

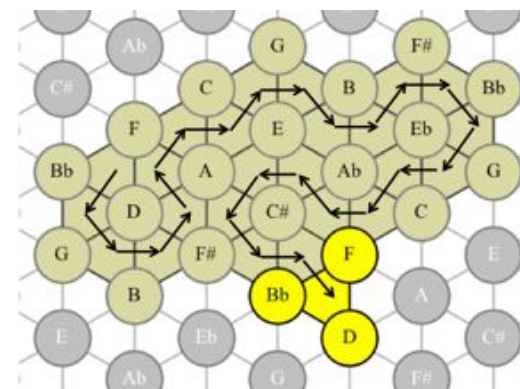
Une introduction aux représentations géométriques en musique

Université de Strasbourg

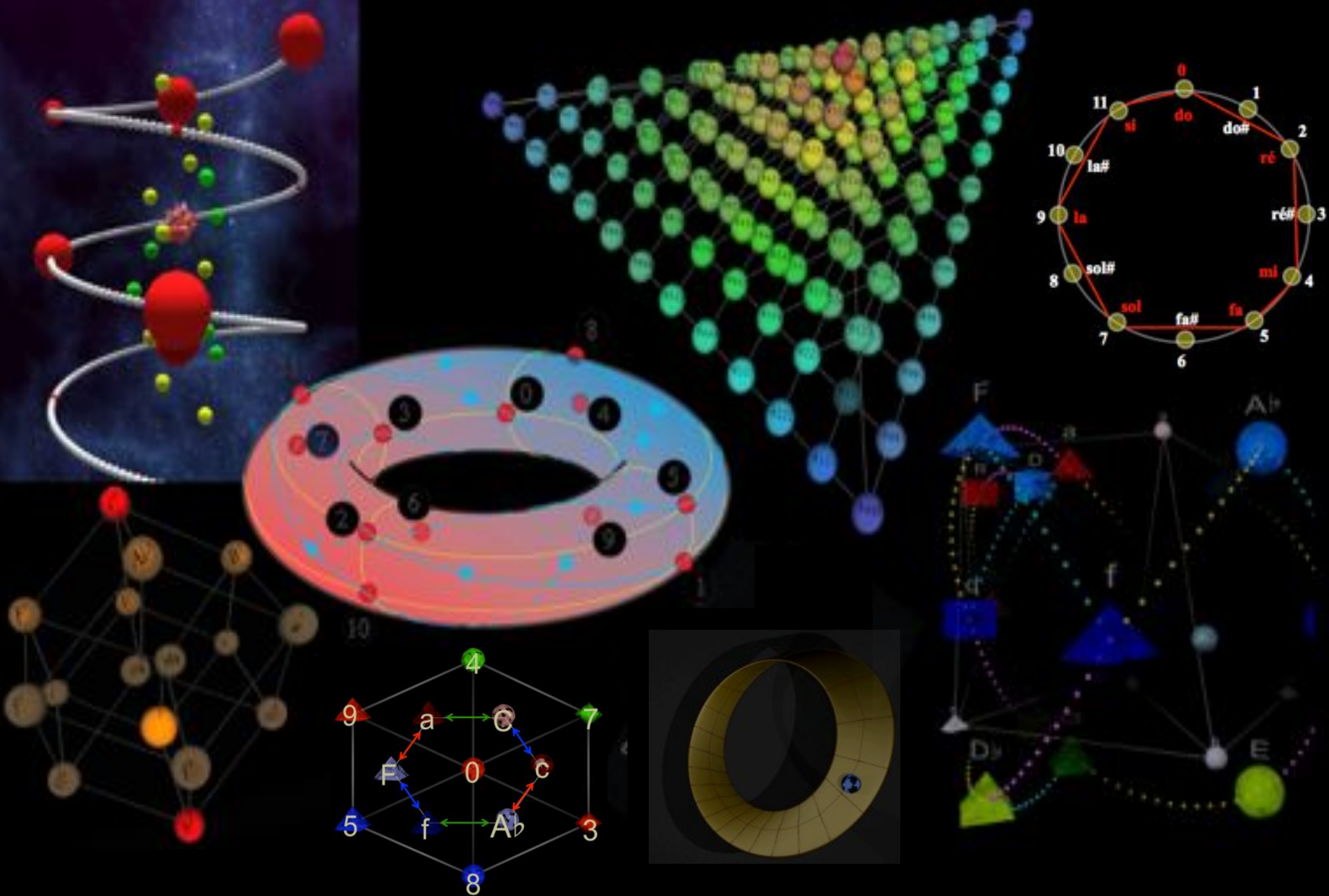
29 Septembre 2016
14h00-15h30

Moreno Andreatta

