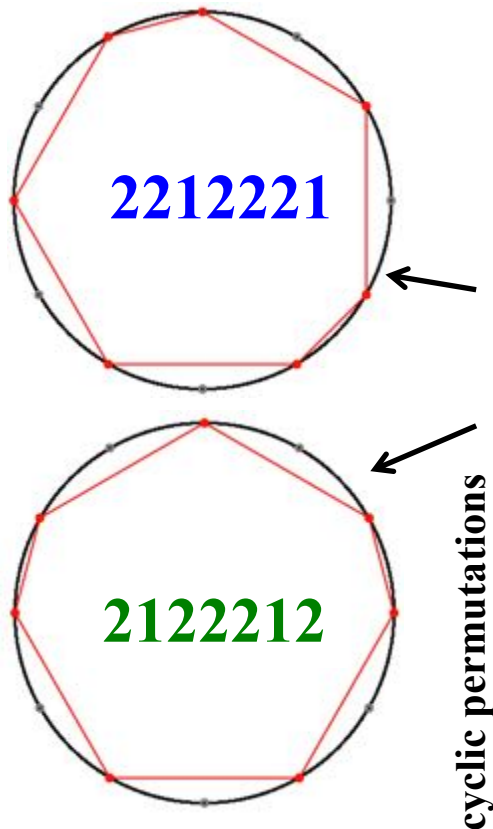


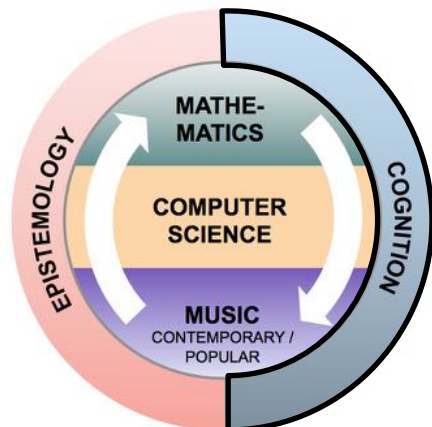
TABLE 1

Comparison of M = 7, L = 12 patterns for pitch (scales) and rhythm (time-lines)

pattern	pitch domain name and notation (in C)	rhythm domain notation	examples from West Africa	references
1. 2212221	major scale (Ionian) CDEFGAB	♩ ♩ ♩ ♩ ♩ ♩ ♩	Ewe (Atsiabek, Sogba, Atsia) also Yoruba	Jones (1959), C. K. Ladzekpo, S. K. Ladzekpo and Pantaleoni, Locke
2. 2122212	Dorian CDE ^b FGAB ^b	♩ ♩ ♩ ♩ ♩ ♩ ♩	Bemba—Northern Rhodesia	Jones (1965), (Ekwueme)
3. 1222122	Phrygian CD ^b E ^b FGA ^b B ^b	♩ ♩ ♩ ♩ ♩ ♩ ♩	—	—
4. 2221221	Lydian CDEF [#] GAB	♩ ♩ ♩ ♩ ♩ ♩ ♩	Ga-Adangme (common) also common Haitian pattern, Akan (Ab fo)	C. K. Ladzekpo, Combs (1974), R. Hill, Asiama
5. 2212212	Mixolydian CDEFGAB ^b	♩ ♩ ♩ ♩ ♩ ♩ ♩	Yoruba sacred music from Ekiti	King
6. 2122122	Aeolian CDE ^b FGA ^b B ^b	♩ ♩ ♩ ♩ ♩ ♩ ♩	Ashanti (Ab fo, Mpre)	Koetting
7. 1221222	Locrian CD ^b E ^b FG ^b A ^b B ^b	♩ ♩ ♩ ♩ ♩ ♩ ♩	Ghana*	Nketia (1963a)
8. 2121222	(#2 Locrian) CDE ^b FG ^b A ^b B ^b	♩ ♩ ♩ ♩ ♩ ♩ ♩	Ashanti (Asedua)	C. K. Ladzekpo
9. 2112123	— CDD [#] EF [#] GA	♩ ♩ ♩ ♩ ♩ ♩ ♩	Akan (juvenile song)	Nketia (1963b)

* clap pattern

† mute stroke on bell



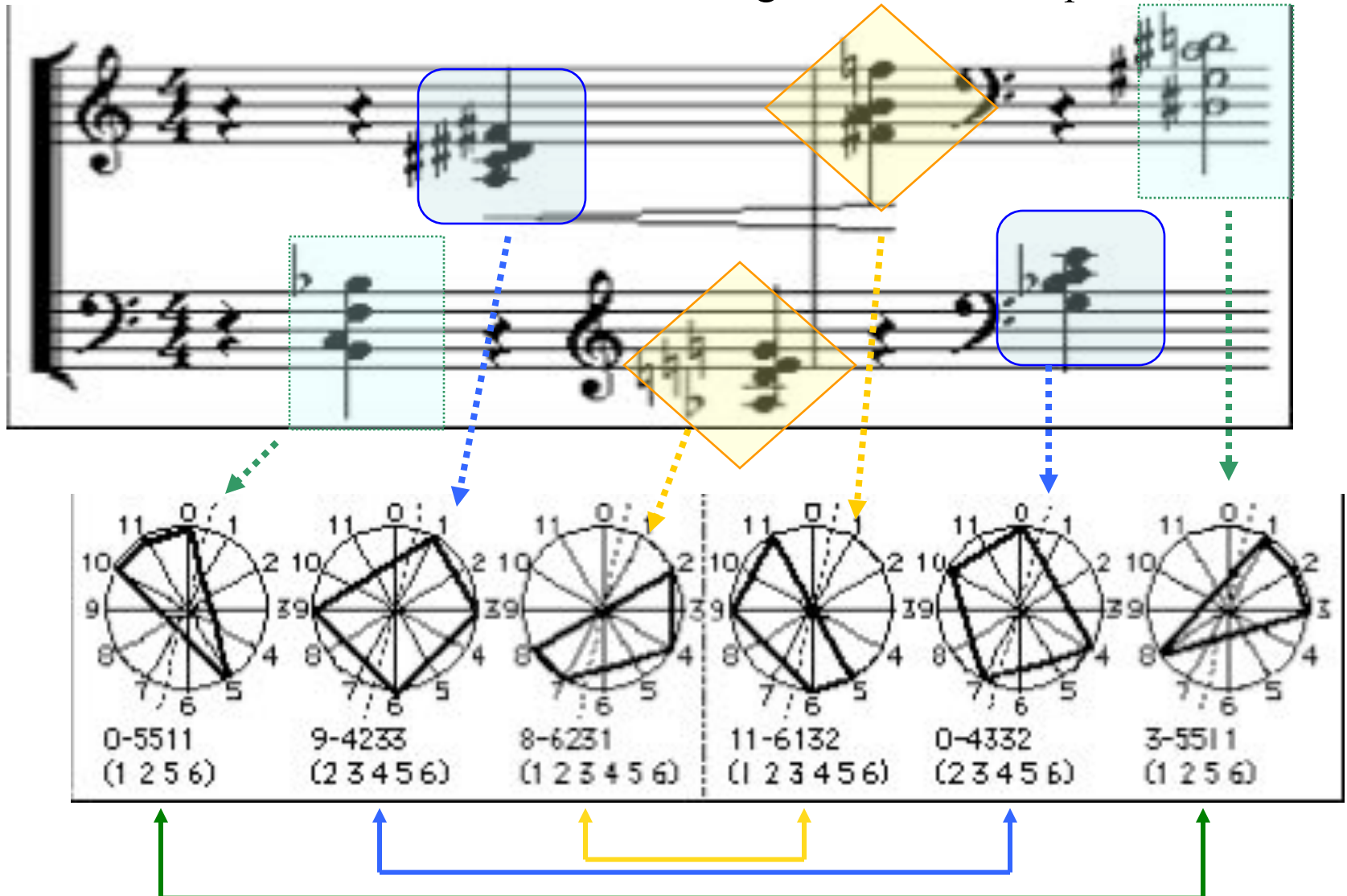
J. Pressing, "Cognitive isomorphisms between pitch and rhythm in world musics: West Africa, the Balkans and Western tonality", *Studies in Music*, 17, p. 38-61

