

“Prima la musica!”

Elementi di storia del rapporto musica/matematica: una lettura critica della *Table des correspondances* di Iannis Xenakis

7 November 2024

Moreno Andreatta

CNRS / IRMA / Université de Strasbourg

CNRS / IRCAM / Sorbonne Université

www.morenoandreatta.com

Focus on Iannis Xenakis' *Table des correspondances*

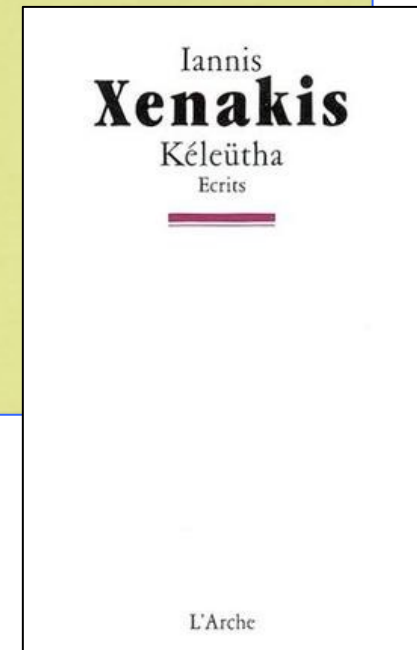
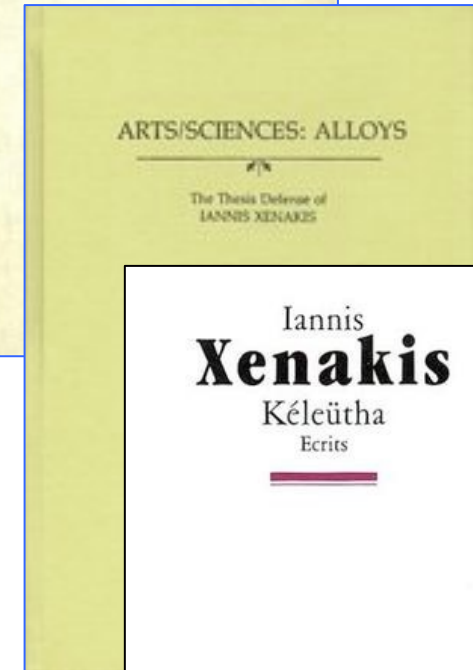
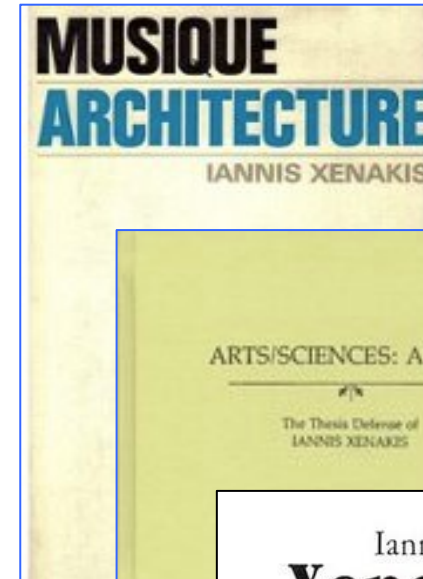


I. Xenakis
(1922-2001)

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.
<i>Pas de correspondance musicale.</i>	Nombres irrationnels, théorème de Pythagore.
300 a.J. Invention (théorique) de la gamme chromatique tempérée égale par Aristoxénos de Tarente) et prémonition de la théorie des groupes . Isomorphismes entre les logarithmes (intervalles musicaux) et les exponentiels (longueur d'une corde).	Les mathématiques ne réagissent pas.
1000 ap. J.C. 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. Invention des repères cartésiens.
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).
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> Logique (contradictions de la théorie des ensembles).



- *Musique. Architecture*, Casterman, 1971/1976
- *Arts/Sciences Alliages*, Casterman, 1979 (tr. *Arts/Sciences. Alloys*, Pendr. Press, 1985)
- *Kéleütha. Ecrits*, L'Arche, 1994

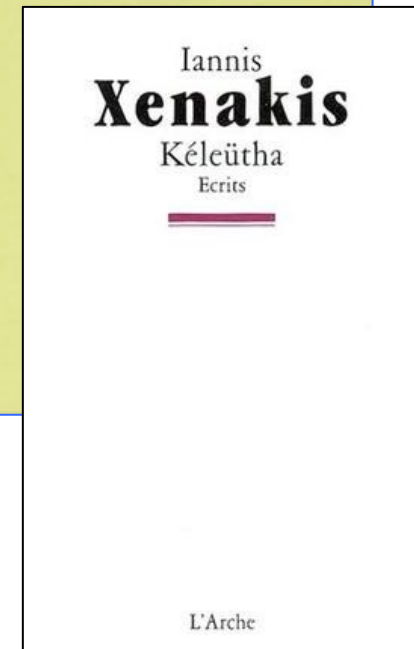
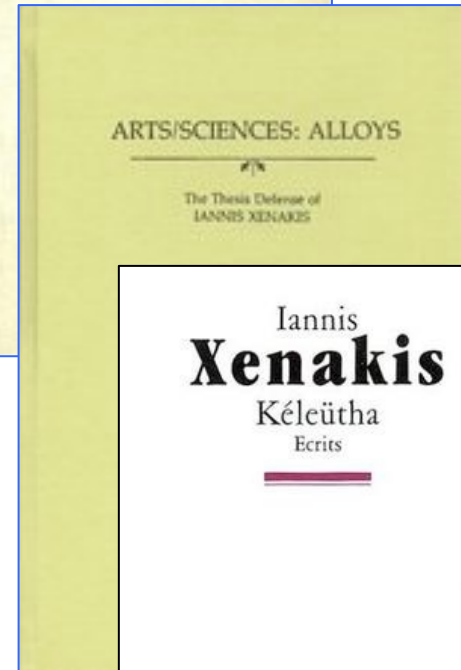
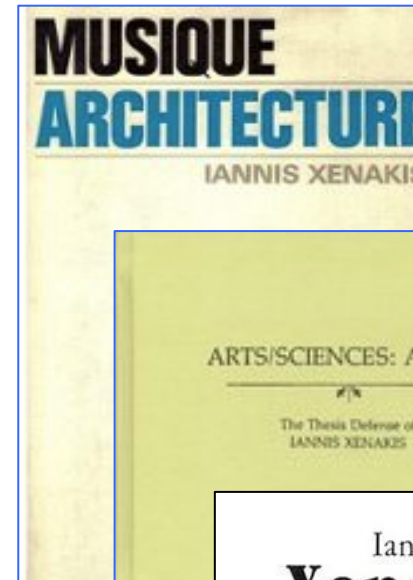
Focus on Iannis Xenakis' *Table des correspondances*



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.
<i>Pas de correspondance musicale.</i>	Nombres irrationnels, théorème de Pythagore.
300 a.J. Invention (théorique) de la gamme chromatique tempérée égale par Aristoxénos de Tarente) et prémonition de la théorie des groupes . Isomorphismes entre les logarithmes (intervalles musicaux) et les exponentiels (longueur d'une corde).	Les mathématiques ne réagissent pas.
1000 ap. J.C. 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. Invention des repères cartésiens.
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).
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> Logique (contradictions de la théorie des ensembles).



- *Musique. Architecture*, Casterman, 1971/1976
- *Arts/Sciences Alliages*, Casterman, 1979 (tr. *Arts/Sciences. Alloys*, Pendr. Press, 1985)
- *Kéleütha. Ecrits*, L'Arche, 1994

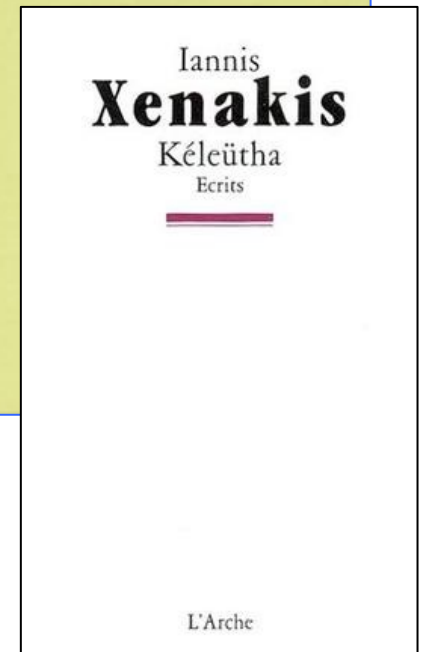
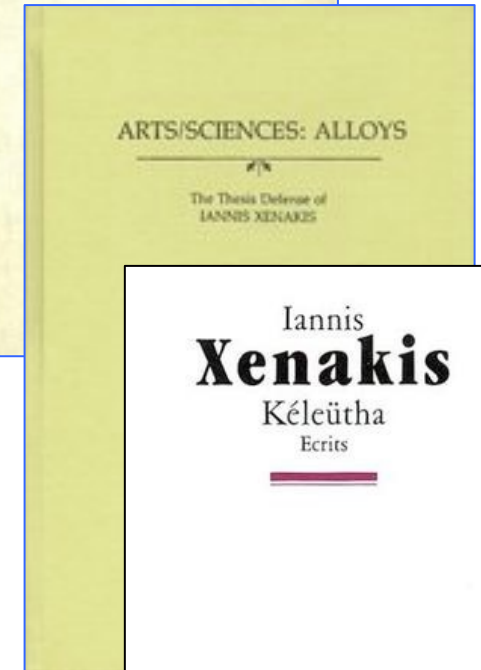
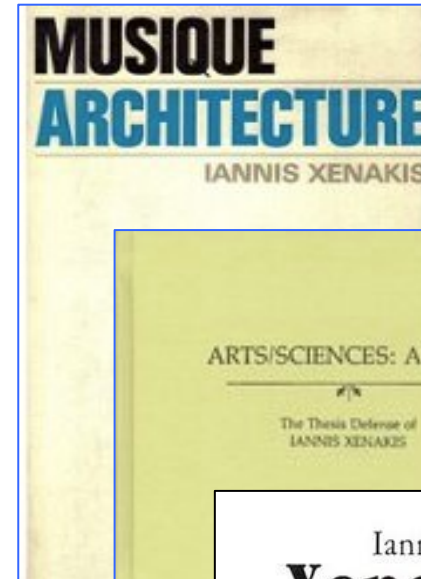
Focus on Iannis Xenakis' *Table des correspondances*



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.
<i>Pas de correspondance musicale.</i>	Nombres irrationnels, théorème de Pythagore.
300 a.J. Invention (théorique) de la gamme chromatique tempérée égale par Aristoxénos de Tarente) et prémonition de la théorie des groupes . Isomorphismes entre les logarithmes (intervalles musicaux) et les exponentiels (longueur d'une corde).	Les mathématiques ne réagissent pas.
1000 ap. J.C. 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. Invention des repères cartésiens.
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).
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> Logique (contradictions de la théorie des ensembles).



- *Musique. Architecture*, Casterman, 1971/1976
- *Arts/Sciences Alliages*, Casterman, 1979 (tr. *Arts/Sciences. Alloys*, Pendr. Press, 1985)
- *Kéleütha. Ecrits*, L'Arche, 1994

Focus on Iannis Xenakis' *Table des correspondances*

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.
<i>Pas de correspondance musicale.</i>	Nombres irrationnels, théorème de Pythagore.
300 a.J. Invention (théorique) de la gamme chromatique tempérée égale par Aristoxénos de Tarente) et prémonition de la théorie des groupes . Isomorphismes entre les logarithmes (intervalles musicaux) et les exponentiels (longueur d'une corde).	Les mathématiques ne réagissent pas.
1000 ap. J.C. 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. Invention des repères cartésiens.
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).
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> Logique (contradictions de la théorie des ensembles).



Pythagoras and the monochord, VIth-Vth Century B.C.

- *Musique. Architecture*, Casterman, 1971/1976
- *Arts/Sciences Alliages*, Casterman, 1979 (tr. *Arts/Sciences. Alloys*, Pendr. Press, 1985)
- *Kéleütha. Ecrits*, L'Arche, 1994

Focus on Iannis Xenakis' *Table des correspondances*

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.

Pas de correspondance musicale.

Nombres irrationnels, théorème de Pythagore.

300 a.J. Invention (théorique) de la gamme chromatique tempérée égale par Aristoxénos de Tarente) et **prémonition de la théorie des groupes**. Isomorphismes entre les logarithmes (intervalles musicaux) et les exponentiels (longueur d'une corde).

Les mathématiques ne réagissent pas.

1000 ap. J.C. Invention de la représentation bidimensionnelle des hauteurs.

Aucune correspondance.

1500 *Aucune reprise des concepts précédents.*

Nombres négatifs. Construction des rationnels.

1600 *Aucune relation.*

Nombres réels et les logarithmes. Invention des repères cartésiens.

1700 La fugue comme un automate abstrait. Manipulation inconsciente du groupe de Klein.

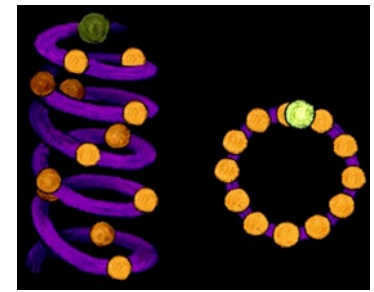
Nombres complexes (Euler, Gauss), les quaternions (Hamilton), continuité (Cauchy), structure de groupe (Galois, Abel).

1900 Libération de la prison de la tonalité (Loquin, Hauer, Schoenberg).

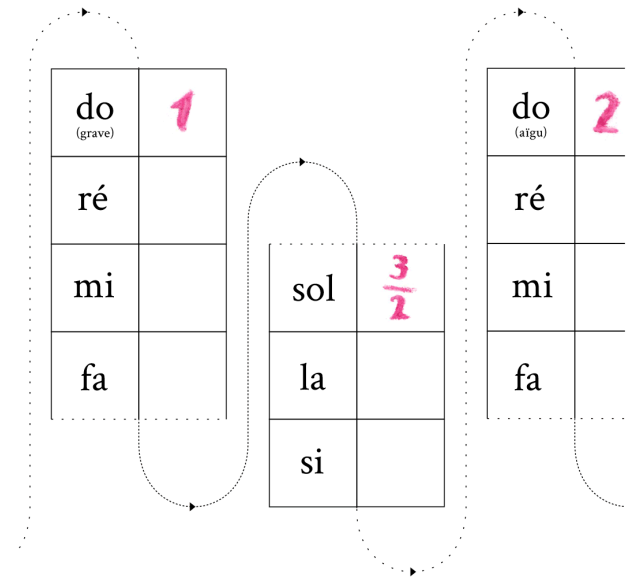
Nombres infinis et transfinis (Cantor). Axiomatique de Peano. Théorie de la mesure (Lebesgue, Borel).

1920 Formalisation radicale des macrostructures à travers le système sériel (Schoenberg).

Aucun développement de la théorie des nombres. Logique (contradictions de la théorie des ensembles).



Pythagoras and the monochord, VIth-Vth Century B.C.