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



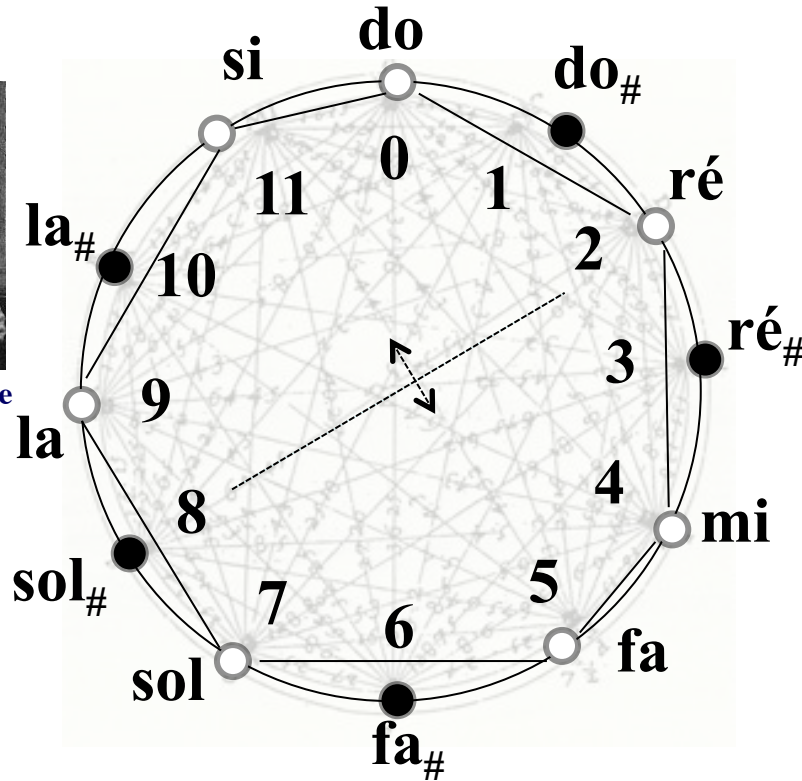
La galaxie des modèles géométriques au service de la musique



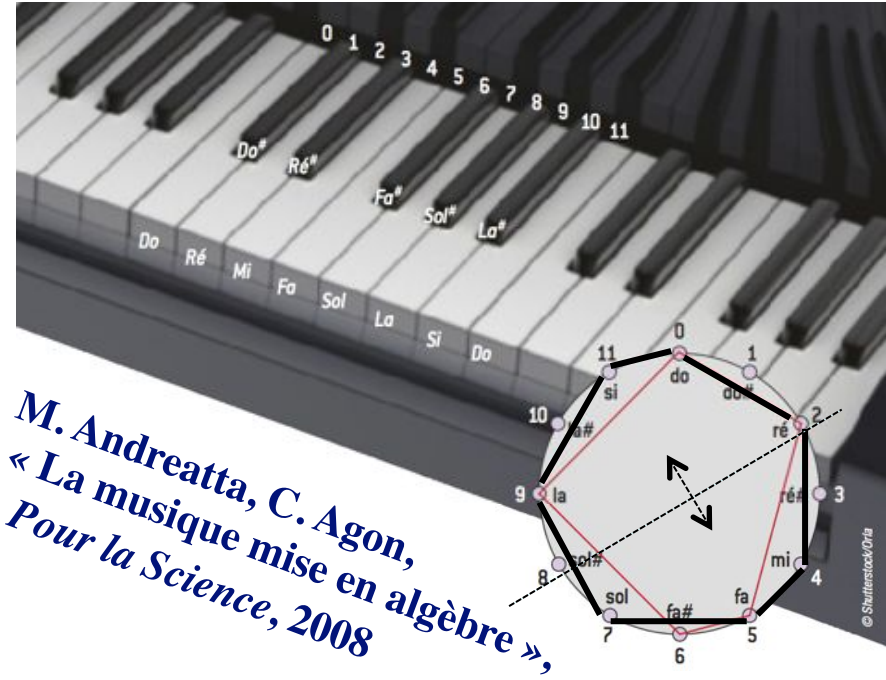
La représentation circulaire des notes de musique