L'école française en musicologie computationnelle

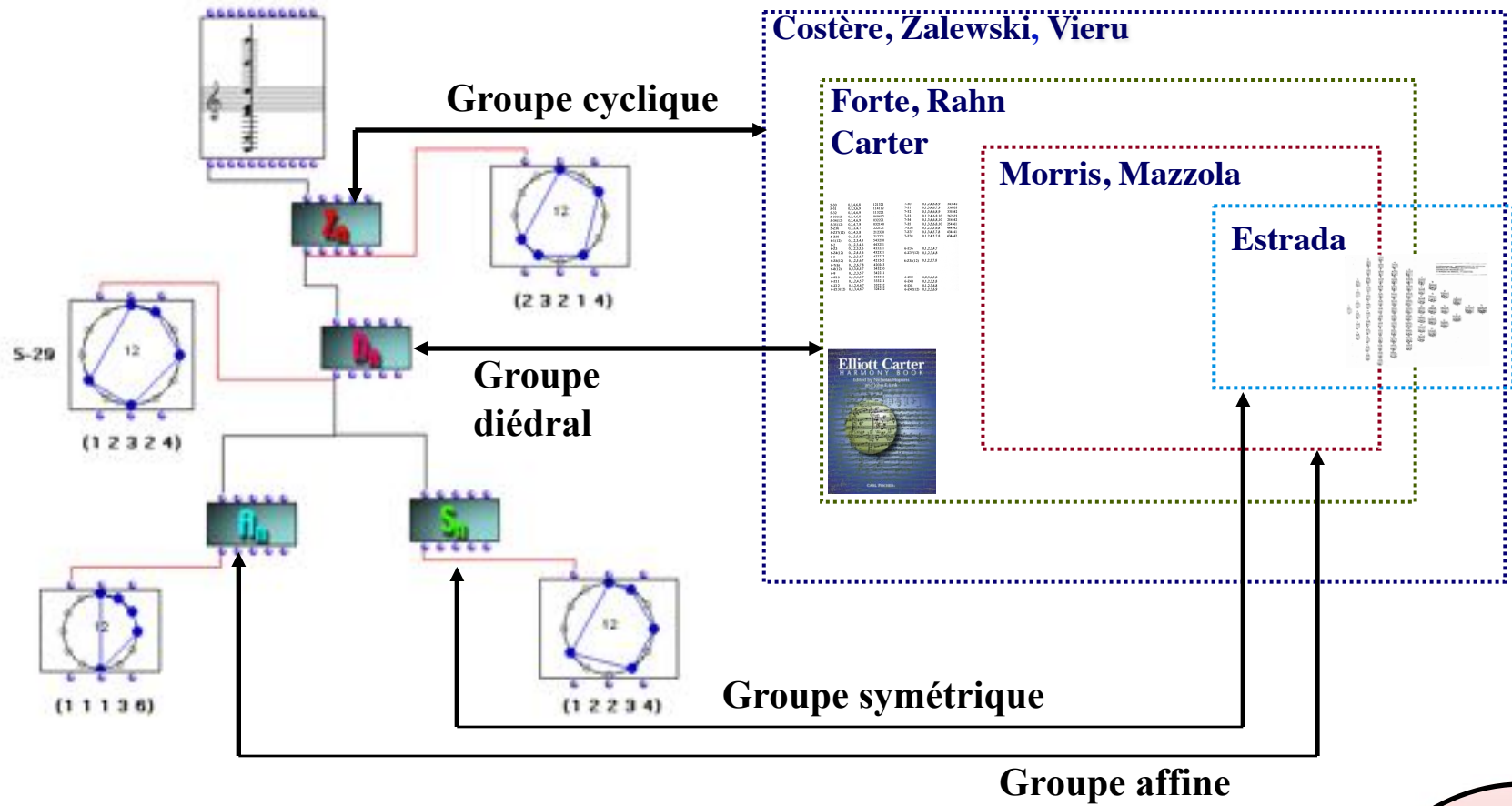
A. Riotte & M. Mesnage, *Formalismes et modèles musicaux* (in 2 volumes),
Collection « Musique/Sciences », Ircam/Delatour France, 2006



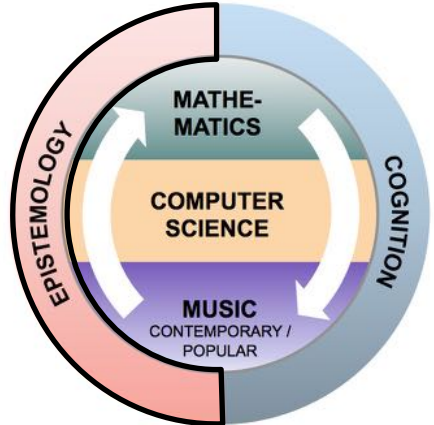
A. Schoenberg : *Klavierstück Op. 33a*, 1929



Architecture paradigmatique et dualité objectale/opératoire



« 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 »

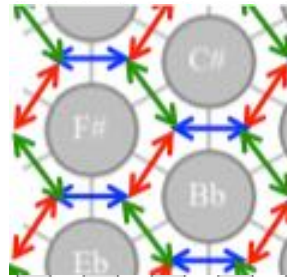


(G.-G. Granger : « **Pygmalion. Réflexions sur la pensée formelle** », 1947)

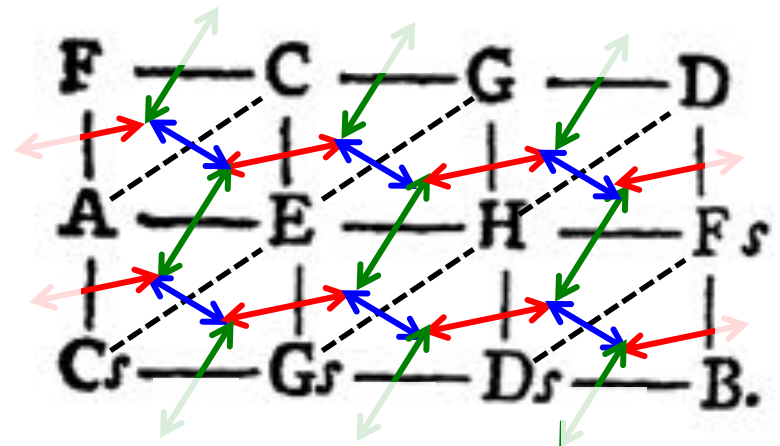


leVaisseau
La Science en s'amusant
Wissenschaft macht Spaß

Le Tonnetz (ou nid musical d'abeilles)