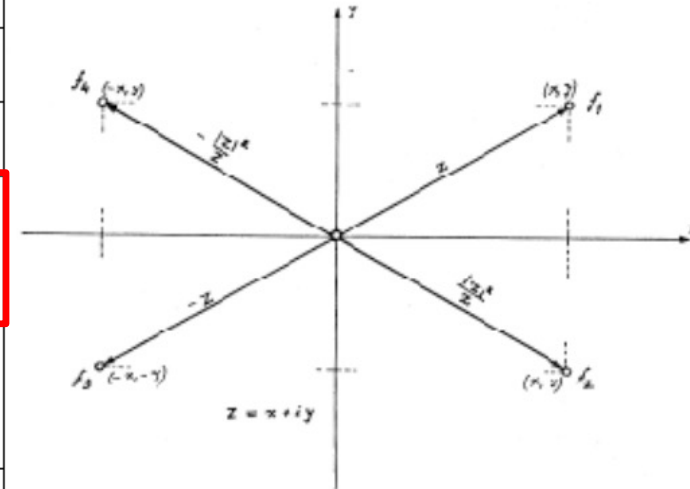
- *Musique. Architecture*, Casterman, 1971/1976
- *Arts/Sciences Alliages*, Casterman, 1979 (tr. *Arts/Sciences. Alloys*, Pendr. Press, 1985)
- *Kéleütha. Ecrits*, L'Arche, 1994

Focus on Iannis Xenakis' *Table des correspondances*

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.
<i>Pas de correspondance musicale.</i>	Nombres irrationnels, théorème de Pythagore.
300 a.J. Invention (théorique) de la gamme chromatique tempérée égale par Aristoxénos de Tarente) et prémonition de la théorie des groupes . Isomorphismes entre les logarithmes (intervalles musicaux) et les exponentiels (longueur d'une corde).	Les mathématiques ne réagissent pas.
1000 ap. J.C. 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. Invention des repères cartésiens.
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).
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> Logique (contradictions de la théorie des ensembles).



Pythagoras and the monochord, VIth-Vth Century B.C.



Complex numbers and Klein group

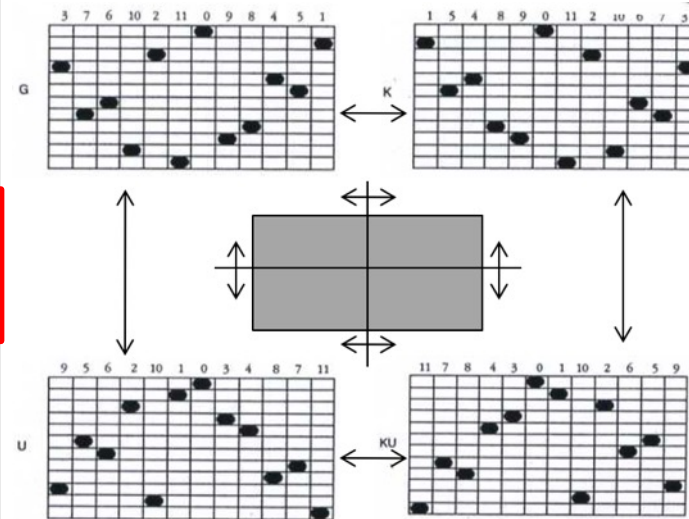
- *Musique. Architecture*, Casterman, 1971/1976
- *Arts/Sciences Alliages*, Casterman, 1979 (tr. *Arts/Sciences. Alloys*, Pendr. Press, 1985)
- *Kéleütha. Ecrits*, L'Arche, 1994

Focus on Iannis Xenakis' *Table des correspondances*

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.
<i>Pas de correspondance musicale.</i>	Nombres irrationnels, théorème de Pythagore.
300 a.J. Invention (théorique) de la gamme chromatique tempérée égale par Aristoxénos de Tarente) et prémonition de la théorie des groupes . Isomorphismes entre les logarithmes (intervalles musicaux) et les exponentiels (longueur d'une corde).	Les mathématiques ne réagissent pas.
1000 ap. J.C. 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. Invention des repères cartésiens.
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).
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> Logique (contradictions de la théorie des ensembles).



Pythagoras and the monochord, VIth-Vth Century B.C.



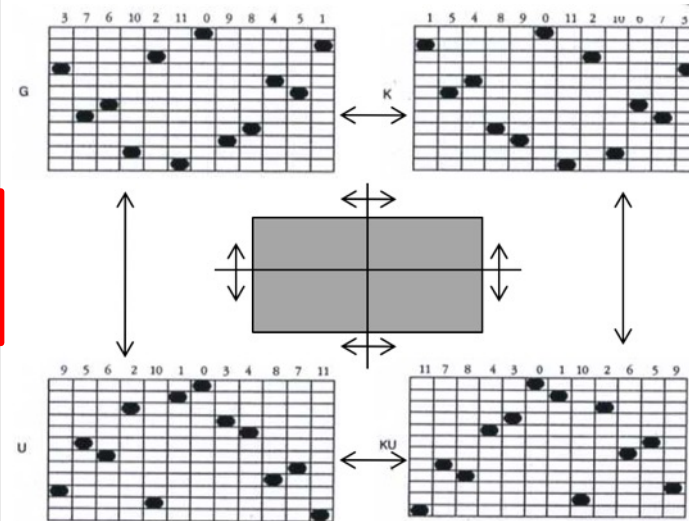
- *Musique. Architecture*, Casterman, 1971/1976
- *Arts/Sciences Alliages*, Casterman, 1979 (tr. *Arts/Sciences. Alloys*, Pendr. Press, 1985)
- *Kéleütha. Ecrits*, L'Arche, 1994

Focus on Iannis Xenakis' *Table des correspondances*

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.
<i>Pas de correspondance musicale.</i>	Nombres irrationnels, théorème de Pythagore.
300 a.J. Invention (théorique) de la gamme chromatique tempérée égale par Aristoxénos de Tarente) et prémonition de la théorie des groupes . Isomorphismes entre les logarithmes (intervalles musicaux) et les exponentiels (longueur d'une corde).	Les mathématiques ne réagissent pas.
1000 ap. J.C. 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. Invention des repères cartésiens.
1700 La fugue comme un automate abstrait. Manipulation inconsciente du groupe de Klein. Découverte (inconsciente) du ruban de Möbius	Nombres complexes (Euler, Gauss), les quaternions (Hamilton), continuité (Cauchy), structure de groupe (Galois, Abel).
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> Logique (contradictions de la théorie des ensembles).

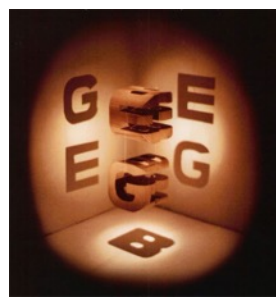


Pythagoras and the monochord, VIth-Vth Century B.C.



- *Musique. Architecture*, Casterman, 1971/1976
- *Arts/Sciences Alliages*, Casterman, 1979 (tr. *Arts/Sciences. Alloys*, Pendr. Press, 1985)
- *Kéleütha. Ecrits*, L'Arche, 1994

Bach's enigmatic canons and Möbius Strip

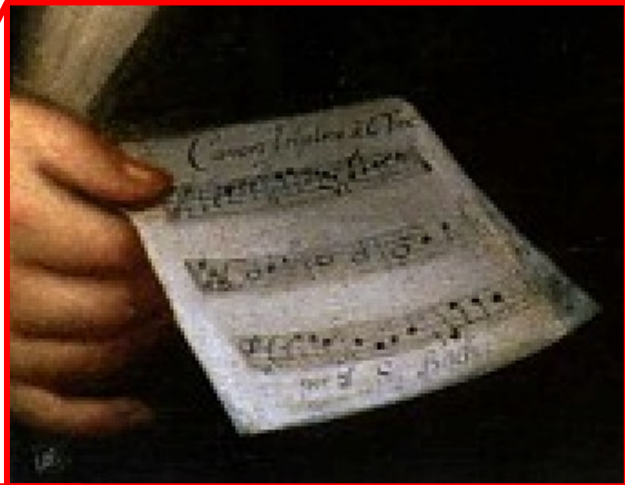


Canones diversi

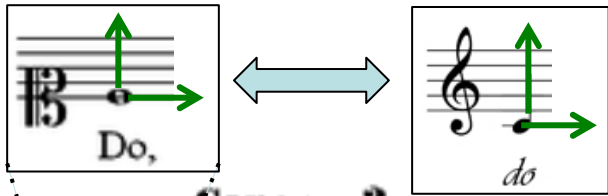
super thema regium

Canon a 2

1.



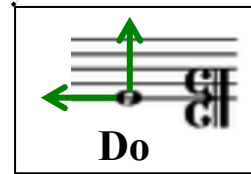
Bach's enigmatic canons and Möbius Strip



Canones diversi
super thema regium

Canon a 2

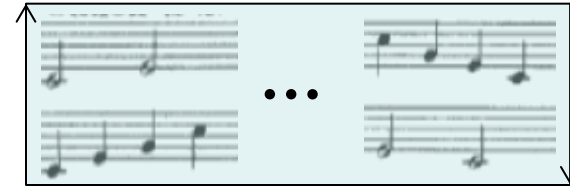
1.



Bach's enigmatic canons and Möbius Strip

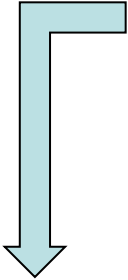
Canones diversi super thema regium

1. Canon a 2

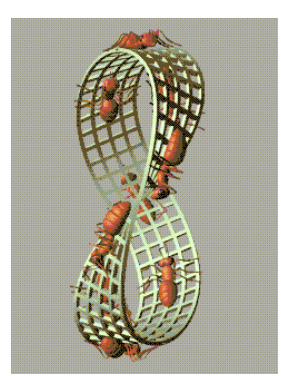


Canones diversi super thema regium

1. Canon a 2

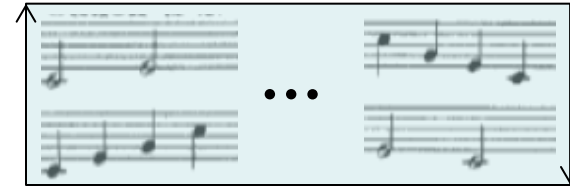


Bach's enigmatic canons and Möbius Strip



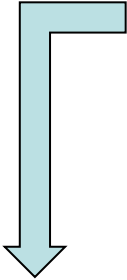
Canones diversi super thema regium

1. Canon a 2



Canones diversi super thema regium

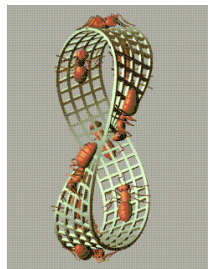
1. Canon a 2





<http://www.josleys.com/Canon/Canon.html>

[min. 1'14"]



Missing links in Xenakis' *Table des correspondances*

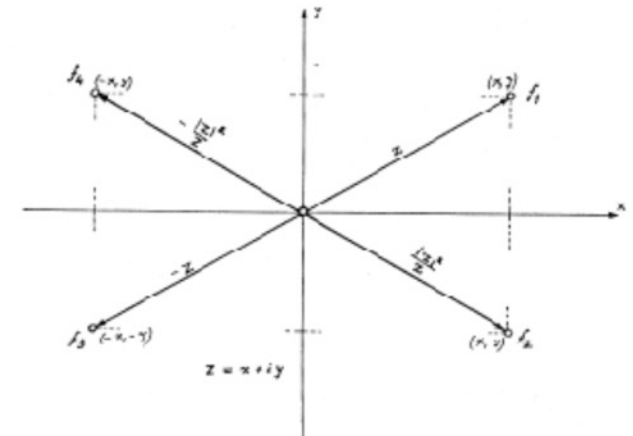
MUSIQUE

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.
<i>Pas de correspondance musicale.</i>	Nombres irrationnels, théorème de Pythagore.
300 a.J. Invention (théorique) de la gamme chromatique tempérée égale par Aristoxénos de Tarente) et prémonition de la théorie des groupes . Isomorphismes entre les logarithmes (intervalles musicaux) et les exponentiels (longueur d'une corde).	Les mathématiques ne réagissent pas.
1000 ap. J.C. 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. Invention des repères cartésiens.
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).
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> Logique (contradictions de la théorie des ensembles).



Pythagoras and the monochord, VIth-Vth Century B.C.



Complex numbers and Klein group

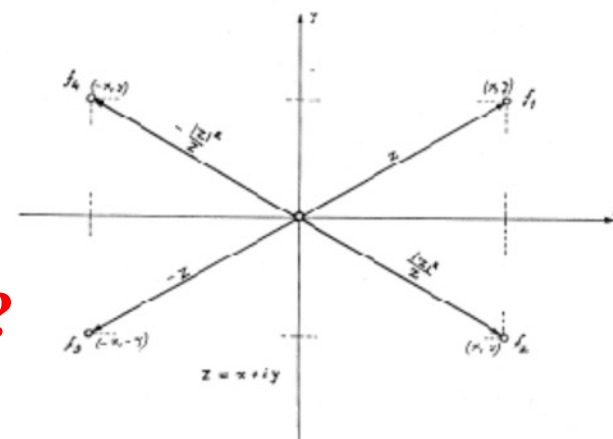
- *Musique. Architecture*, Casterman, 1971/1976
- *Arts/Sciences Alliages*, Casterman, 1979 (tr. *Arts/Sciences. Alloys*, Pendr. Press, 1985)
- *Kéleütha. Ecrits*, L'Arche, 1994

Problematic links in Xenakis' *Table des correspondances*

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.
<i>Pas de correspondance musicale.</i>	Nombres irrationnels, théorème de Pythagore.
300 a.J. Invention (théorique) de la gamme chromatique tempérée égale par Aristoxénos de Tarente) et prémonition de la théorie des groupes . Isomorphismes entre les logarithmes (intervalles musicaux) et les exponentiels (longueur d'une corde).	Les mathématiques ne réagissent pas.
1000 ap. J.C. 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. Invention des repères cartésiens.
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).
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> Logique (contradictions de la théorie des ensembles).



Pythagoras and the monochord, VIth-Vth Century B.C.



Complex numbers and Klein group

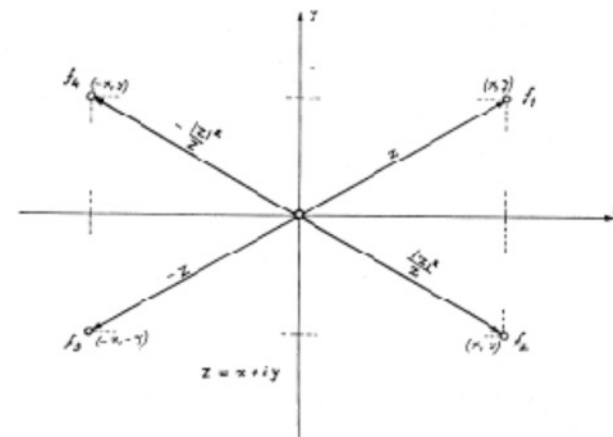
- *Musique. Architecture*, Casterman, 1971/1976
- *Arts/Sciences Alliages*, Casterman, 1979 (tr. *Arts/Sciences. Alloys*, Pendr. Press, 1985)
- *Kéleütha. Ecrits*, L'Arche, 1994

Problematic links in Xenakis' *Table des correspondances*

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.
<i>Pas de correspondance musicale.</i>	Nombres irrationnels, théorème de Pythagore.
300 a.J. Invention (théorique) de la gamme chromatique tempérée égale par Aristoxénos de Tarente) et prémonition de la théorie des groupes . Isomorphismes entre les logarithmes (intervalles musicaux) et les exponentiels (longueur d'une corde).	Les mathématiques ne réagissent pas.
1000 ap. J.C. 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. Invention des repères cartésiens.
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).
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> Logique (contradictions de la théorie des ensembles).