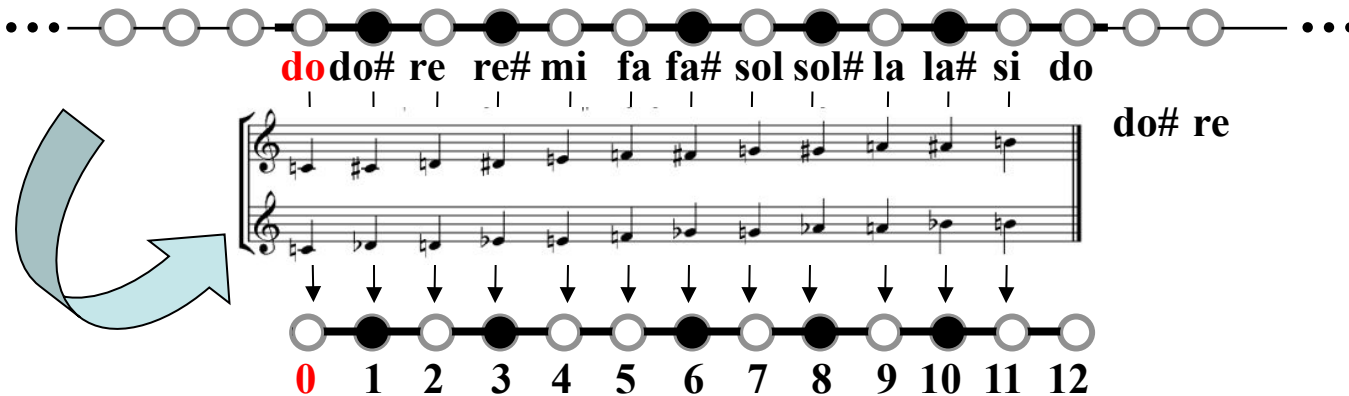
Marin Mersenne



Harmonicorum Libri XII, 1648



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



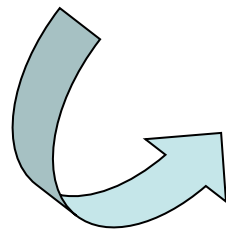
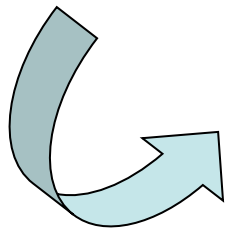
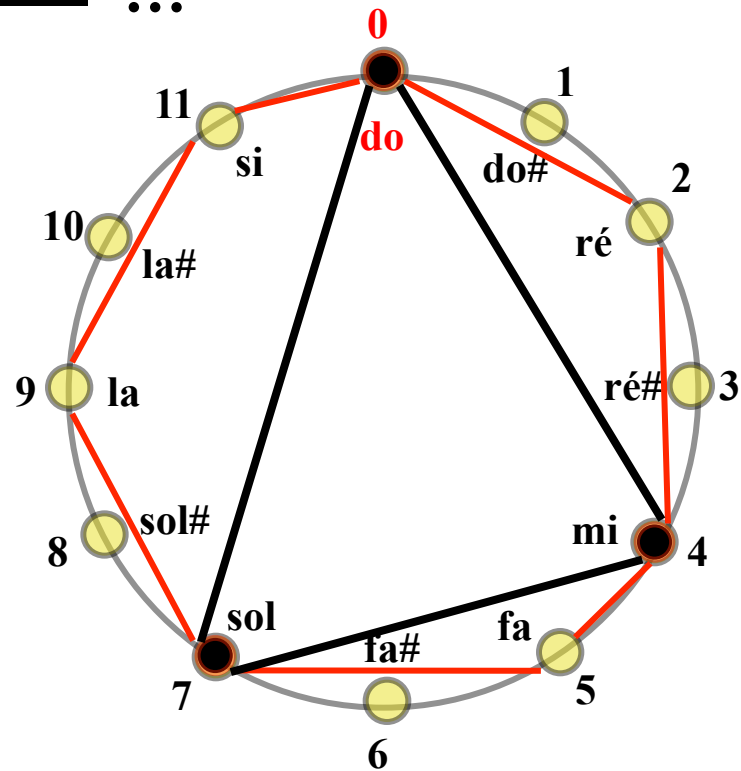
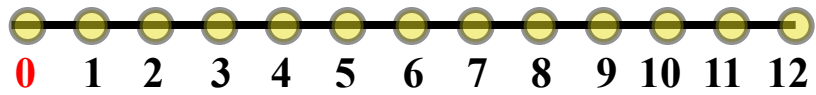
Les transpositions sont des additions...