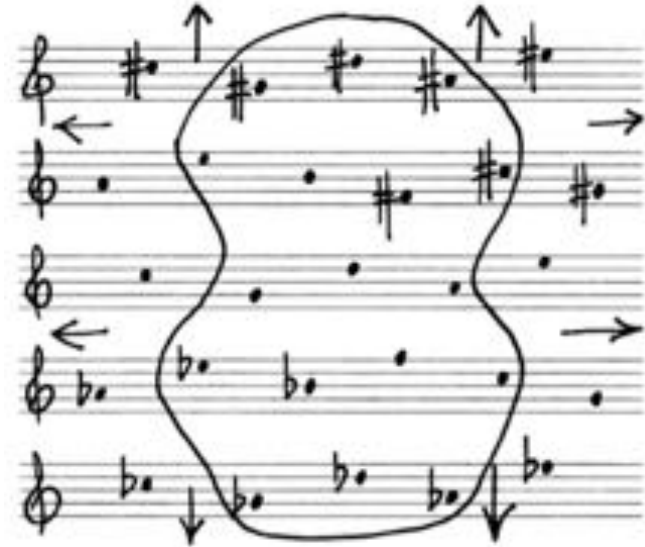
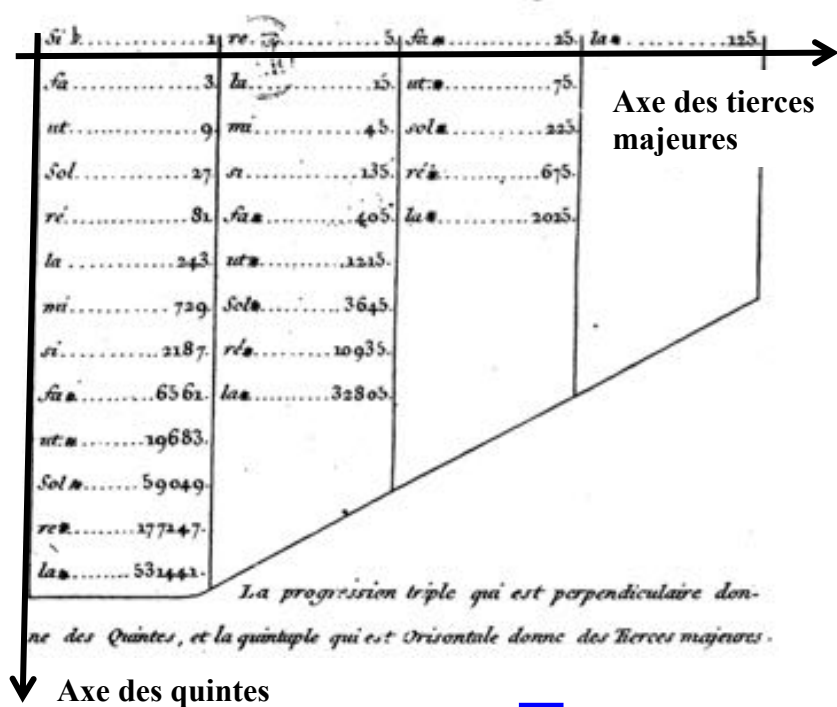
Leonhard Euler



Speculum Musicum (1773)

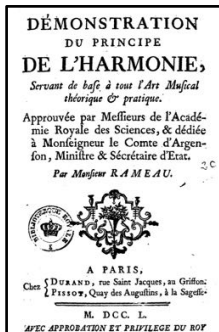
La théorie des réseaux chez Henri Pousseur et ses origines ramistes

PROGRESSIONS TRIPLES ET QUINTUPLES



« Un réseau, au sens entendu ici, est une distribution de note [...] selon plusieurs (pour commencer deux) axes qui se caractérisent chacun comme une chaîne d'un seul et même intervalle »

« Applications Analytiques de la 'technique des réseaux' », *Revue belge de Musicologie*, Vol. 52, pp. 247-298, 1998



- J.-Ph. Rameau, *Démonstration du principe de l'harmonie*, 1750

La théorie des réseaux chez Henri Pousseur et ses origines ramistes

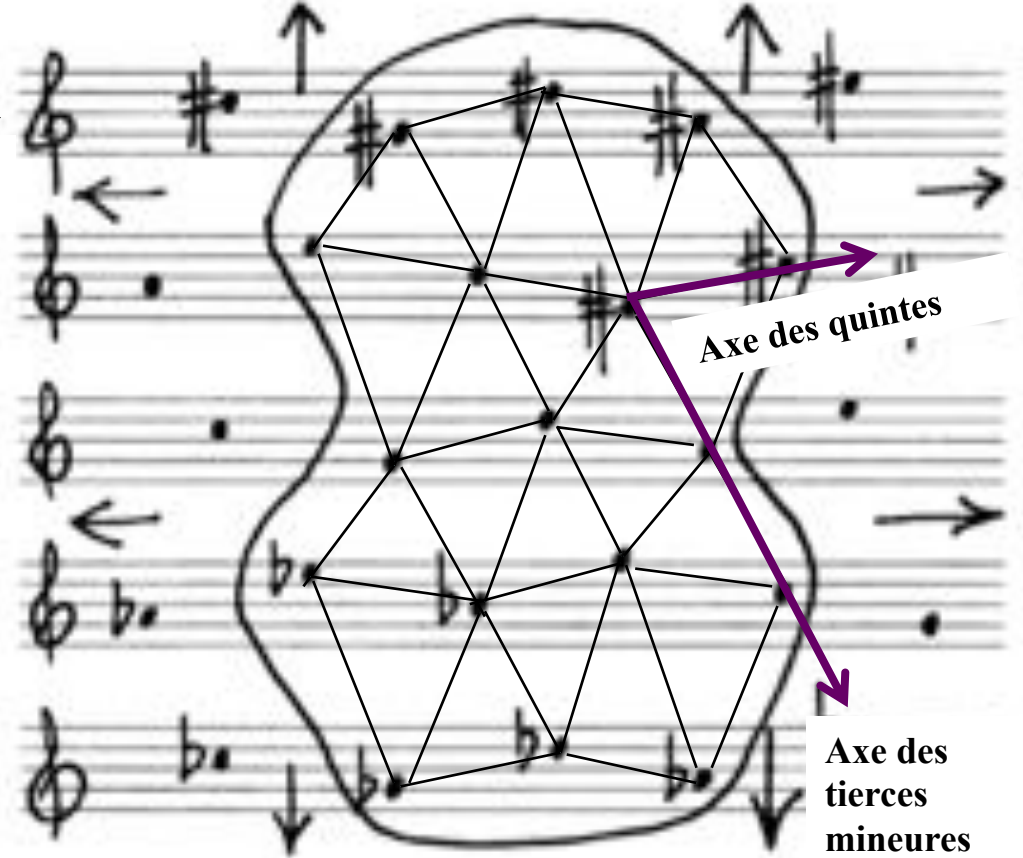
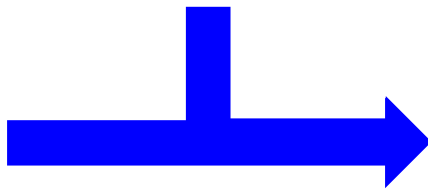
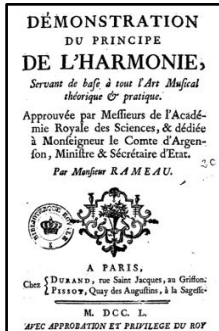
PROGRESSIONS TRIPLES ET QUINTUPLES

ut	3	la	15	ut	75
ut	9	mi	45	sol	225
Sol	27	si	135	ré	675
ré	81	fa	405	la	2025
la	243	ut	1215		
mi	729	Sol	3645		
si	2187	ré	10935		
fa	6561	la	32805		
ut	19683				
Sol	59049				
ré	177147				
la	531441				

La progression triple qui est perpendiculaire donne des Quintes, et la quintuple qui est horizontale donne des Tierces majeures.