Pythagoras and the monochord, VIth-Vth Century B.C.

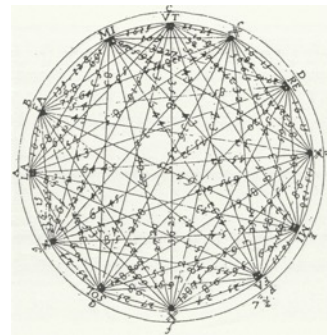


Complex numbers and Klein group

- *Musique. Architecture*, Casterman, 1971/1976
- *Arts/Sciences Alliages*, Casterman, 1979 (tr. *Arts/Sciences. Alloys*, Pendr. Press, 1985)
- *Kéleütha. Ecrits*, L'Arche, 1994

Filling the gaps in Xenakis' *Table des correspondances*

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.
<i>Pas de correspondance musicale.</i>	Nombres irrationnels, théorème de Pythagore.
300 a.J. Invention (théorique) de la gamme chromatique tempérée égale par Aristoxénos de Tarente) et prémonition de la théorie des groupes . Isomorphismes entre les logarithmes (intervalles musicaux) et les exponentiels (longueur d'une corde).	Les mathématiques ne réagissent pas.
1000 ap. J.C. 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. Invention des repères cartésiens.
1648 Marin Mersenne : invention de la combinatoire musicale (<i>Harmonicorum Libri</i>)	Systématisation du calcul des probabilités par Bernoulli (<i>Ars Conjectandi</i> , 1713)
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).
1773 Leonhard Euler : représentation géométrique des hauteurs (<i>Speculum Musicum</i>)	Invention de la théorie des graphes
1855 Camille Durutte : analyse harmonique, rythmique et mélodique	Développement en série d'une fonction (Wronski)
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> Logique (contradictions de la théorie des ensembles).



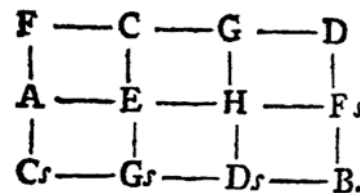
Mersenne,
*Harmonicorum
Libri XII*, 1648

114

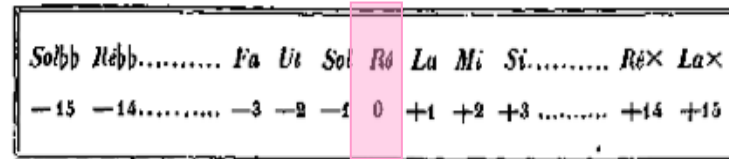
LIBER SEPTIMVS.
DE CANTIBVS, SEV CANTILENIS,
EARVMQ; NVMERO, PARTIVS, ET SPECIEBVS.

Tabula Combinationis ab 1 ad 12.

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	6402373705718000
XIX	12164100408832000
XX	2432902008176640000
XXI	51090942171709440000
XXII	11240072777607680000



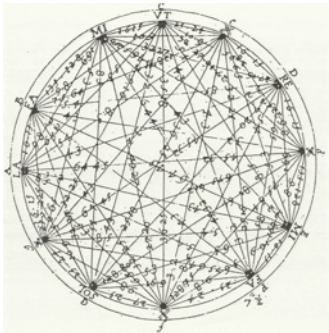
Euler, *Speculum
musicum*, 1773



Durutte, *Technie, ou lois générales du
système harmonique* (1855)

Filling the gaps in Xenakis' *Table des correspondances*

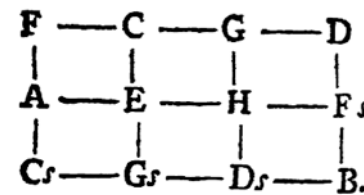
MUSIQUE	MATHS
500 av. J. C. Relation hauteur/longueur corde. La musique est source d'inspiration pour la théorie des nombres et la géométrie.	Nombres naturels et rationnels.
<i>Pas de correspondance musicale.</i>	Nombres irrationnels, théorème de Pythagore.
300 a.J. Invention (théorique) de la gamme chromatique tempérée égale par Aristoxénos de Tarente) et prémonition de la théorie des groupes . Isomorphismes entre les logarithmes (intervalles musicaux) et les exponentiels (longueur d'une corde).	Les mathématiques ne réagissent pas.
1000 ap. J.C. 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. Invention des repères cartésiens.
1648 Marin Mersenne : invention de la combinatoire musicale (<i>Harmonicorum Libri</i>)	Systématisation du calcul des probabilités par Bernoulli (<i>Ars Conjectandi</i> , 1713)
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).
1773 Leonhard Euler : représentation géométrique des hauteurs (<i>Speculum Musicum</i>)	Invention de la théorie des graphes
1855 Camille Durutte : analyse harmonique, rythmique et mélodique	Développement en série d'une fonction (Wronski)
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> Logique (contradictions de la théorie des ensembles).



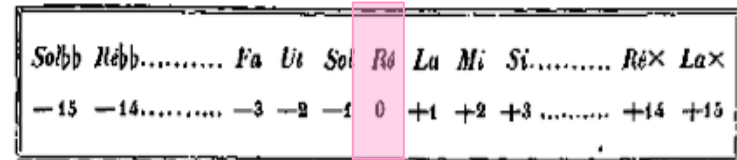
Mersenne, Harmonicorum Libri XII, 1648

114
LIBER SEPTIMVS.
DE CANTIBVS, SEV CANTILENIS,
EARVMQ; NVMERO, PARTIBVS, ET SPECIEBVS.
Tabula Combinationis ab 1 ad 12.

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	12164100408832000
XX	2432902008176640000
XXI	51090942171709440000
XXII	11240072777607680000

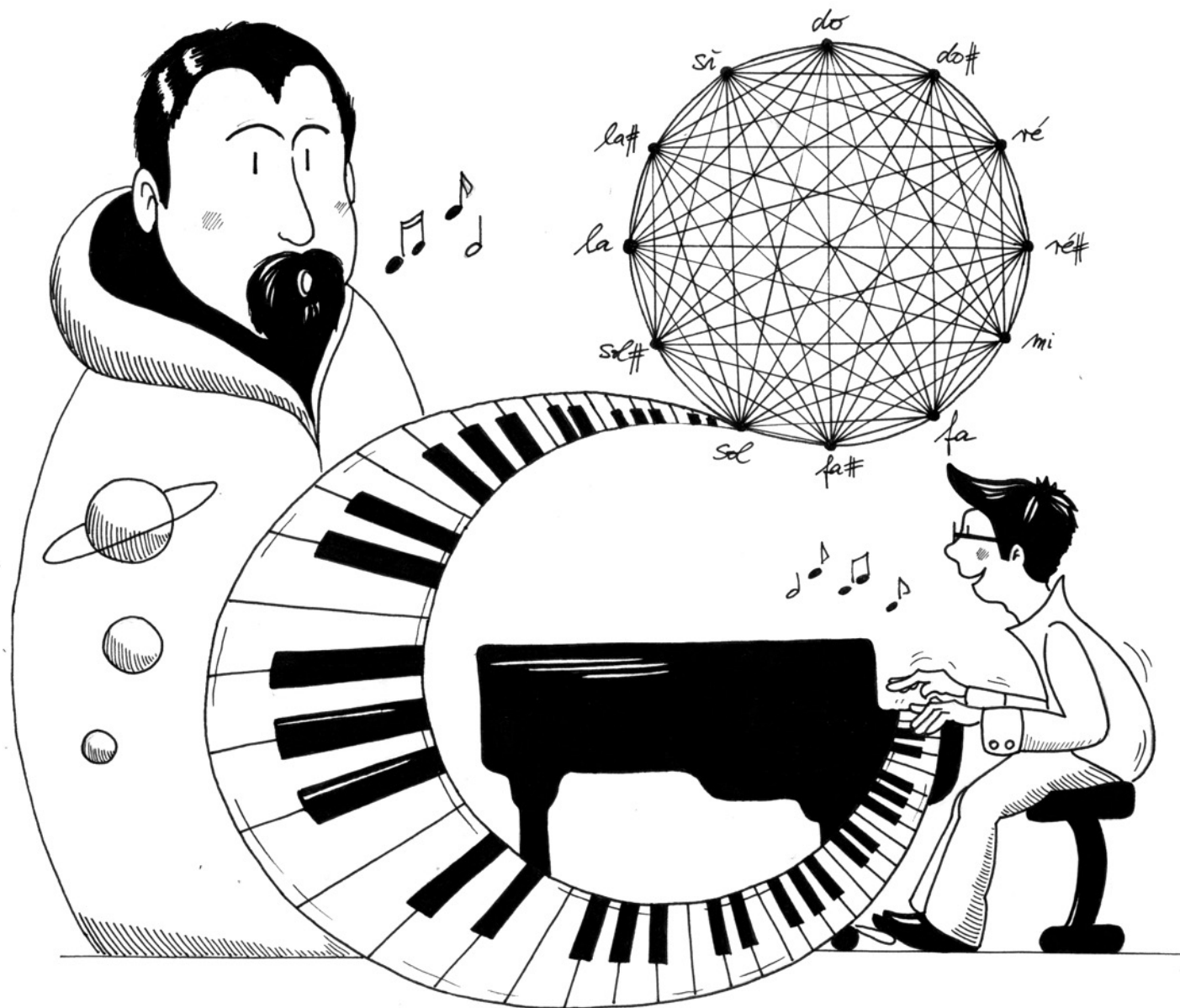


Euler, Speculum Musicum, 1773

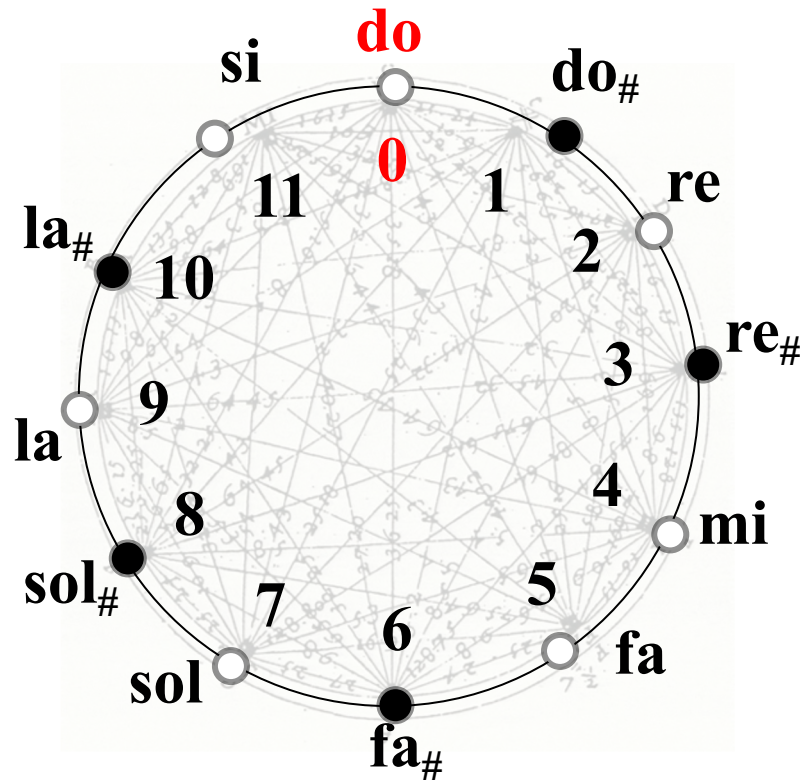


Durutte, Technie, ou lois générales du système harmonique (1855)

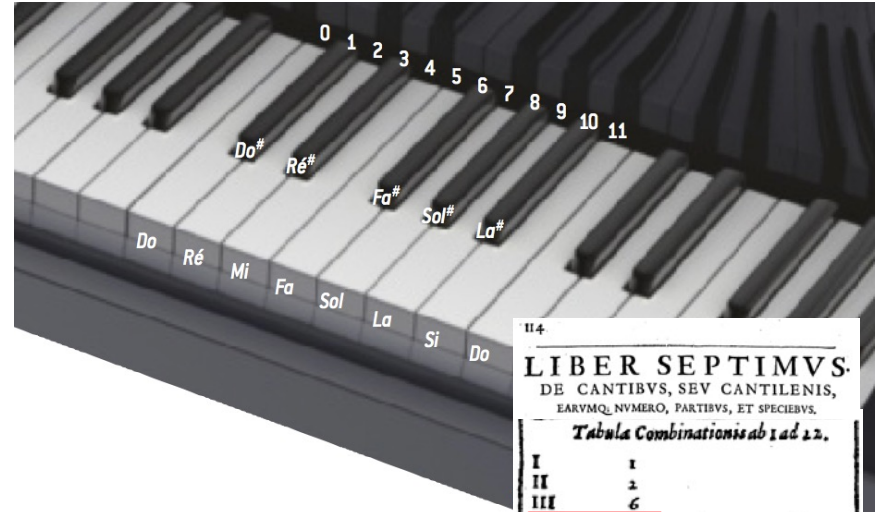
Marin Mersenne, the father of combinatorics



The circular representation of the pitch space



Harmonicorum Libri XII, 1648

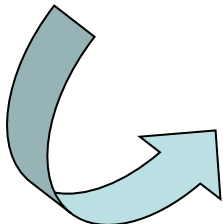


114

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

Tabula Combinationis ab 1 ad 12.

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	8718192000
XV	1307674368000
XVI	20922789888000
XVII	335687418096000
XVIII	6402373705728000
XIX	121645100408832000
XX	24329020081766400000
XXI	510909421717094400000
XXII	1124000727776076800000

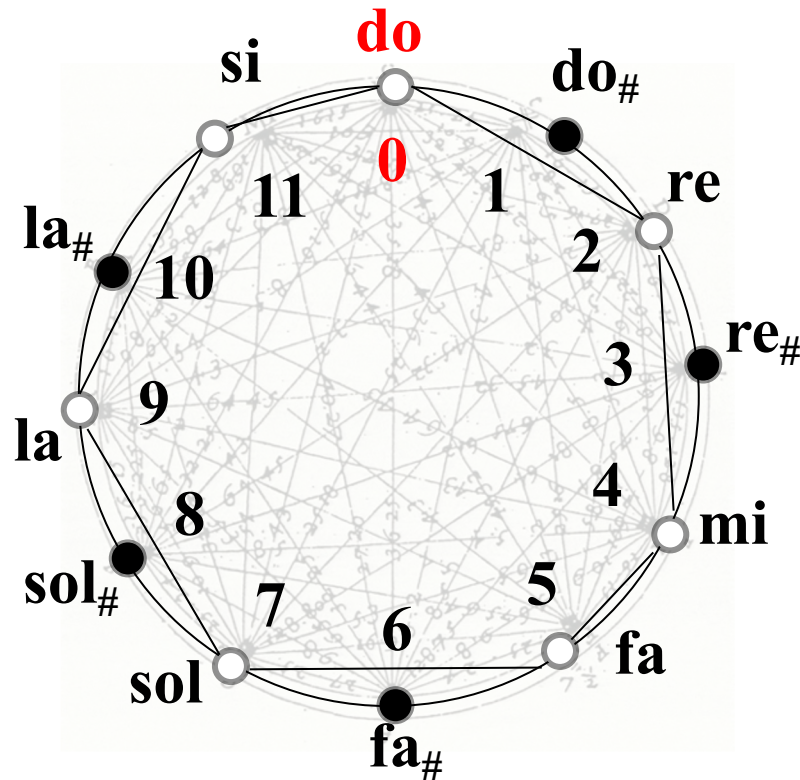


Musical notation for a chromatic scale. It consists of two staves of music. The first staff is in treble clef and the second in bass clef. Below the staves is a linear scale diagram with 12 positions labeled with numbers 0 through 11. The notes are: 0 (do), 1 (do#), 2 (re), 3 (re#), 4 (mi), 5 (fa), 6 (fa#), 7 (sol), 8 (sol#), 9 (la), 10 (la#), 11 (si), 12 (do).