$$\text{Do maj} = \{0, 2, 4, 5, 7, 9, 11\} + 1$$



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



Les transpositions sont des additions...

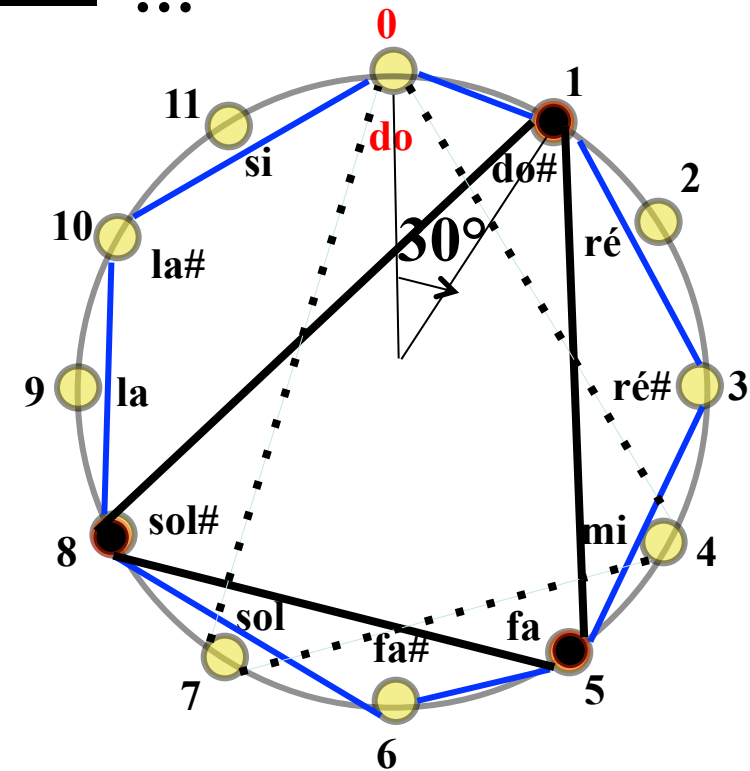


$$Do\# \text{ maj} = \{1, 3, 5, 6, 8, 10, 0\}$$

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