Axe des tierces
majeures

Axe des quintes



- « L'apothéose de Rameau. Essai sur la question harmonique, *Musiques Nouvelles. Revue d'esthétique*, 21, 105-172, 1968
- « Applications Analytiques de la 'technique des réseaux' », *Revue belge de Musicologie*, Vol. 52, pp. 247-298, 1998

- J.-Ph. Rameau, *Démonstration du principe de l'harmonie*, 1750

La théorie des réseaux chez Henri Pousseur et ses origines ramistes

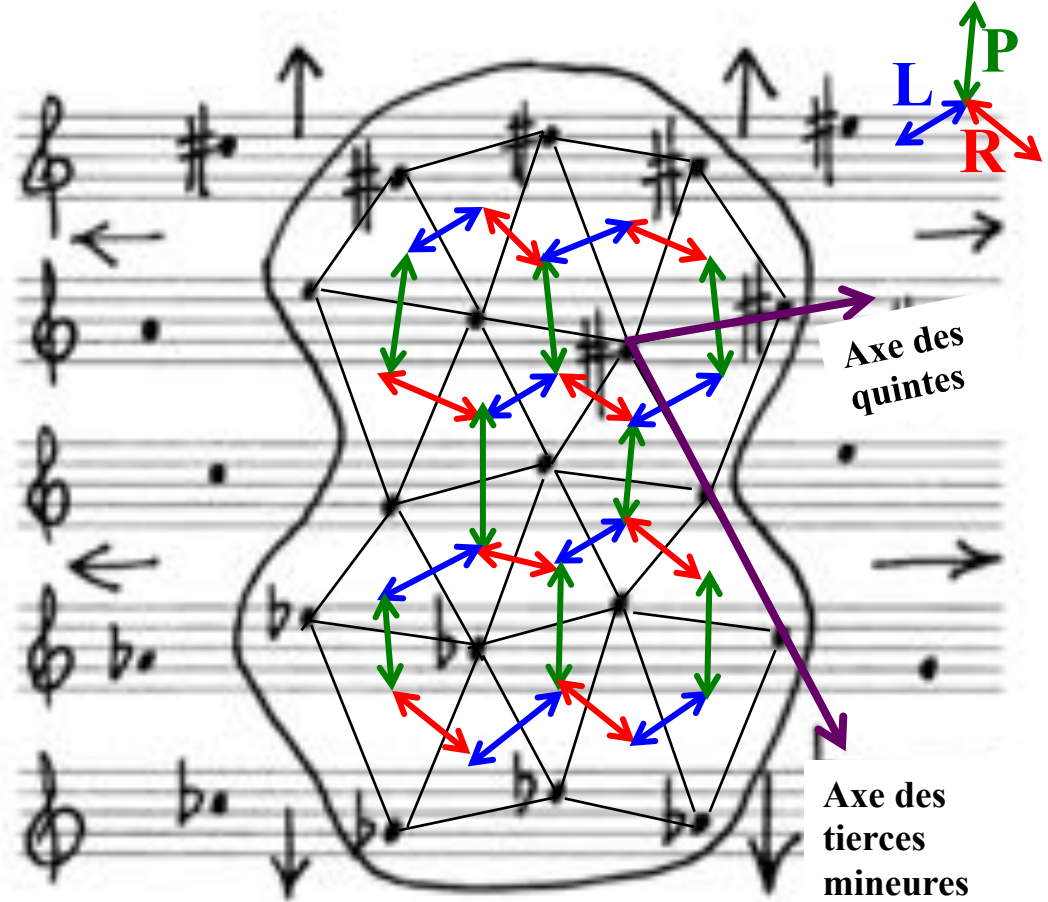
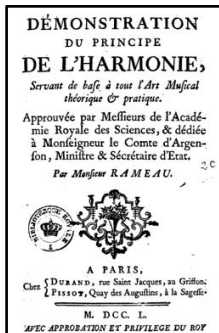
Si b.	1	re.	5	fa.	25	la.	125
fa.	3	la.	15	ut.	75		
ut.	9	mi.	45	sol.	225		
Sol.	27	si.	135	ré.	675		
ré.	81	fa.	405	la.	2025		
la.	243	ut.	1215				
mi.	729	Sol.	3645				
si.	2187	ré.	10935				
fa.	6561	la.	32805				
ut.	19683						
Sol.	59049						
re.	177247						
la.	531441						

La progression triple qui est perpendiculaire donne des Quintes, et la quintuple qui est horizontale donne des Tierces majeures.

Axe des tierces majeures

La progression triple qui est perpendiculaire donne la quintuple qui est horizontale donne des Berces majeures.

Axe des quintes

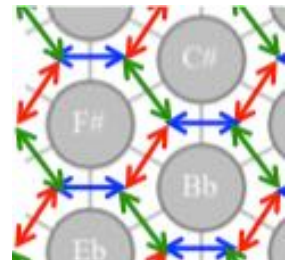
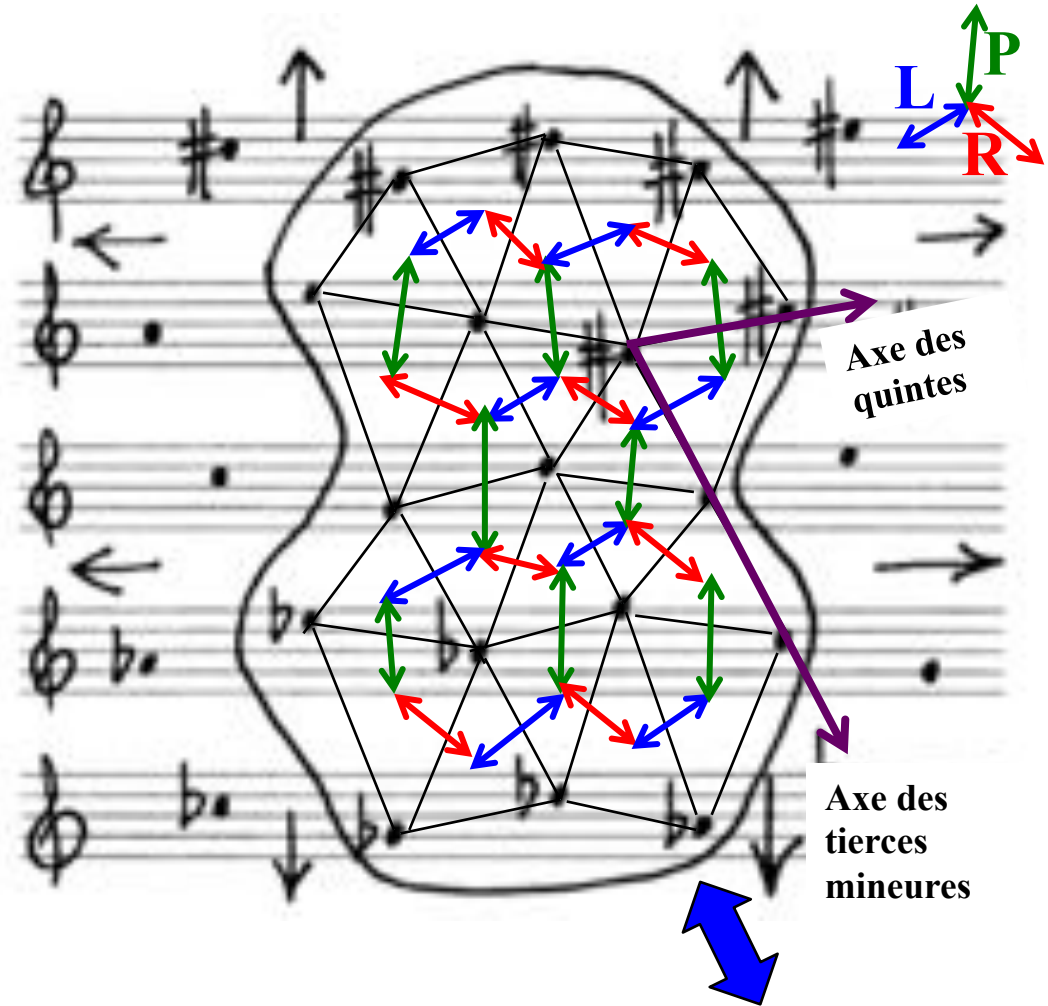