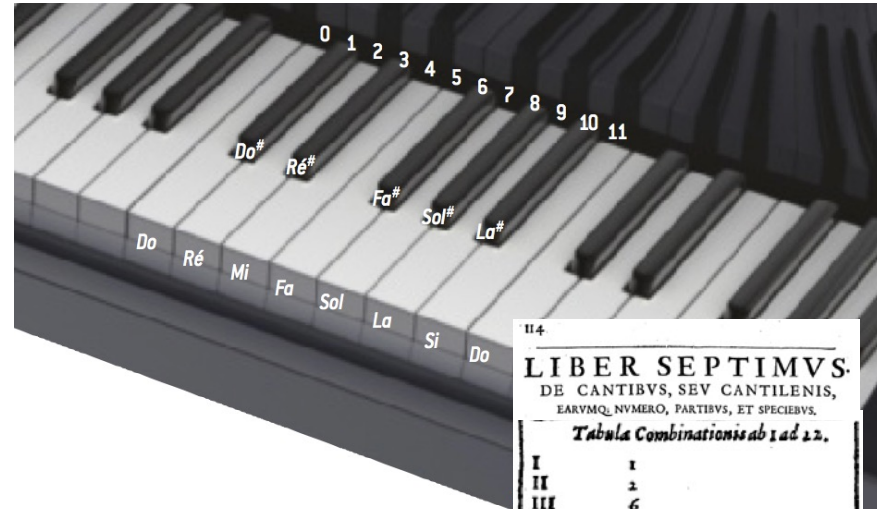
Varietas, seu Combinatio quatuor notarum.

A grid of musical notation showing combinations of four notes. The grid has 24 columns and 4 rows. Each cell contains a musical staff with four notes. The columns are numbered 1 through 24. The rows are numbered 1 through 4.

The circular representation of the pitch space



Harmonicorum Libri XII, 1648



114

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

Tabula Combinationis ab 1 ad 12.

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	8718192000
XV	1307674368000
XVI	20922789888000
XVII	335687418096000
XVIII	6402373705728000
XIX	121645100408832000
XX	24329020081766400000
XXI	510909421717094400000
XXII	1124000727776076800000



Musical notation for a chromatic scale. The first staff shows the scale in treble clef with sharps and naturals. The second staff shows the scale in bass clef with naturals and flats. Below the notation is a circular diagram with 12 positions labeled 0 through 12. The 0 and 12 are in red.

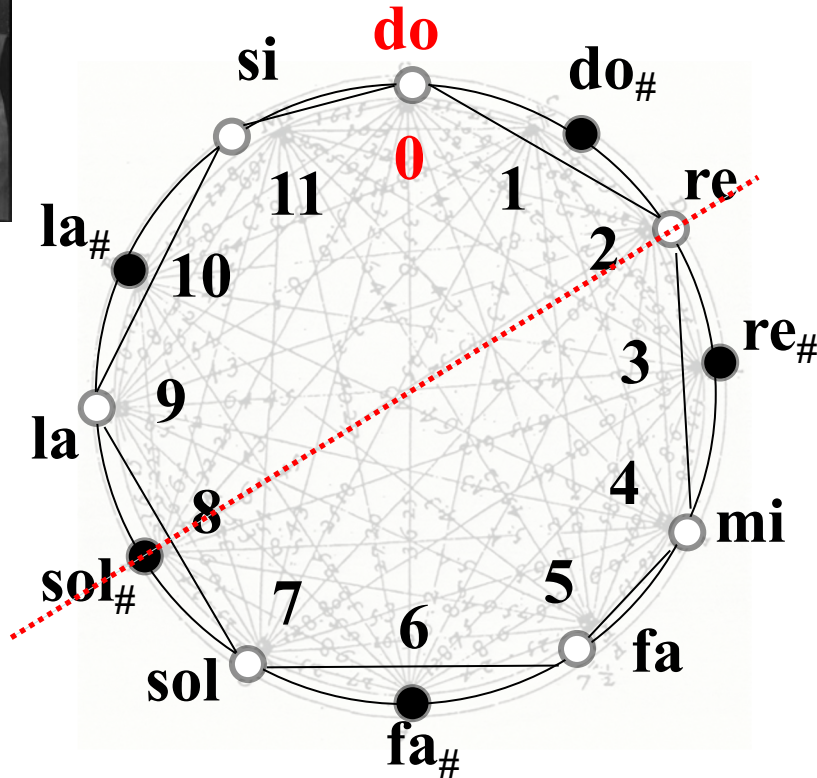
Varietas, seu Combinatio quatuor notarum.

A grid of musical notation showing combinations of four notes. The grid is 4 rows by 12 columns. The columns are numbered 1 through 12. The rows are numbered 1 through 4. The notes are represented by diamond shapes.

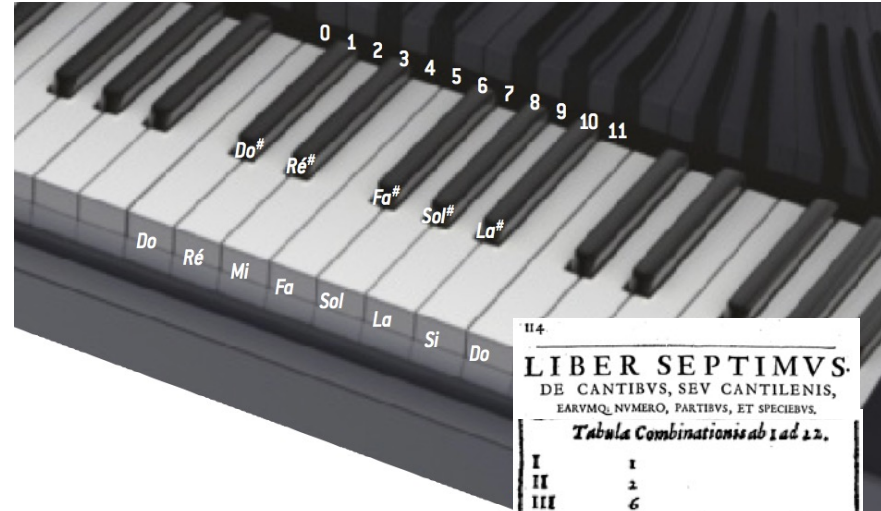
The circular representation of the pitch space



C. Durutte



Harmonicorum Libri XII, 1648

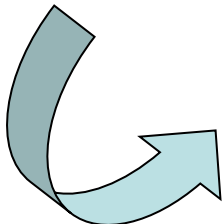


114

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

Tabula Combinationis ab 1 ad 12.

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	8717819200
XV	1307674368000
XVI	20922789888000
XVII	335687418096000
XVIII	6402373705728000
XIX	121645100408832000
XX	2422902008176640000
XXI	51090942171709440000
XXII	11400072777607680000



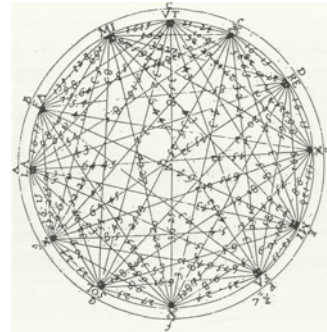
Musical notation for the chromatic scale in two staves. Below the notation is a number line with circles numbered 0 through 12, with 0 and 12 in red. Arrows point from the notes in the musical notation to the corresponding numbers on the line.

Varietas, seu Combinatio quatuor notarum.

Musical notation showing combinations of four notes. The notes are arranged in a grid with numbers 1 through 24, representing the combinations of four notes from the chromatic scale.

Filling the gaps in Xenakis' *Table des correspondances*

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.
<i>Pas de correspondance musicale.</i>	Nombres irrationnels, théorème de Pythagore.
300 a.J. Invention (théorique) de la gamme chromatique tempérée égale par Aristoxénos de Tarente) et prémonition de la théorie des groupes . Isomorphismes entre les logarithmes (intervalles musicaux) et les exponentiels (longueur d'une corde).	Les mathématiques ne réagissent pas.
1000 ap. J.C. 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. Invention des repères cartésiens.
1648 Marin Mersenne : invention de la combinatoire musicale (<i>Harmonicorum Libri</i>)	Systématisation du calcul des probabilités par Bernoulli (<i>Ars Conjectandi</i> , 1713)
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).
1773 Leonhard Euler : représentation géométrique des hauteurs (<i>Speculum Musicum</i>)	Invention de la théorie des graphes
1855 Camille Durutte : analyse harmonique, rythmique et mélodique	Développement en série d'une fonction (Wronski)
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> Logique (contradictions de la théorie des ensembles).



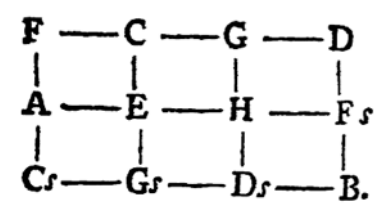
Mersenne, *Harmonicorum Libri* XII, 1648

114

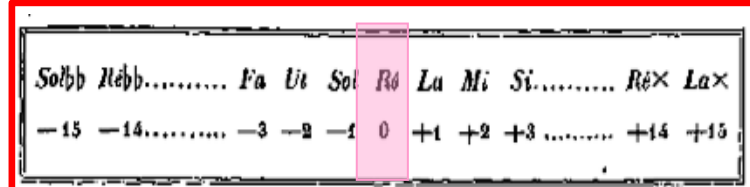
LIBER SEPTIMVS.
DE CANTIBVS, SEV CANTILENIS,
EARVMQ; NVMERO, PARTIBVS, ET SPECIEBVS.

Tabula Combinationis ab 1 ad 12.

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	12164100408832000
XX	2432902008176640000
XXI	51090942171709440000
XXII	11240072777607680000



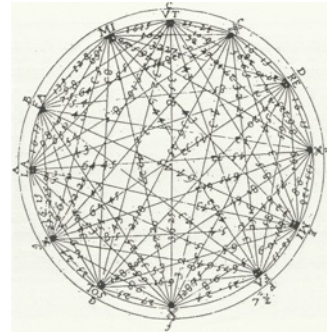
Euler, *Speculum musicum*, 1773



Durutte, *Technie, ou lois générales du système harmonique* (1855)

Filling the gaps in Xenakis' *Table des correspondances*

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.
<i>Pas de correspondance musicale.</i>	Nombres irrationnels, théorème de Pythagore.
300 a.J. Invention (théorique) de la gamme chromatique tempérée égale par Aristoxénos de Tarente) et prémonition de la théorie des groupes . Isomorphismes entre les logarithmes (intervalles musicaux) et les exponentiels (longueur d'une corde).	Les mathématiques ne réagissent pas.
1000 ap. J.C. 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. Invention des repères cartésiens.
1648 Marin Mersenne : invention de la combinatoire musicale (<i>Harmonicorum Libri</i>)	Systématisation du calcul des probabilités par Bernoulli (<i>Ars Conjectandi</i> , 1713)
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).
1773 Leonhard Euler : représentation géométrique des hauteurs (<i>Speculum Musicum</i>)	Invention de la théorie des graphes
1855 Camille Durutte : analyse harmonique, rythmique et mélodique	Développement en série d'une fonction (Wronski)
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> Logique (contradictions de la théorie des ensembles).



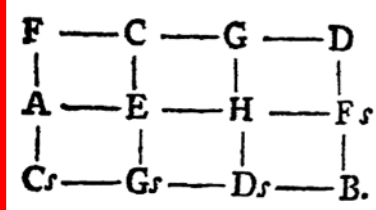
Mersenne, *Harmonicorum Libri XII*, 1648

114

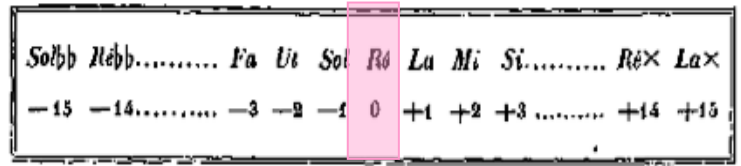
LIBER SEPTIMVS.
DE CANTIBVS, SEV CANTILENIS,
EARVMQ; NVMERO, PARTIVS, ET SPECIEBVS.

Tabula Combinationis ab 1 ad 12.

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	12164100408832000
XX	2432902008176640000
XXI	51090942171709440000
XXII	112400072777607680000