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



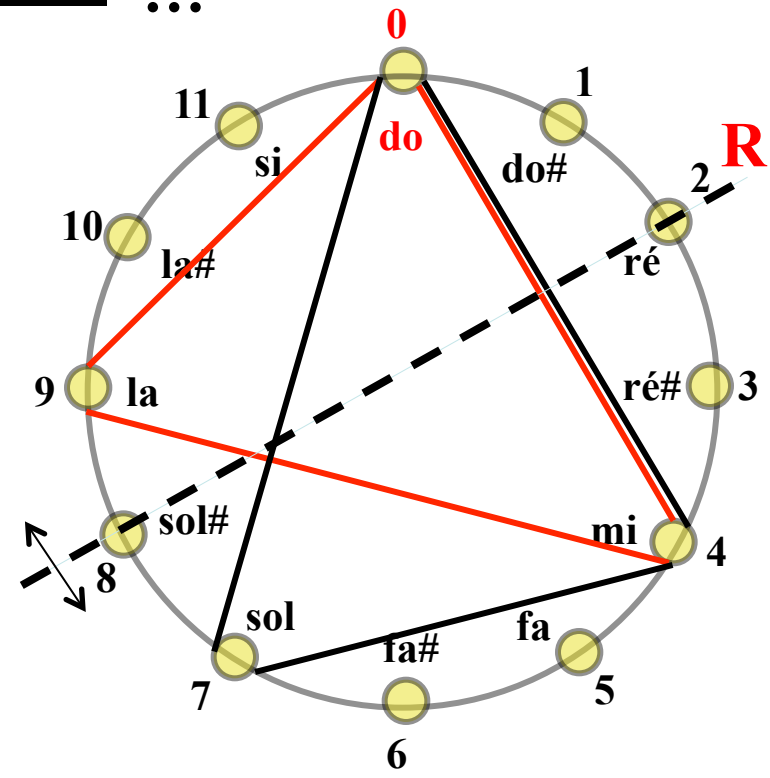
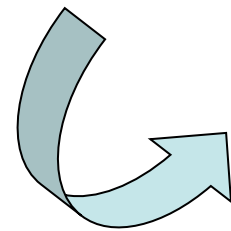
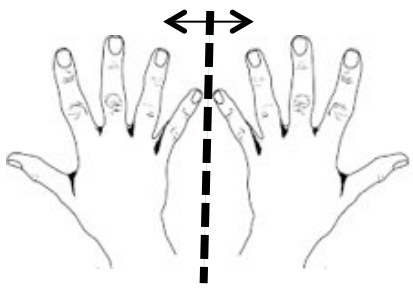
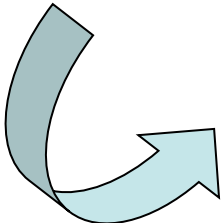
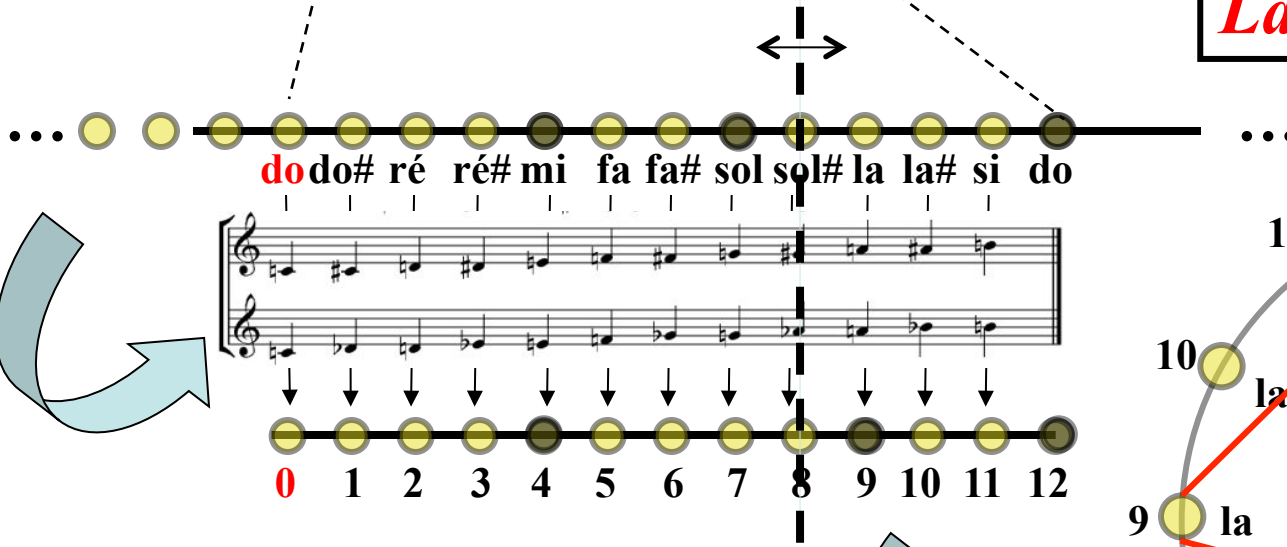
... ou des rotations !