- « L'apothéose de Rameau. Essai sur la question harmonique, *Musiques Nouvelles. Revue d'esthétique*, 21, 105-172, 1968
- « Applications Analytiques de la 'technique des réseaux' », *Revue belge de Musicologie*, Vol. 52, pp. 247-298, 1998

- J.-Ph. Rameau, *Démonstration du principe de l'harmonie*, 1750

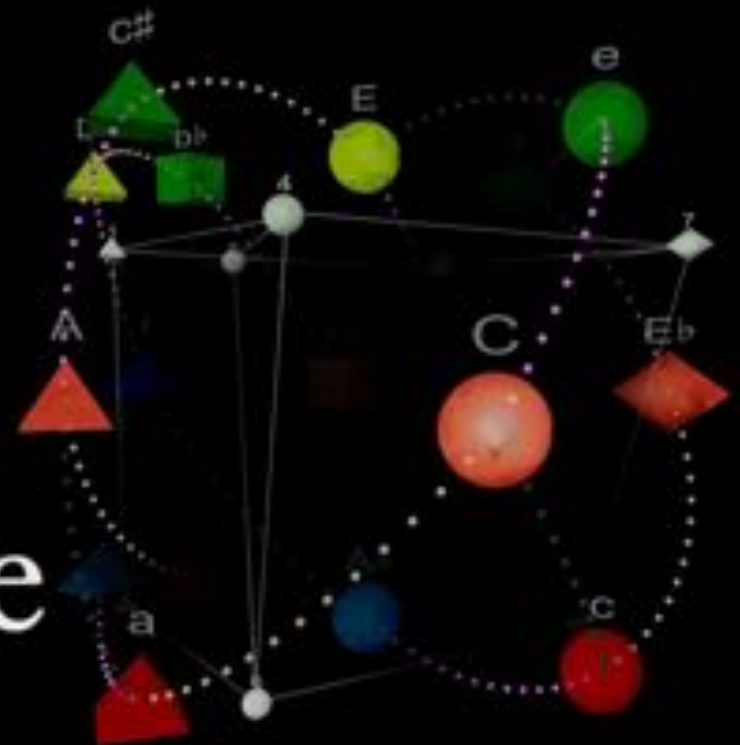
La théorie des réseaux et son héritage computationnel

« Il ne faut toutefois pas oublier que le principe même de la méthode réside dans la volonté de construire le lavis de telle sorte que les relations musicales élémentaires effectives, donc ‘en-temps’, (analysées ou composées, mélodiques ou accordiques) soient les plus **serrées** possibles, s’expriment principalement entre notes **voisines** du réseau, dans un sens ou dans l’autre »



- « Applications Analytiques de la 'technique des réseaux' », *Revue belge de Musicologie*, Vol. 52, pp. 247-298, 1998

Beethoven and the Hypersphere (and the Tonnetz)

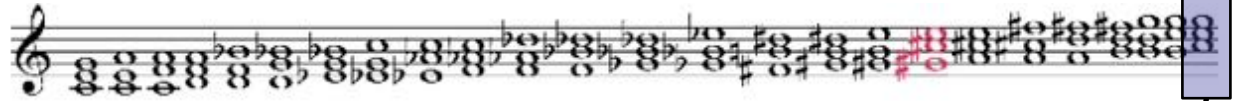


Gilles Baroin 2016
www.MatheMusic.net

Sciences de la musique et pratiques musicales actuelles

Le Blé en Herbe

(Polo/Moreno/Dieu)



← temps

Plonger comme un enfant, cheveux au vent

Croiser matin dans l'herbe folle

Sous l'océan du blé en herbe

Deux tourterelles qui s'envolent

Marée d'épis couleur d'amande

Suivre les jeux des hirondelles

Qui tendent à caresser le ciel

Sur le paysage éternel

Nager comme un enfant, cheveux au vent

Algues tendres de mille plages

Sous l'océan

Frôlant le ventre des nuages

Du blé en herbe

Cheveux de pluie, dos de poissons

Qui frissonnent à l'unisson

Marée de fruits au goût amer

Acide et salée comme la mer

Suivre le bord des continents

Dans l'océan du blé en herbe

Vers l'îlot d'un petit village

Pêcher le corail du pavot

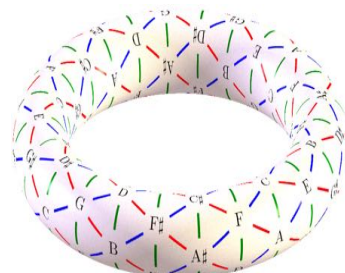
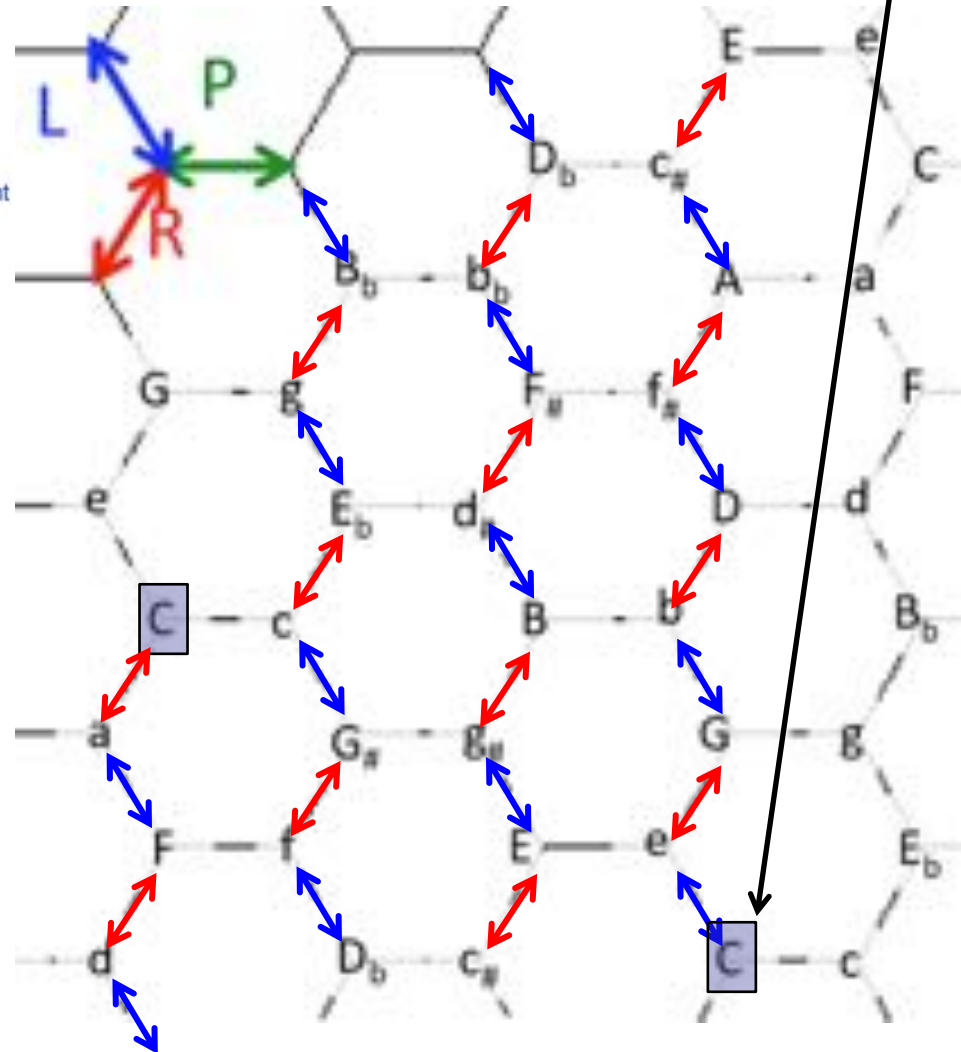
Vers un château d'eau sur la plage