Euler, *Speculum Musicum*, 1773

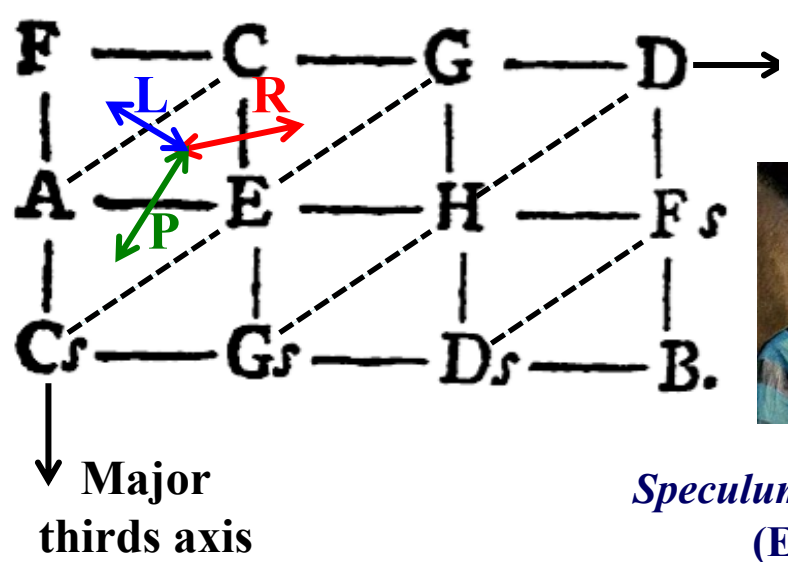
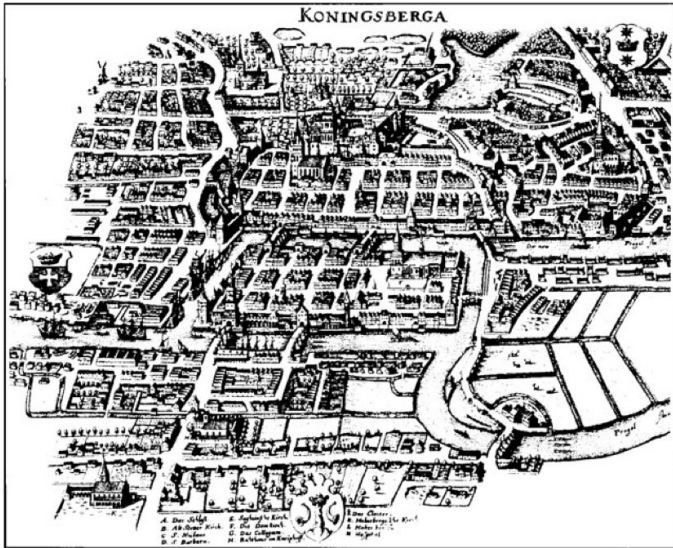
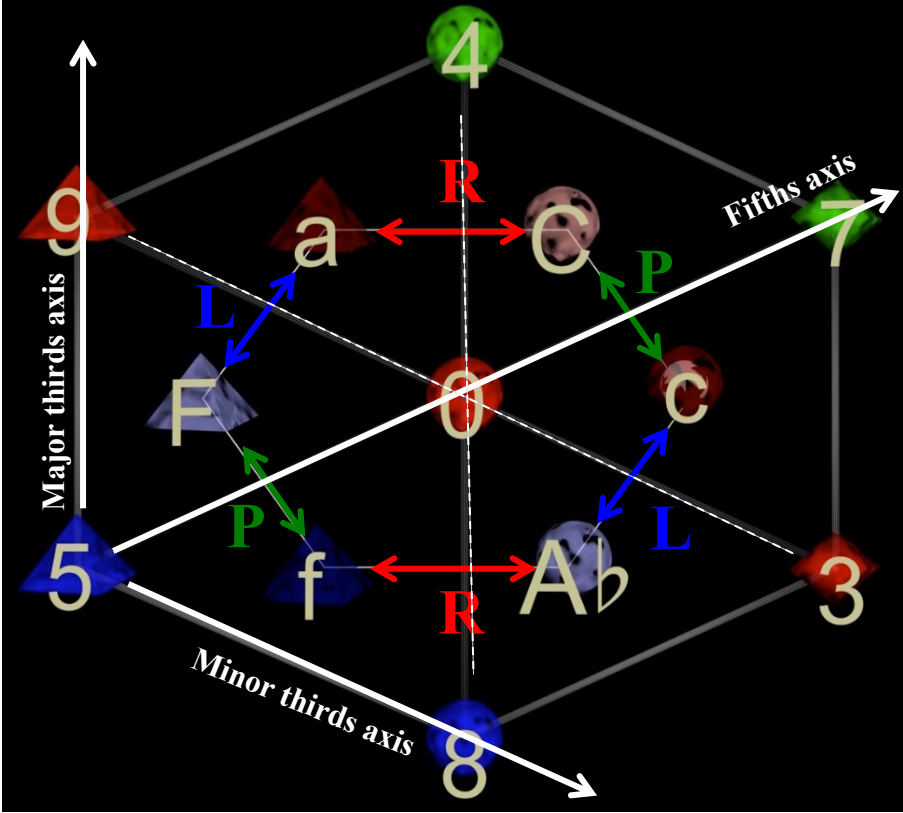


Durutte, *Technie, ou lois générales du système harmonique* (1855)

Leonhard Euler, the father of graph theory

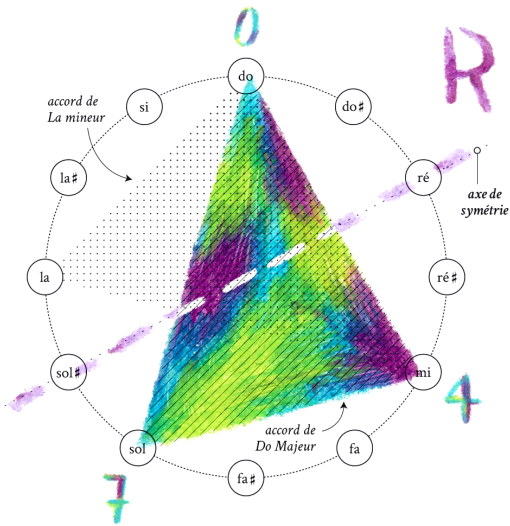


The Tonnetz



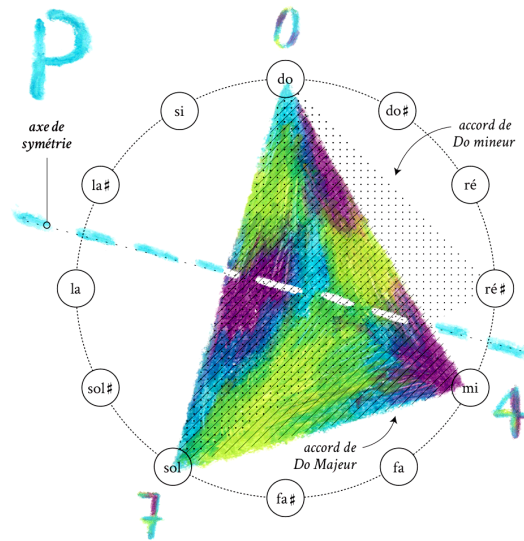
Speculum Musicum
(Euler, 1773)

The three main major-minor symmetries



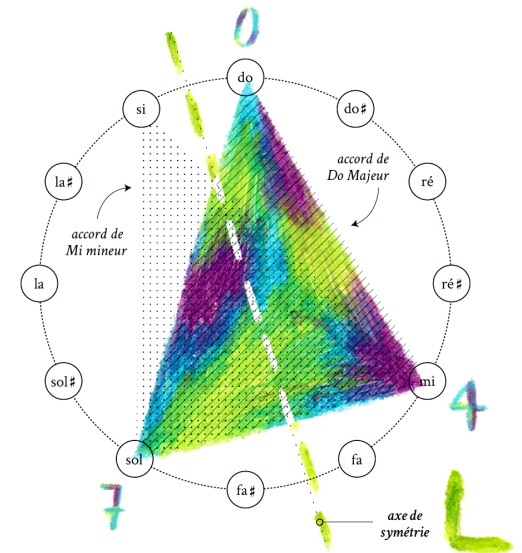
R as RELATIVE

C major
 ↑↓
A minor



P as PARALLEL

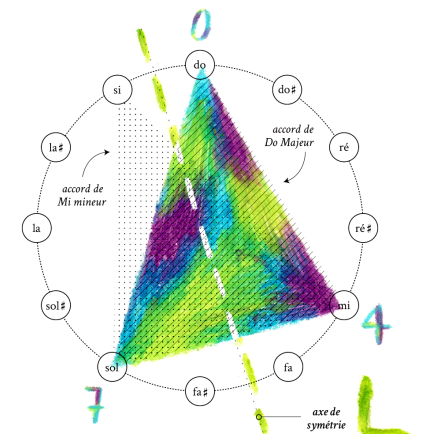
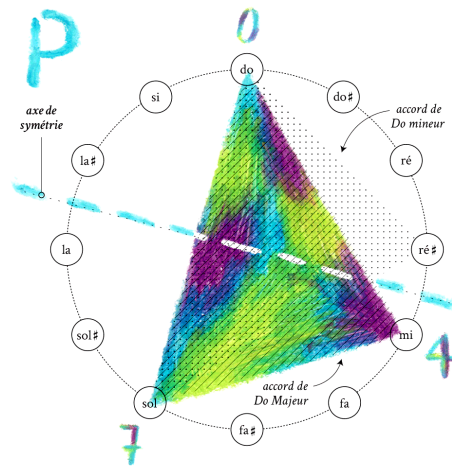
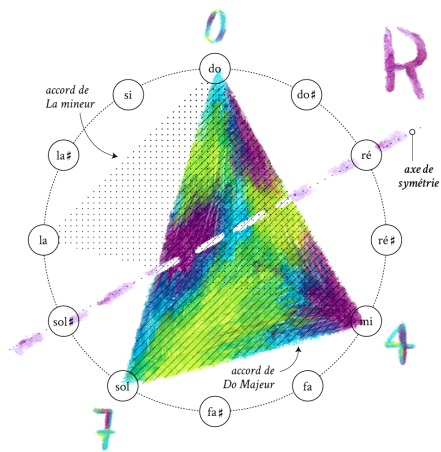
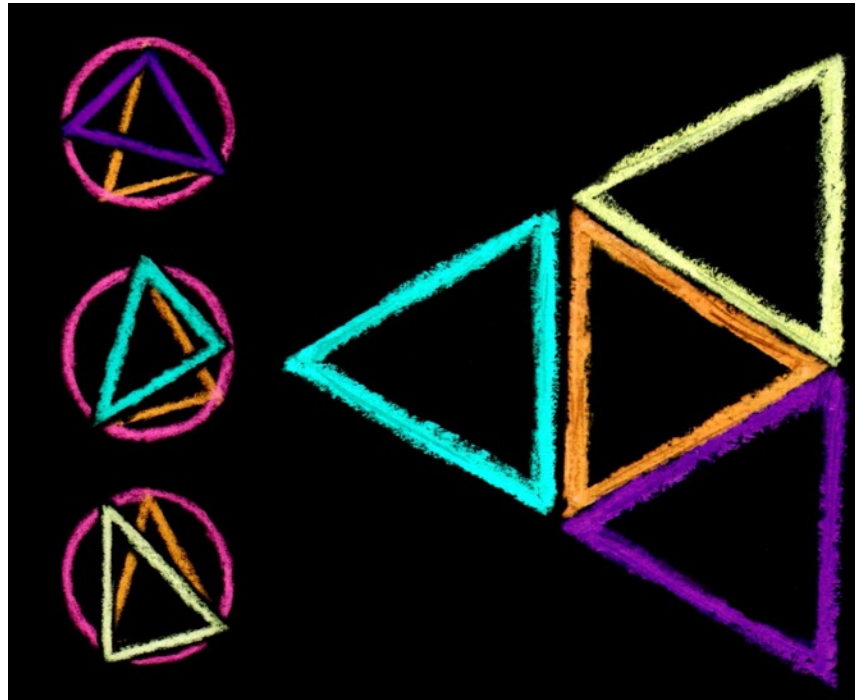
C major
 ↑↓
C minor



L as LEADING-TONE (EXCHANGE)

C major
 ↑↓
E minor

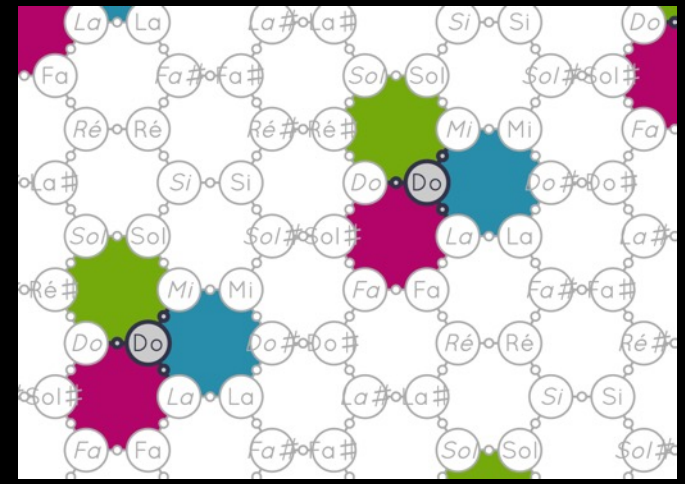
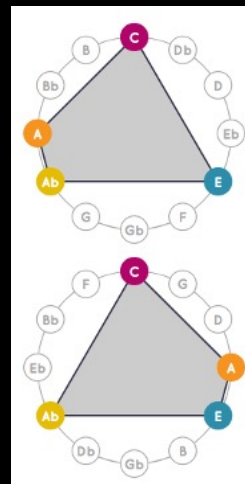
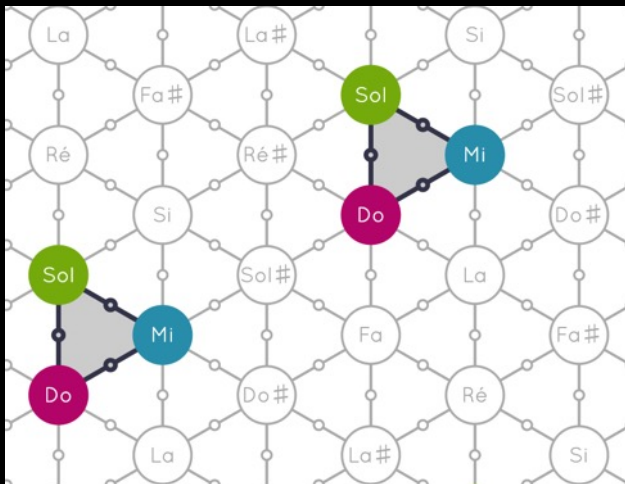
The three main symmetries in the Tonnetz



The generalized Tonnetz environment

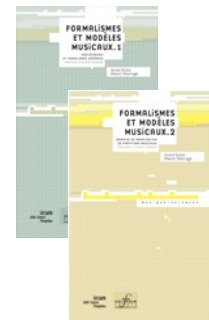
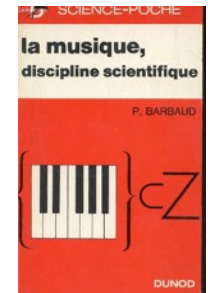
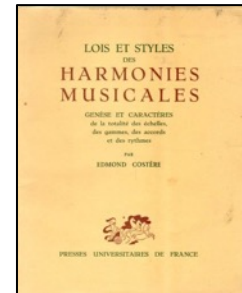
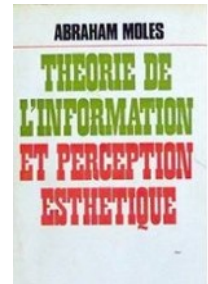
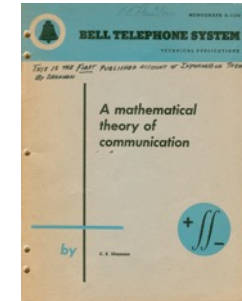
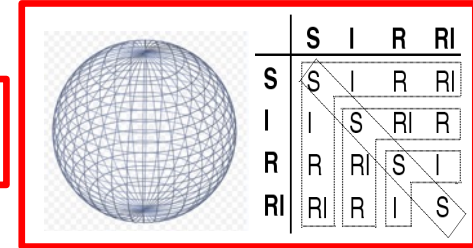
www.thetonnetz.com

DEMO



Further developments (1930-1970)

- **1930** Reintroduction of finer pitch gradations through the use of quarter tones, sixth tones, etc., although still immersed in the tonal system. (Wyschnegradsky, Haba, Carillo).
- **1937-39 Ernst Krenek and the place of axiomatics in music**
- **1946 Milton Babbitt and the use of group theory in music theory and composition**
- **1949 Information Theory (Shannon & Weaver, *The mathematical theory of communication*)**
- **1950** Second radical formalization of macrostructures with permutations, pitch modes of limited transpositions, and non-retrogradable rhythms (Messiaen).
- **1953** Introduction of the continuous scale of pitches and time (use of real numbers) in calculating the characteristics of sound, even if, for reasons of perception and interpretation, the real numbers are approximated with rationals. (This is my own contribution, theoretical as well as musical, which included as well the use of various domains of mathematics such as probabilities, logic calculus, and several structures including group structure. These will play an important role later in macro- and microcomposition).
- **1954 Edmond Costère, *Lois et Styles des Harmonies Musicales*. Paris: Presses Universitaires de France.**
- **1957** New formalizations in music on the macrostructure level: stochastic Processes, Markov chains, though used in quite different ways (Hiller, Xenakis), and also the use of computers (Hiller).
- **1958 Abraham Moles, *Théorie de l'information et perception esthétique*.**
- **1960** Axiomatics of the musical scales with the sieve theory and introduction of complex numbers in composition (this is also a result of my work).
- **1960-1970 Algorithmic music (Barbaud, Philippot) and the birth of computational musicology (Riotte, Mesnage)**
- **1970** New proposals in the microstructure sounds by the introduction of continuous discontinuity with the aid of probability laws (random walk, Brownian movement). This continuous discontinuity is extended to macrostructures, thus introducing another architectural aspect on a macrolevel—for example, in instrumental music (this also is a result of my work).