Les inversions sont des symétries axiales



R comme **relatif**

Do maj = {0,4,7}
La min = {0,4,9}



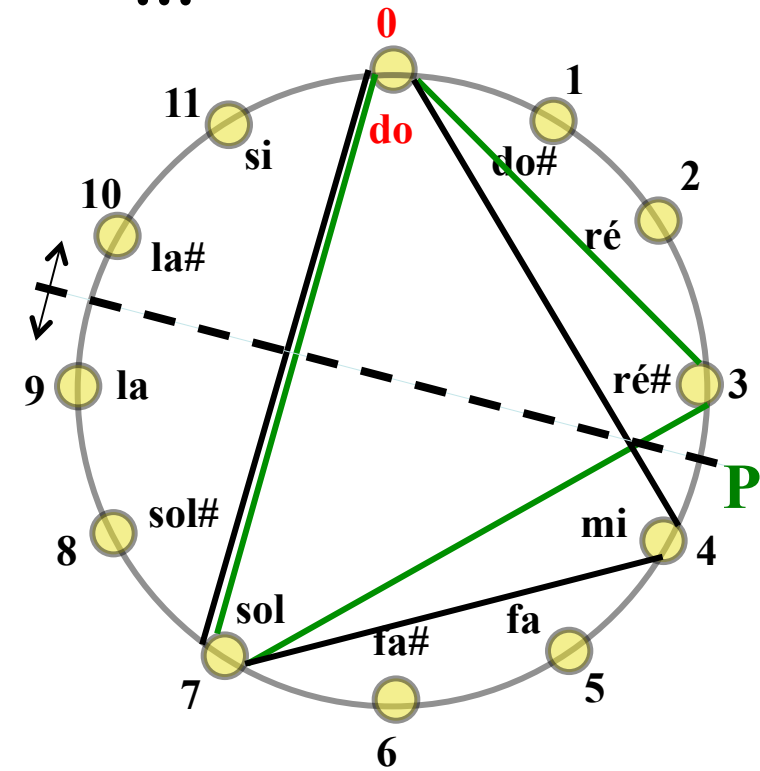
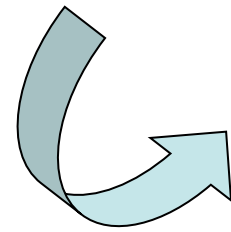
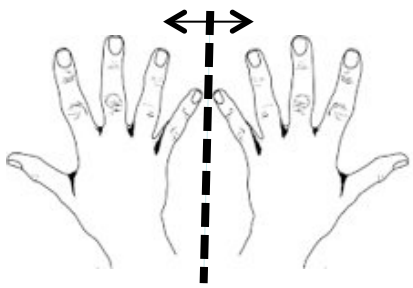
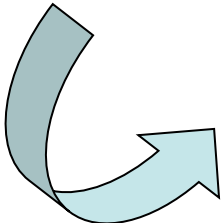
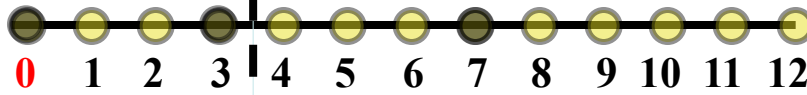
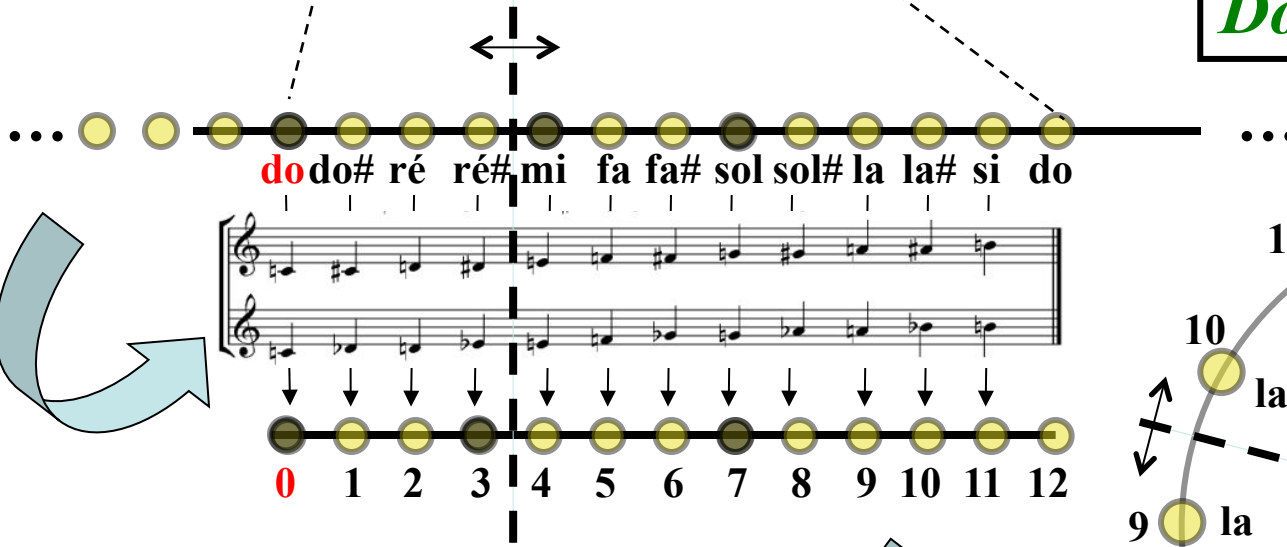
Les inversions sont des symétries axiales