Dans le sang des coquelicots

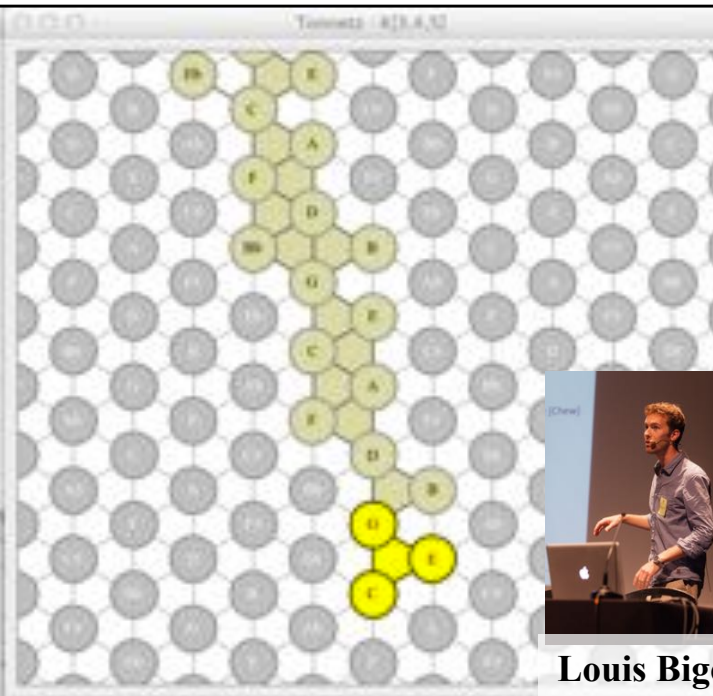
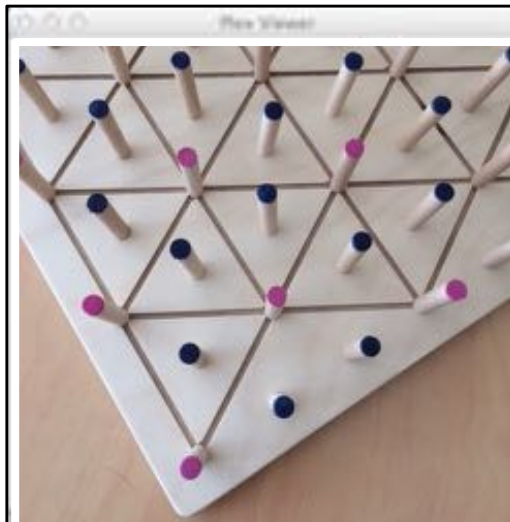
Quand tout s'éteint avant l'orage

Quand se lève le vent du large

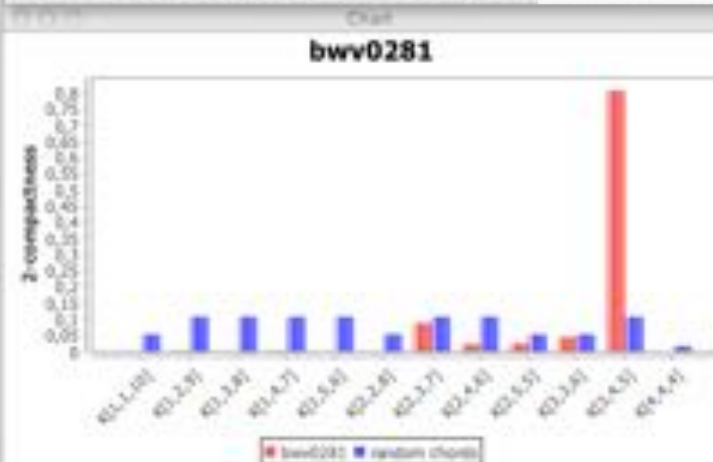
Sur le blé vert



Vers une modélisation informatique du style



Louis Bigo

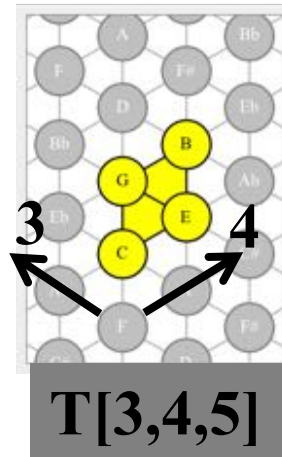
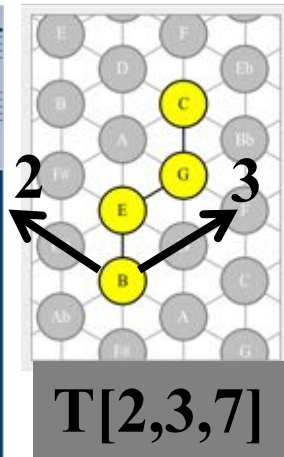
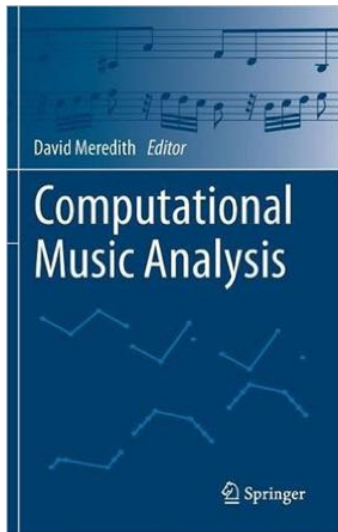


➔ <http://www.lacl.fr/~lbigo/hexachord>

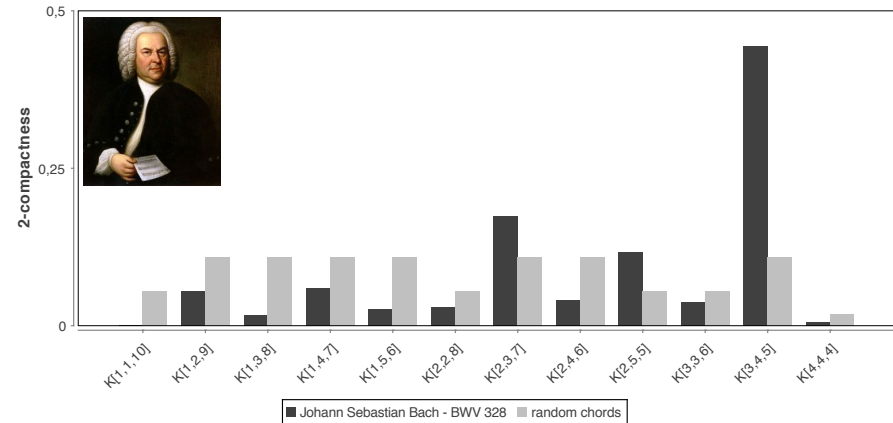
➔ DEMO

Le caractère spatial du « style musical »

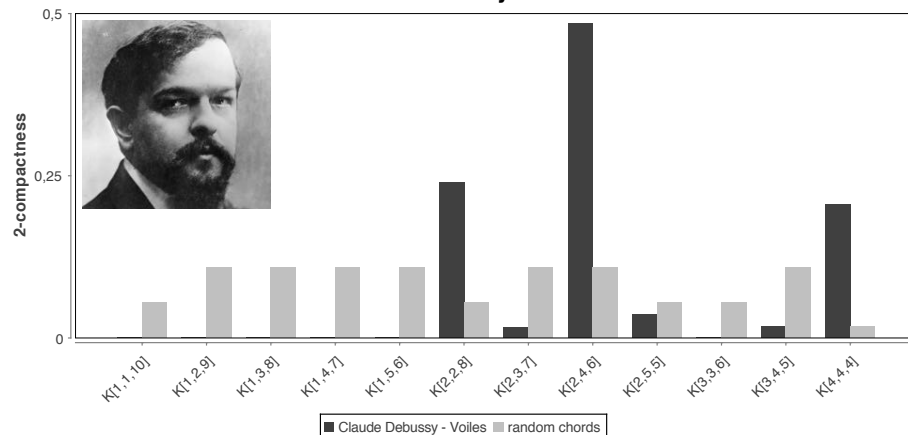
Bigo L., M. Andreatta, « Musical analysis with simplicial chord spaces », in D. Meredith (ed.), *Computational Music Analysis*, Springer, 2015