Axiomatics and Group Theory in Music

Physicists and mathematicians are far in advance of musicians in realizing that their respective sciences do not serve to establish a concept of the universe conforming to an objectively existent nature.

*As the study of **axioms** eliminates the idea that axioms are something absolute, conceiving them instead as **free propositions of the human mind**, just so would this **musical theory free us from the concept of major/minor tonality [...]** as an irrevocable law of nature.*

Ernst Krenek : *Über Neue Musik*, 1937 (Engl. Transl. *Music here and now*, 1939)



D. Hilbert



E. Krenek

Axiomatics and Group Theory in Music

Physicists and mathematicians are far in advance of musicians in realizing that their respective sciences do not serve to establish a concept of the universe conforming to an objectively existent nature.

*As the study of **axioms** eliminates the idea that axioms are something absolute, conceiving them instead as **free propositions of the human mind**, just so would this **musical theory free us from the concept of major/minor tonality [...]** as an irrevocable law of nature.*

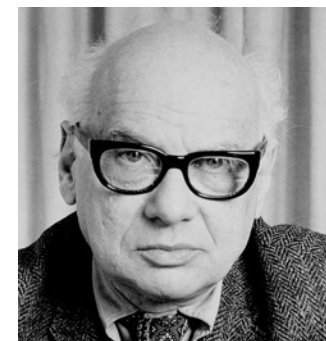
Ernst Krenek : *Über Neue Musik*, 1937 (Engl. Transl. *Music here and now*, 1939)



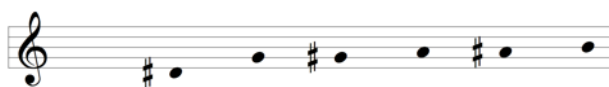
D. Hilbert



E. Krenek



M. Babbitt



Axiomatics and Group Theory in Music

Physicists and mathematicians are far in advance of musicians in realizing that their respective sciences do not serve to establish a concept of the universe conforming to an objectively existent nature.

*As the study of **axioms** eliminates the idea that axioms are something absolute, conceiving them instead as **free propositions of the human mind**, just so would this **musical theory free us from the concept of major/minor tonality [...]** as an irrevocable law of nature.*

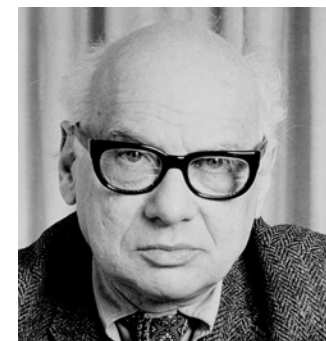
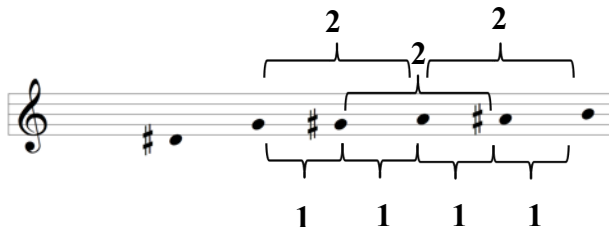
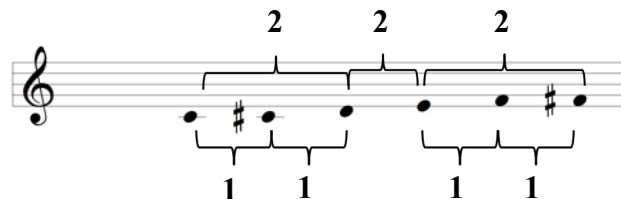
Ernst Krenek : *Über Neue Musik*, 1937 (Engl. Transl. *Music here and now*, 1939)



D. Hilbert



E. Krenek



M. Babbitt

Axiomatics and Group Theory in Music

Physicists and mathematicians are far in advance of musicians in realizing that their respective sciences do not serve to establish a concept of the universe conforming to an objectively existent nature.

*As the study of **axioms** eliminates the idea that axioms are something absolute, conceiving them instead as **free propositions of the human mind**, just so would this **musical theory free us from the concept of major/minor tonality [...]** as an irrevocable law of nature.*

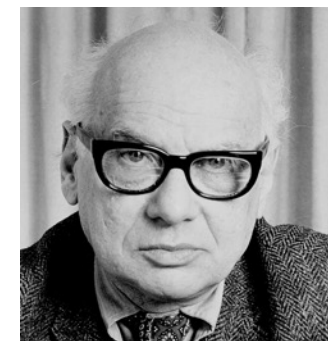
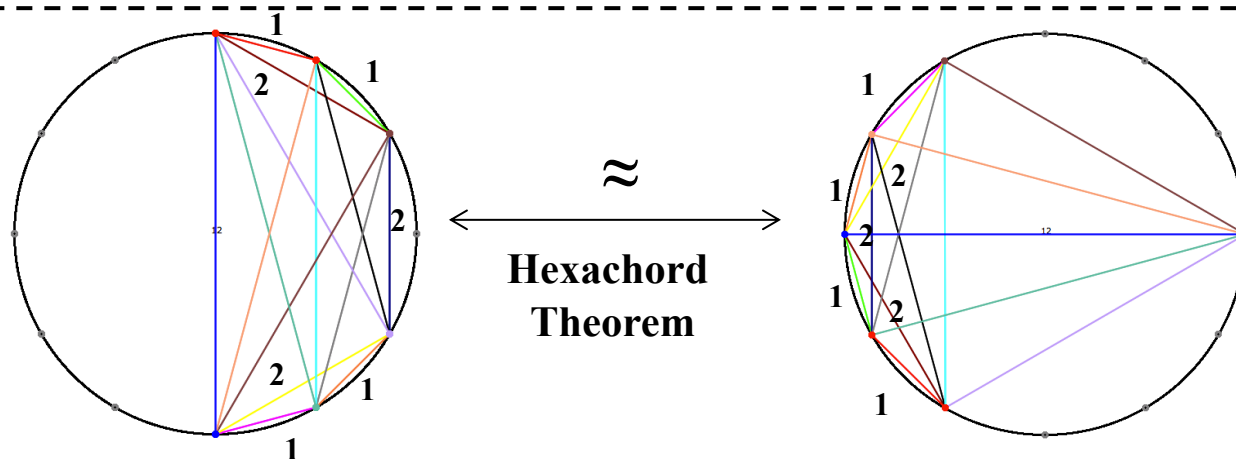


D. Hilbert

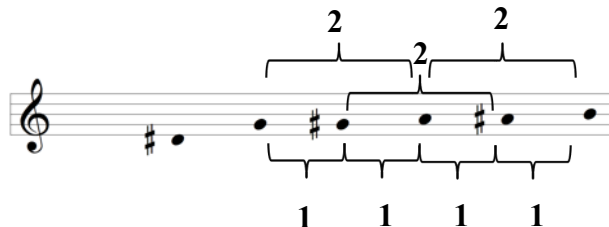
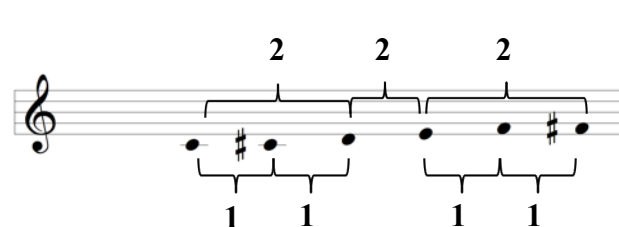


E. Krenek

Ernst Krenek : *Über Neue Musik*, 1937 (Engl. Transl. *Music here and now*, 1939)



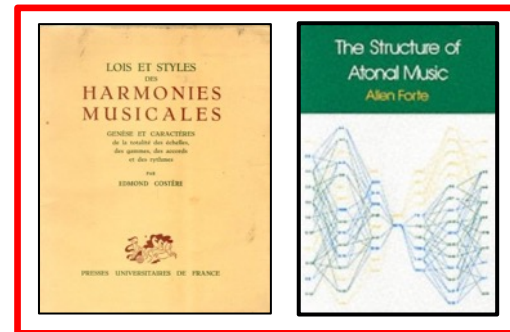
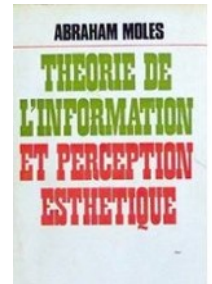
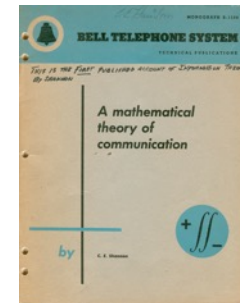
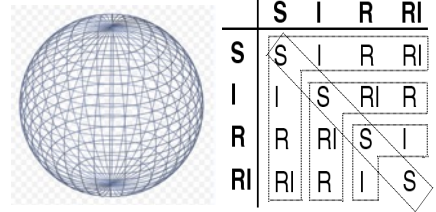
M. Babbitt



➔ <https://guichaoua.gitlab.io/web-hexachord/hexachordTheorem>

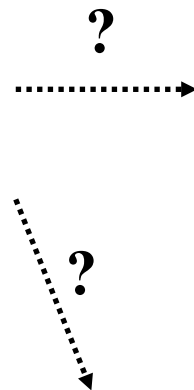
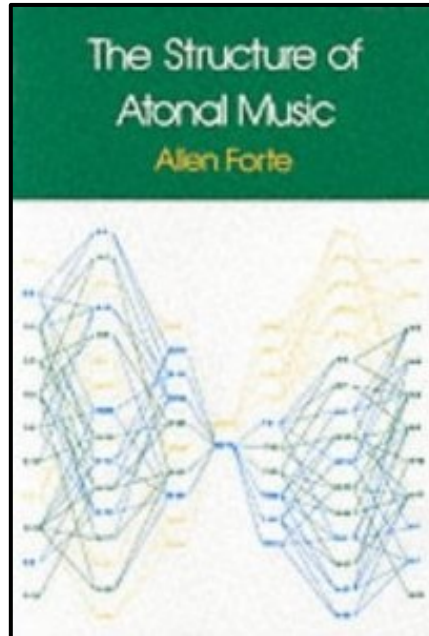
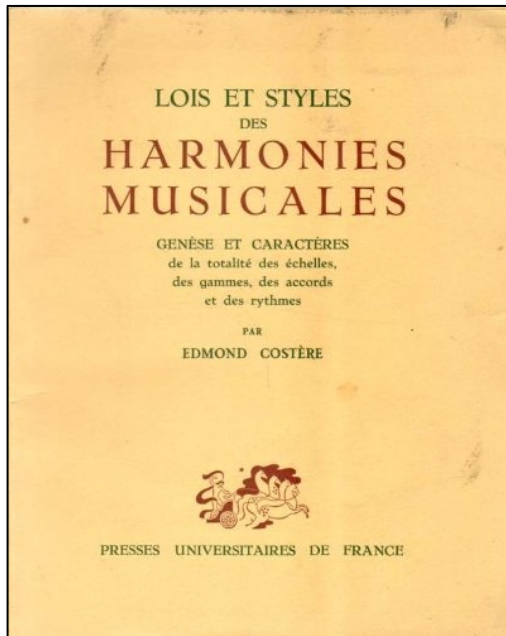
Further developments (1930-1970)

- **1930** Reintroduction of finer pitch gradations through the use of quarter tones, sixth tones, etc., although still immersed in the tonal system. (Wyschnegradsky, Haba, Carillo).
- **1937-39 Ernst Krenek and the place of axiomatics in music**
- **1946 Milton Babbitt and the use of group theory in music theory and composition**
- **1949 Information Theory (Shannon & Weaver, *The mathematical theory of communication*)**
- **1950** Second radical formalization of macrostructures with permutations, pitch modes of limited transpositions, and non-retrogradable rhythms (Messiaen).
- **1953** Introduction of the continuous scale of pitches and time (use of real numbers) in calculating the characteristics of sound, even if, for reasons of perception and interpretation, the real numbers are approximated with rationals. (This is my own contribution, theoretical as well as musical, which included as well the use of various domains of mathematics such as probabilities, logic calculus, and several structures including group structure. These will play an important role later in macro- and microcomposition).
- **1954 Edmond Costère, *Lois et Styles des Harmonies Musicales*. Paris: Presses Universitaires de France.**
- **1957** New formalizations in music on the macrostructure level: stochastic Processes, Markov chains, though used in quite different ways (Hiller, Xenakis), and also the use of computers (Hiller).
- **1958 Abraham Moles, *Théorie de l'information et perception esthétique*.**
- **1960** Axiomatics of the musical scales with the sieve theory and introduction of complex numbers in composition (this is also a result of my work).
- **1960-1970** Algorithmic music (Barbaud, Philippot) and the birth of computational musicology (Riotte, Mesnage)
- **1970** New proposals in the microstructure sounds by the introduction of continuous discontinuity with the aid of probability laws (random walk, Brownian movement). This continuous discontinuity is extended to macrostructures, thus introducing another architectural aspect on a macrolevel—for example, in instrumental music (this also is a result of my work).
- **1973 (Musical) Set Theory. *The Structure of Atonal Music* (Allen Forte)**



Enumerating musical structures: Costère, Set Theory, Sieve Theory

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



« L'ensemble des intervalles mélodiques est muni d'une **structure de groupe** avec comme loi de composition l'addition. [...] Or, cette structure n'est pas spécifique aux **hauteurs**, mais également aux **durées**, aux **intensités**, aux **densités** et à d'autres caractères des sons ou de la musique, comme par exemple le **degré d'ordre ou de désordre** »

(Xenakis, "La voie de la recherche et de la question", *Preuves*, 1965).