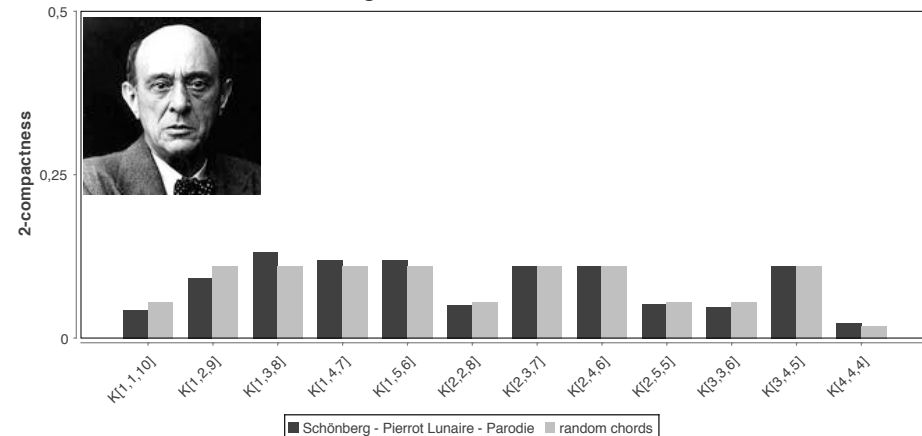
Johann Sebastian Bach - BWV 328



Claude Debussy - Voiles



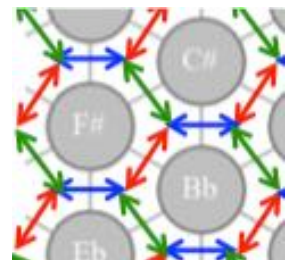
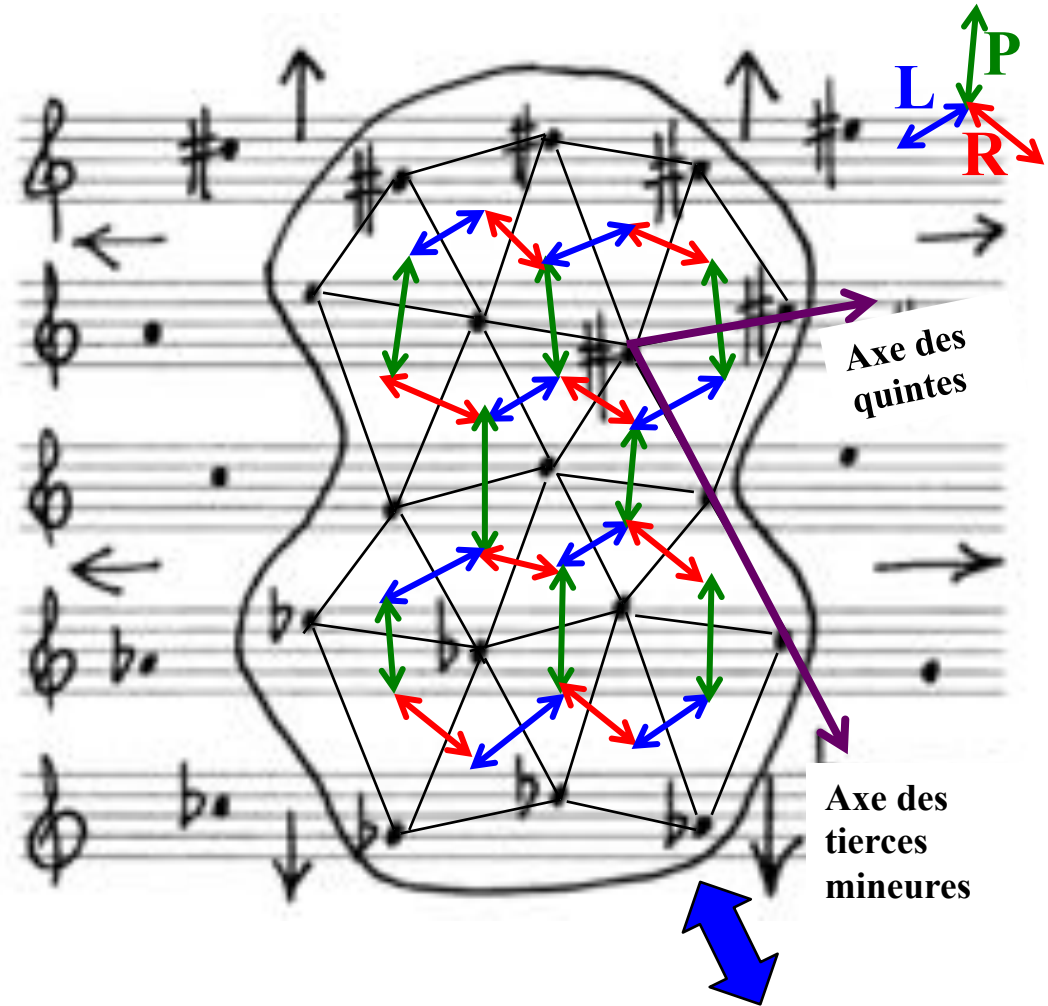
Schönberg - Pierrot Lunaire - Parodie



La théorie des réseaux et son héritage computationnel

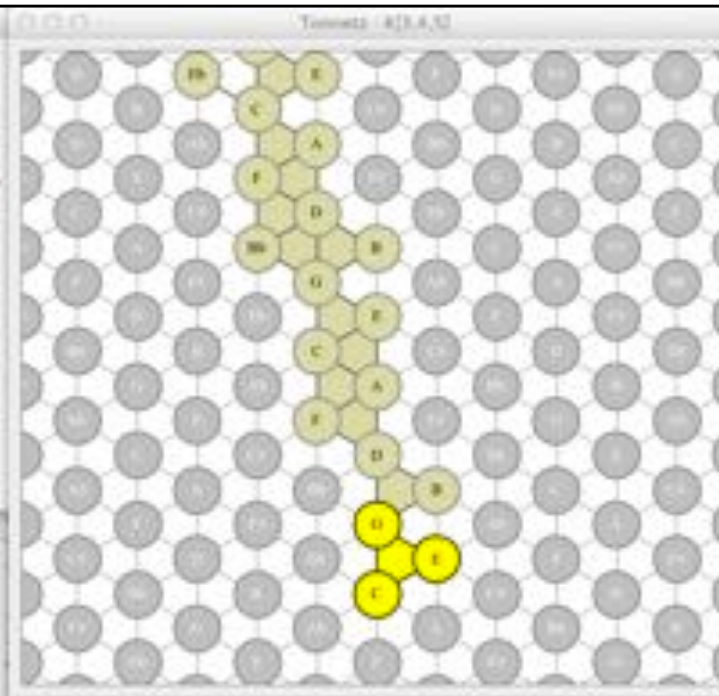
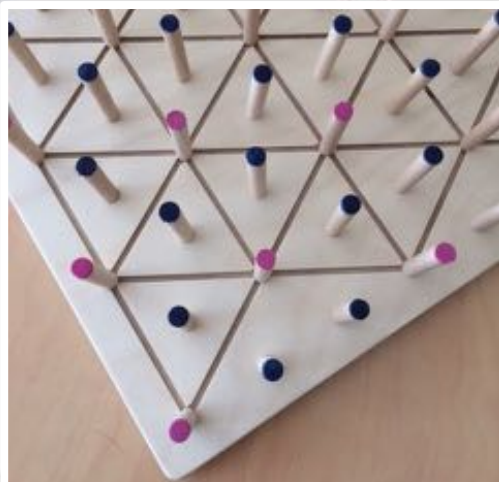
« Il ne faut toutefois pas oublier que le principe même de la méthode réside dans la volonté de construire le lavis de telle sorte que les relations musicales élémentaires effectives, donc ‘en-temps’, (analysées ou composées, mélodiques ou accordiques) soient les plus **serrées** possibles, s’expriment principalement entre notes **voisines** du réseau, dans un sens ou dans l’autre.

Ajoutons encore que l’on peut **passer de certains réseaux à certains autres** en faisant simplement ‘basculer’ les axes [...] ce qui modifie les rapports de proximité structurelle entre les notes et donc la hiérarchie de leurs intervalles ».



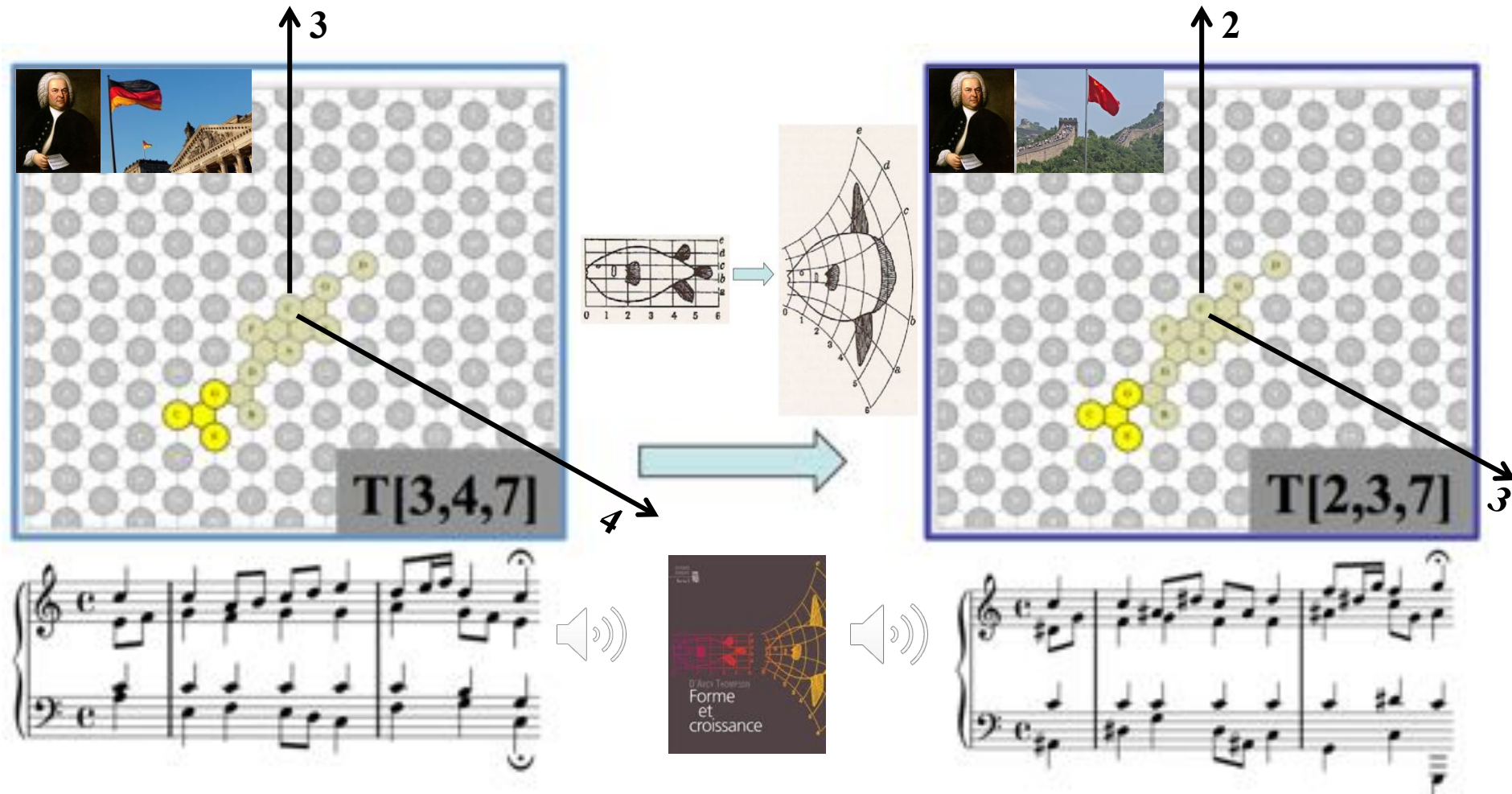
- « Applications Analytiques de la 'technique des réseaux' », *Revue belge de Musicologie*, Vol. 52, pp. 247-298, 1998

Changer d'espace...changer de style !



➔ <http://www.lacl.fr/~lbigo/hexachord>

Transformations géométriques et transformations musicales



« Il me semble que le **style** est l'un des outils opératoire majeurs dont nous disposons pour essayer de comprendre la corrélation entre la nature et la culture... Dans le domaine de la musique [...] il ne fait aucun doute, dans mon esprit, qu'il est possible de passer d'une mélodie classique à une mélodie moderne par une **transformation purement mathématique** dont les compositeurs sont, bien entendu, totalement ignorants. Mais le fait saillant à propos du style, c'est que l'esprit humain travaille inconsciemment dans une direction comparable à celle de la nature » (Lévi-Strauss, 1953 / tr. J.-J. Nattiez 1973).

[illegible]

➔ <http://www.lacl.fr/~lbigo/hexachord>



<https://imaginary.org/>



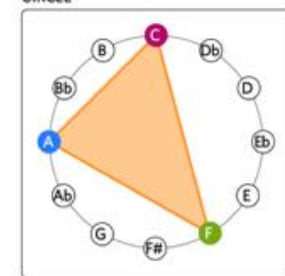
La.La.Lab brings the visitor to an interactive exploration and discovery of music from a mathematical perspective. The exhibition pivots over three axis:

- **Music theory.** Learning what tools build music, and how these tools are used to create art. Basic concepts and historical comments.
- **Current research.** The latest trends of research in the connection of maths and music. Artificial Intelligence, theoretical and new instruments, classification and composition tools.
- **Art and entertainment.** A joyful display of artworks from artists and mathematicians in the field. Talks/concerts at scheduled events

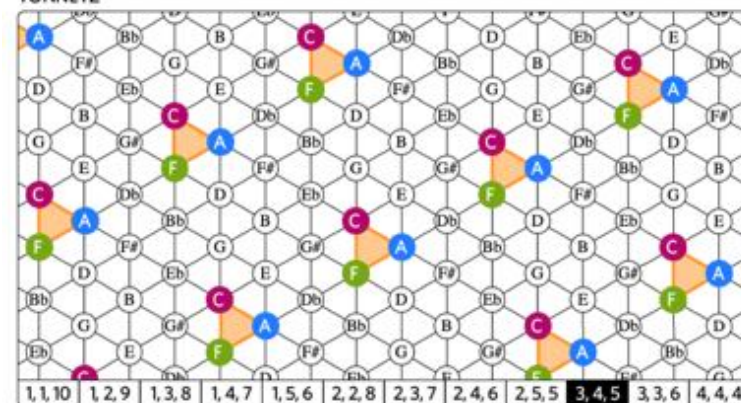
MUSIC STAFF



CIRCLE



TONNETZ



Merci de votre attention !