THESAURUS - 115 - (0 1 3 7)

interval vector: <1 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 phonicity: 33.75
 Costère number: 21 13 14 i = 0
 Forte number: 4-Z29

azimuth: -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)
 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 1 1 1 1 1
 Tri invariance: 1 2 2 2 0 1 2 2 0 2 0

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

4 items

Asymmetrical relative: (0 4 6 7)
 integrally tonal-limitative
 Cm [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: 0m

COMMONALITY

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	t	e
Tn:	100	28	36	36	39	54	39	36	32	36	28	
Tri:	35	47	43	51	44	24	38	57	54	20	63	23
(0 4 7):	83	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:

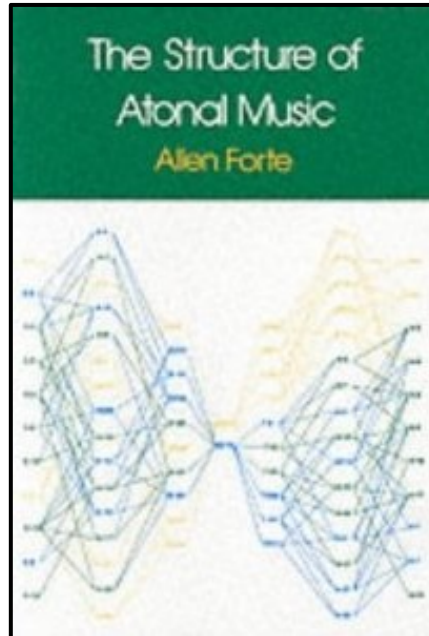
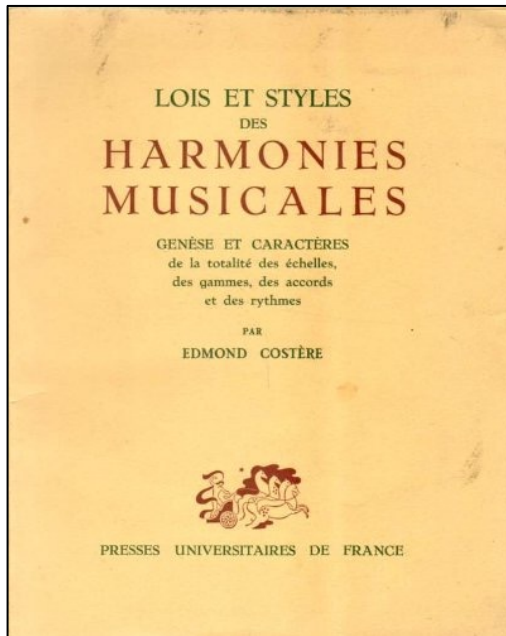
Tt:

Te:

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

Enumerating musical structures: Costère, Set Theory, Sieve Theory

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



THESAURUS - 115 - (0 1 3 7)

interval vector: <1 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 phonicity: 33.75
 Costère number: 21 13 14 i = 0
 Forte number: 4-Z29

azimuth: -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)
 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 1 1 1 1 1
 Tri invariance: 1 2 2 2 0 1 2 2 0 2 0

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

4 items

Asymmetrical
 Cardinality relative: (0 4 6 7)
 integrally tonal-limitative
 Cm [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: 0m

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
Tri:	35	47	43	51	44	24	38	57	54	20	63	23
(0 4 7):	83	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

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

T0:

T1:

T2:

T3:

T4:

T5:

T6:

T7:

T8:

T9:

Tt:

Te:

« L'ensemble des intervalles mélodiques est muni d'une **structure de groupe** avec comme loi de composition l'addition. [...] Or, cette structure n'est pas spécifique aux **hauteurs**, mais également aux **durées**, aux **intensités**, aux **densités** et à d'autres caractères des sons ou de la musique, comme par exemple le **degré d'ordre ou de désordre** »

(Xenakis, "La voie de la recherche et de la question", *Preuves*, 1965).

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

Giuseppe Peano lu par Xenakis



Istituto Veneto di Scienze, Lettere e Arti
Venezia, 9-11 maggio 2016



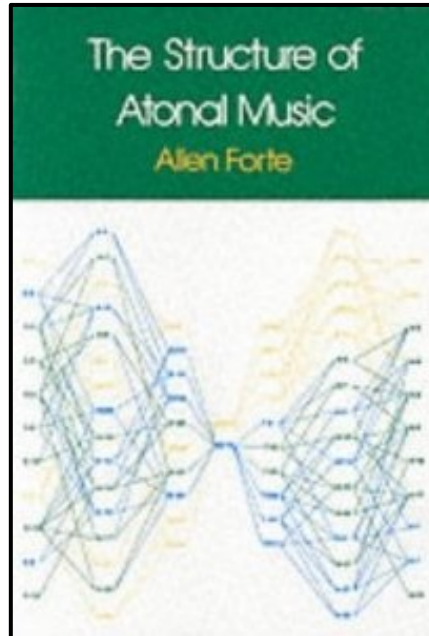
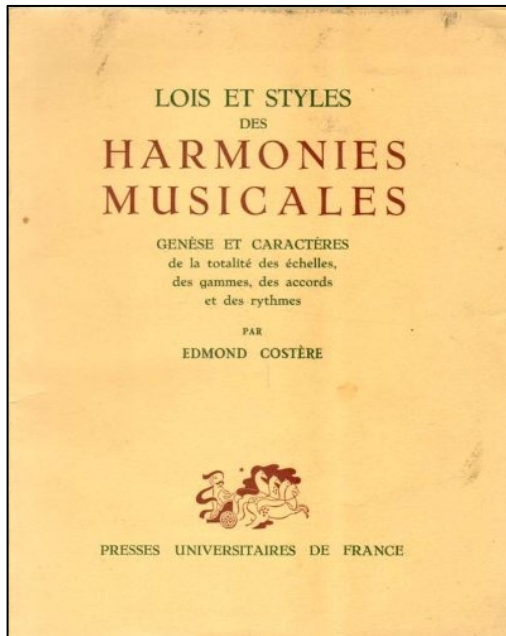
Moreno Andreatta
Equipe Représentations Musicales
IRCAM/CNRS UMR 9912
Moreno.Andreatta@ircam.fr



Istituto Veneto
di Scienze Lettere
ed Arti

Enumerating musical structures: Costère, Set Theory, Sieve Theory

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



THESAURUS - 115 - (0 1 3 7)

interval vector: <1 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 phonicity: 33.75
 Costère number: 21 13 14 i = 0
 Forte number: 4-Z29

azimuth: -87.21°	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 t e
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)
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 1 1 1 1 1 1
Tri invariance:	1 2 2 2 0 1 2 2 0 2 0

4 items

Asymmetrical relative: (0 4 6 7)
 integrally tonal-limitative
 Cm [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: 0m

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
Tri:	35	47	43	51	44	24	38	57	54	20	63	23
(0 4 7):	83	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

SUBSETS

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

SUPERSETS

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

T0:

T1:

T2:

T3:

T4:

T5:

T6:

T7:

T8:

T9:

Tt:

Te:

« L'ensemble des intervalles mélodiques est muni d'une **structure de groupe** avec comme loi de composition l'addition. [...] Or, cette structure n'est pas spécifique aux **hauteurs**, mais également aux **durées**, aux **intensités**, aux **densités** et à d'autres caractères des sons ou de la musique, comme par exemple le **degré d'ordre ou de désordre** »

(Xenakis, "La voie de la recherche et de la question", *Preuves*, 1965).

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

Klein Erlangen Program and chord classification



F. Klein



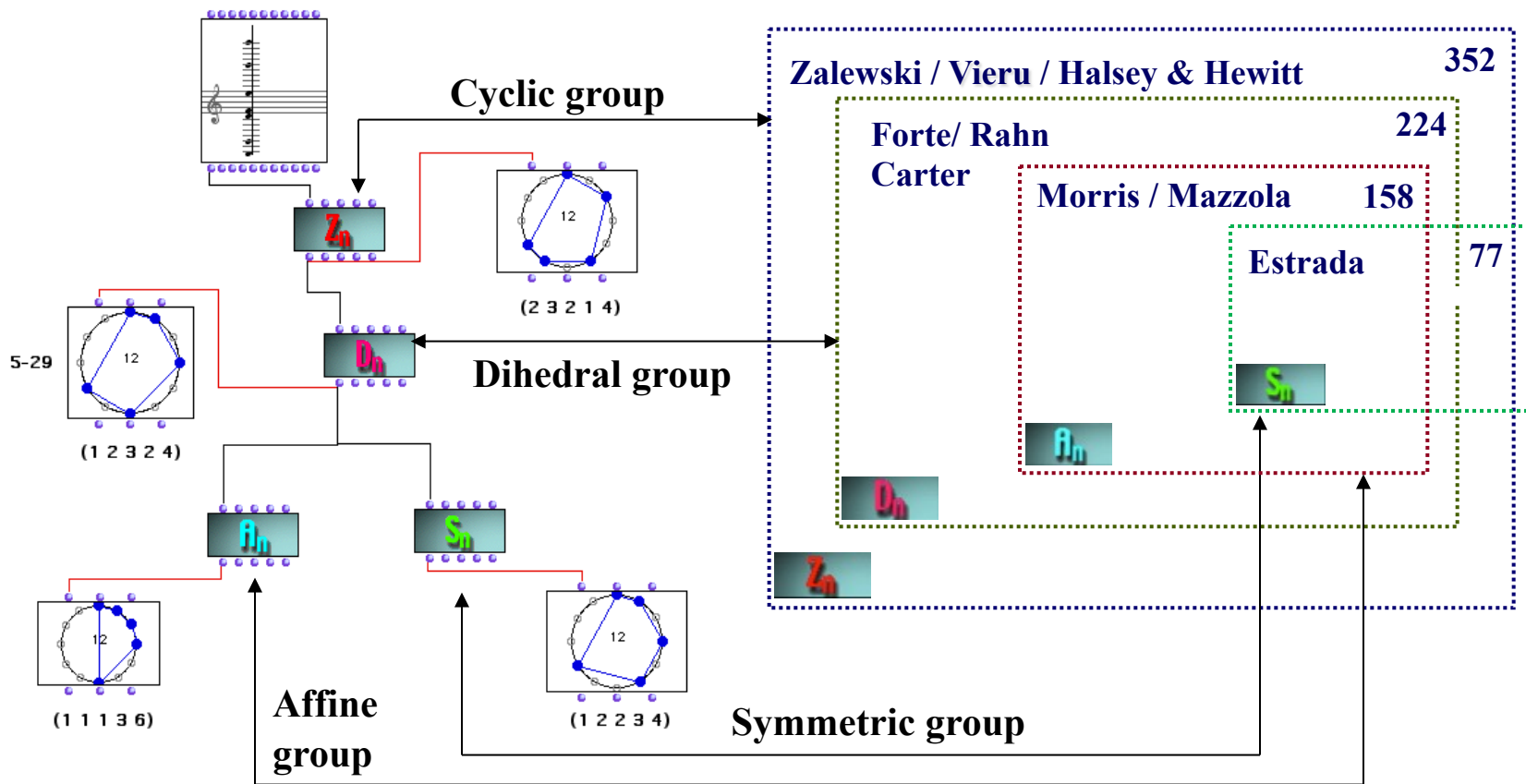
W. Burnside



G. Polya



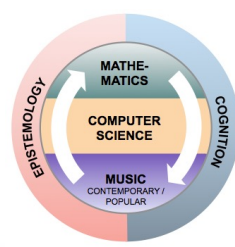
Julior Estrada



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Z_n	1	6	19	43	66	80	66	43	19	6	1	1
D_n	1	6	12	29	38	50	38	29	12	6	1	1
A_n	1	5	9	21	25	34	25	21	9	5	1	1
S_n	1	6	12	15	13	11	7	5	3	2	1	1

77

The double movement of a 'mathemusical' activity



MATHEMATICS

Mathematical statement

generalisation

General theorem

formalisation

application



OpenMusic

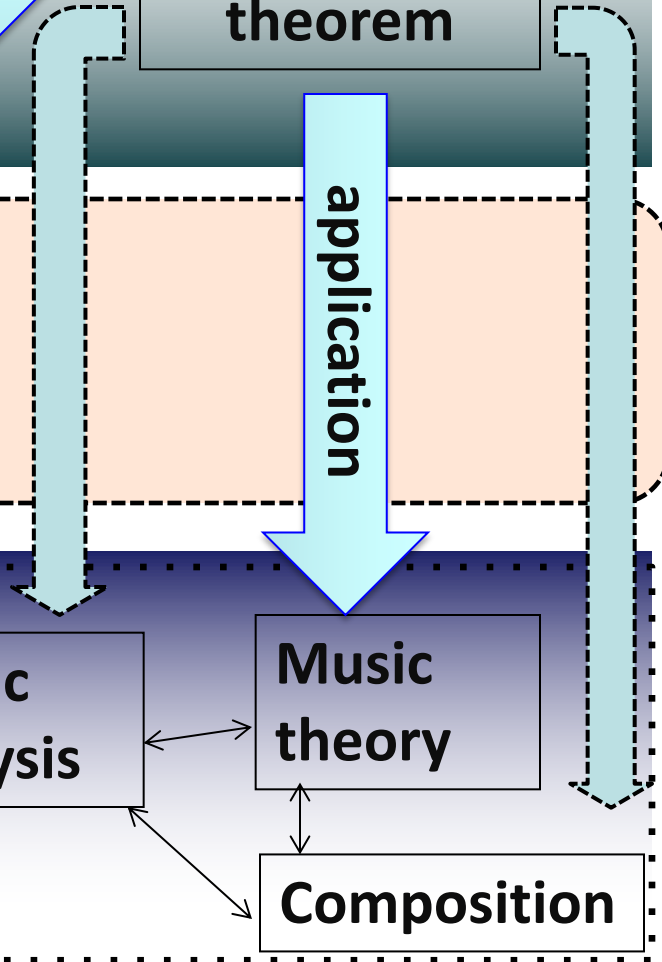
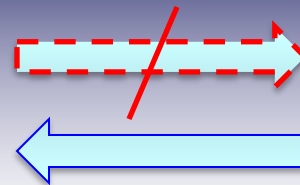
MUSIC

Musical problem

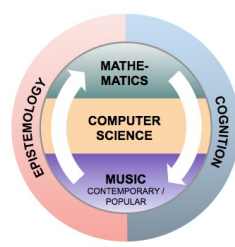
Music analysis

Music theory

Composition



The double movement of a 'mathemusical' activity



MATHEMATICS

Mathematical statement

generalisation

General theorem

formalisation

application

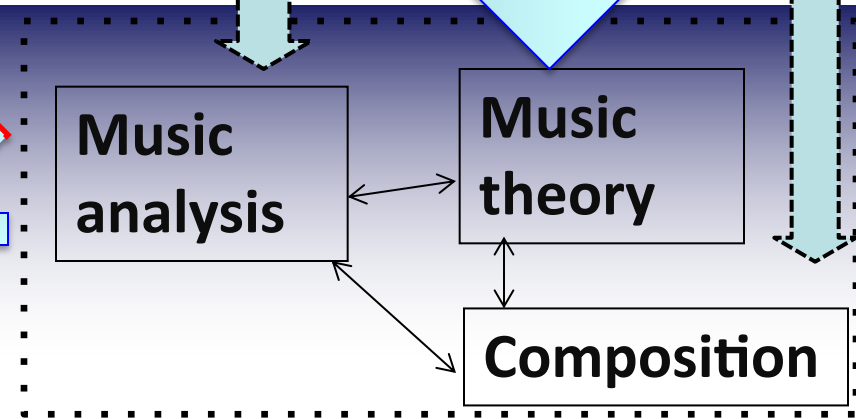
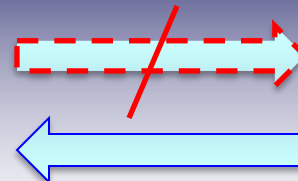
MUSIC

Musical problem

Music analysis

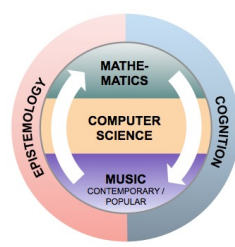
Music theory

Composition



OpenMusic

The double movement of a 'mathemusical' activity



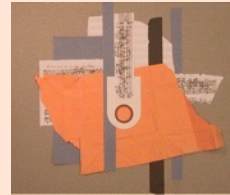
MATHEMATICS

Mathematical statement

generalisation

General theorem

formalisation

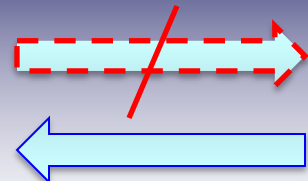


OpenMusic

application

MUSIC

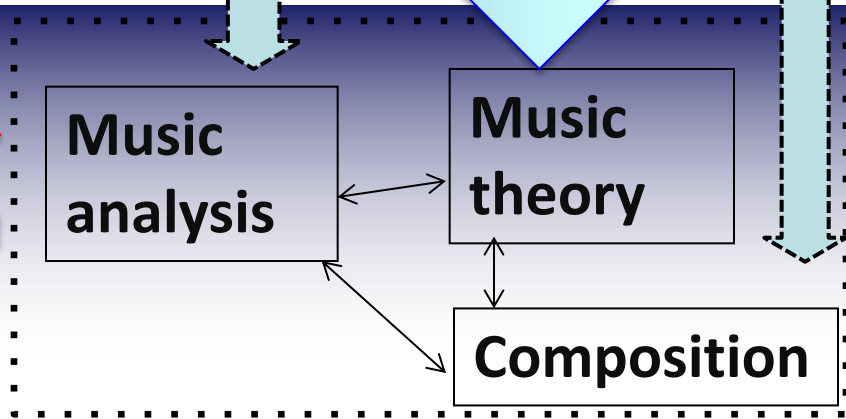
Musical problem



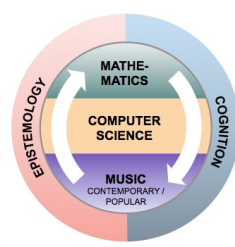
Music analysis

Music theory

Composition



The double movement of a 'mathemusical' activity



MATHEMATICS

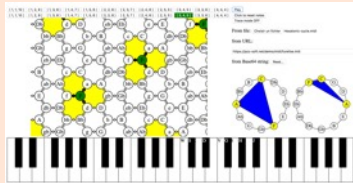
Mathematical statement

generalisation

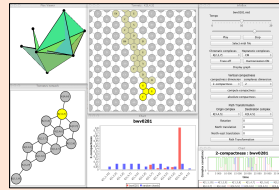
General theorem

formalisation

application



Tonnetz



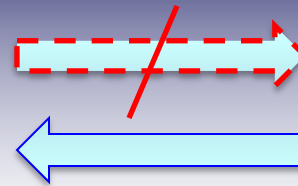
Hexachord



OpenMusic

MUSIC

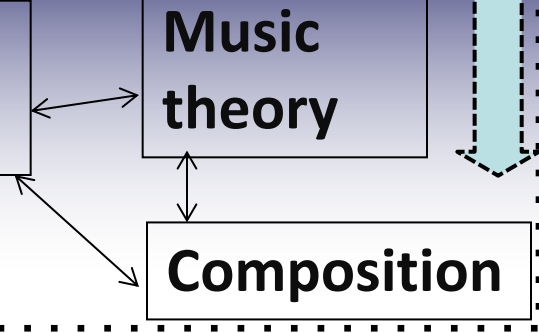
Musical problem

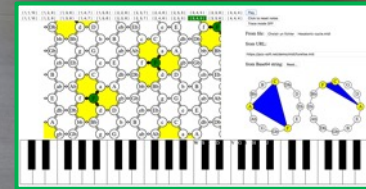
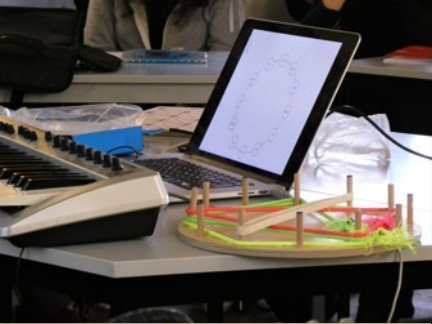


Music analysis

Music theory

Composition





Maths & Music in Academic Research

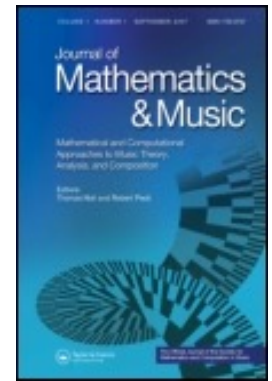
Official Journal and MC code (00A65: Mathematics and Music)

<https://www.tandfonline.com/journals/tmam20>

- *Journal of Mathematics and Music*, Taylor & Francis

Editors-in-Chief: E. Amiot, J. Yust

Associate Editor: D. Conklin



International Society for Mathematics and Computation in Music (SMCM) -

<http://www.smcm-net.info/>



- 2007 Technische Universität (Berlin, Allemagne)
- 2009 Yale University (New Haven, USA)
- 2011 IRCAM (Paris, France)
- 2013 McGill University (Canada)
- 2015 Queen Mary University (London, United Kingdom)
- 2017 UNAM (Mexico City)
- 2019 Universidad Complutense de Madrid (Spain)
- 2022 Georgia State University (Atlanta, USA)
- 2024 University of Coimbra (Portugal)
- **2026 Bard College (New York State, USA)**



Some examples of PhD on **maths** / **music** / **computer science**

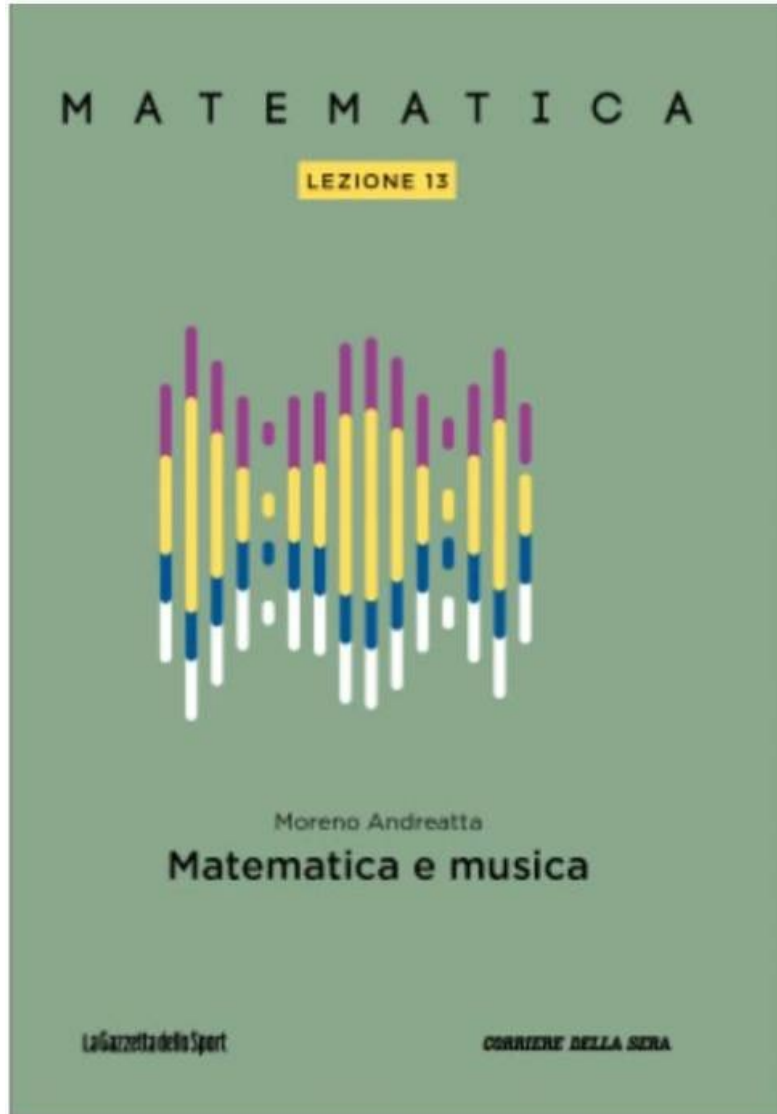
- **Christophe Weis**, *Geometric Models of Harmony as Tools for Computer Assisted Composition and Improvisation*, PhD in **music research**, Hochschule für Musik Karlsruhe (supervised by Marlon Schumacher and Moreno Andreatta).
- **Riccardo Giblas**, *Persistent homology and music analysis*, PhD in **maths** in cotutelle agreement, University of Padova (L. Fiorot & Alberto Tonolo) / **Université de Strasbourg** (M. Andreatta), 2024.
- **Paul Lascabettes**, *Mathematical Models for the Discovery of Musical Patterns and Structures, and for Performances Analysis*, PhD in **maths** at SU), 2023.
- **Gonzalo Romero**, *Morphologie mathématique et signal/symbolique*, PhD in **computer science** at SU), 2023.
- **Victoria Callet**, *Modélisation topologique de structures et processus musicaux*, PhD in **maths**, Université de Strasbourg (supervised by Pierre Guillot and Moreno Andreatta, IRMA), 2023.
- **Matias Fernandez Rosales**, *Mathematical models in Computer-assisted composition*, PhD in **composition and research**, HEAR/University of Strasbourg (supervision: Daniel D'Adamo, Xavier Hascher, Moreno Andreatta)
- **Greta Lanzarotto**, *Fuglede Spectral Conjecture, Musical Tilings and Homometry*, PhD in **maths** in cotutelle agreement, University of Pavia (L. Pernazza) / **Université de Strasbourg** (M. Andreatta), 2021.
- **Alessandro Ratoci**, *Vers l'hybridation stylistique assistée par ordinateur*, PhD in music **composition & research**, Sorbonne University / IRCAM (cosupervised with Laurent Cugny), suspended.
- **Sonia Cannas**, *Geometric representation and algebraic formalization of musical structures*, PhD in **maths** in cotutelle agreement, University of Pavia (L. Pernazza) / **Université de Strasbourg** (A. Papadopoulos & M. Andreatta), 2019.
- **Grégoire Genuys**, *Théorie de l'homométrie et musique*, PhD in **maths**, Sorbonne University / IRCAM (cosupervised with Jean-Paul Allouche), 2017.
- **Hélianthe Caure**, *Pavages en musique et conjectures ouvertes en mathématiques*, PhD in **computer science**, Sorbonne University (cosupervised with Jean-Paul Allouche), 2016.
- **Mattia Bergomi**, *Dynamical and topological tools for (modern) music analysis*, PhD in **maths** in a cotutelle agreement Sorbonne University / University of Milan (with Goffredo Haus, 2015).
- **Charles De Paiva**, *Systèmes complexes et informatique musicale*, thèse de doctorat, Programme Doctoral International « Modélisation des Systèmes Complexes », PhD in **musicology** in a cotutelle agreement, Sorbonne University / UNICAMP, Brésil, 2016.
- **Louis Bigo**, *Représentation symboliques musicales et calcul spatial*, PhD in **computer science**, University of Paris Est Créteil / IRCAM, 2013 (with Olivier Michel and Antoine Spicher)
- **Emmanuel Amiot**, *Modèles algébriques et algorithmiques pour la formalisation mathématique de structures musicales*, PhD in, Sorbonne University / IRCAM, 2010 (cosupervised with Carlos Agon) **computer science**
- **Yun-Kang Ahn**, *L'analyse musicale computationnelle*, PhD in **computer science**, Sorbonne University / IRCAM, 2009 (cosupervised with Carlos Agon)



Some examples of PhD on **maths** / **music** / **computer science**

- **Christophe Weis**, *Geometric Models of Harmony as Tools for Computer Assisted Composition and Improvisation*, PhD in **music research**, Hochschule für Musik Karlsruhe (supervised by Marlon Schumacher and Moreno Andreatta).
- **Riccardo Giblas**, *Persistent homology and music analysis*, PhD in **maths** in cotutelle agreement, University of Padova (L. Fiorot & Alberto Tonolo) / **Université de Strasbourg** (M. Andreatta), 2024.
- **Paul Lascabettes**, *Mathematical Models for the Discovery of Musical Patterns and Structures, and for Performances Analysis*, PhD in **maths** at SU), 2023.
- **Gonzalo Romero**, *Morphologie mathématique et signal/symbolique*, PhD in **computer science** at SU), 2023.
- **Victoria Callet**, *Modélisation topologique de structures et processus musicaux*, PhD in **maths**, Université de Strasbourg (supervised by Pierre Guillot and Moreno Andreatta, IRMA), 2023.
- **Matias Fernandez Rosales**, *Mathematical models in Computer-assisted composition*, PhD in **composition and research**, HEAR/University of Strasbourg (supervision: Daniel D'Adamo, Xavier Hascher, Moreno Andreatta)
- **Greta Lanzarotto**, *Fuglede Spectral Conjecture, Musical Tilings and Homometry*, PhD in **maths** in cotutelle agreement, University of Pavia (L. Pernazza) / **Université de Strasbourg** (M. Andreatta), 2021.
- **Alessandro Ratoci**, *Vers l'hybridation stylistique assistée par ordinateur*, PhD in music **composition & research**, Sorbonne University / IRCAM (cosupervised with Laurent Cugny), suspended.
- **Sonia Cannas**, *Geometric representation and algebraic formalization of musical structures*, PhD in **maths** in cotutelle agreement, University of Pavia (L. Pernazza) / **Université de Strasbourg** (A. Papadopoulos & M. Andreatta), 2019.
- **Grégoire Genuys**, *Théorie de l'homométrie et musique*, PhD in **maths**, Sorbonne University / IRCAM (cosupervised with Jean-Paul Allouche), 2017.
- **Hélianthe Caure**, *Pavages en musique et conjectures ouvertes en mathématiques*, PhD in **computer science**, Sorbonne University (cosupervised with Jean-Paul Allouche), 2016.
- **Mattia Bergomi**, *Dynamical and topological tools for (modern) music analysis*, PhD in **maths** in a cotutelle agreement Sorbonne University / University of Milan (with Goffredo Haus, 2015).
- **Charles De Paiva**, *Systèmes complexes et informatique musicale*, thèse de doctorat, Programme Doctoral International « Modélisation des Systèmes Complexes », PhD in **musicology** in a cotutelle agreement, Sorbonne University / UNICAMP, Brésil, 2016.
- **Louis Bigo**, *Représentation symboliques musicales et calcul spatial*, PhD in **computer science**, University of Paris Est Créteil / IRCAM, 2013 (with Olivier Michel and Antoine Spicher)
- **Emmanuel Amiot**, *Modèles algébriques et algorithmiques pour la formalisation mathématique de structures musicales*, PhD in, Sorbonne University / IRCAM, 2010 (cosupervised with Carlos Agon) **computer science**
- **Yun-Kang Ahn**, *L'analyse musicale computationnelle*, PhD in **computer science**, Sorbonne University / IRCAM, 2009 (cosupervised with Carlos Agon)





Sommario

- Introduzione
- **MATEMATICA E MUSICA**
 - Qualche parola per cominciare
 - Quando la musica precede la matematica...
 - Formalizzazione algebrica delle strutture musicali
 - Il Tonnetz e le sue generalizzazioni
 - Da Minkowski a Fuglede: canoni ritmici a mosaico e congetture aperte
- **I MAESTRI DELLA STORIA DELLA MATEMATICA**
 - Babbage e Lovelace
- **GIOCHI MATEMATICI**
 - Matemusica
 - Soluzioni
- **ESERCIZI**
 - Soluzioni

Grazie per la vostra attenzione