P comme **parallèle**

Do maj = {0,4,7}

Do min = {0,3,7}



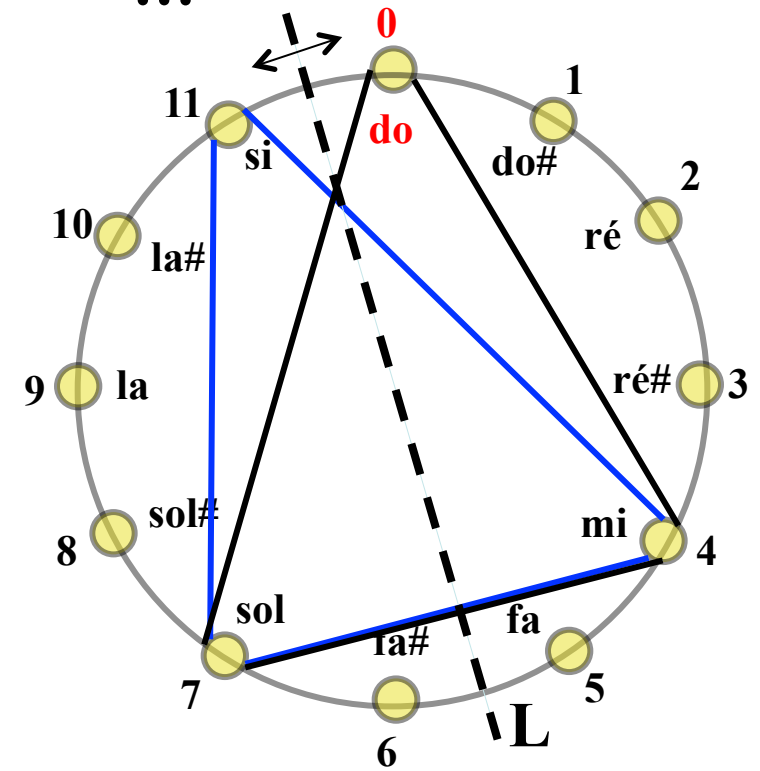
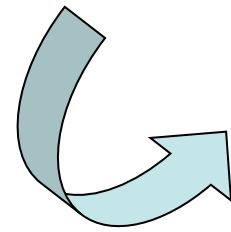
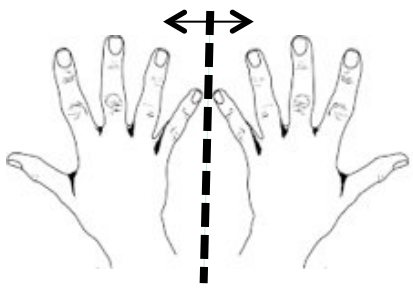
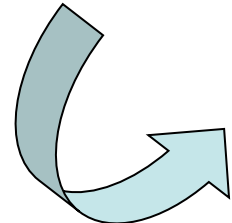
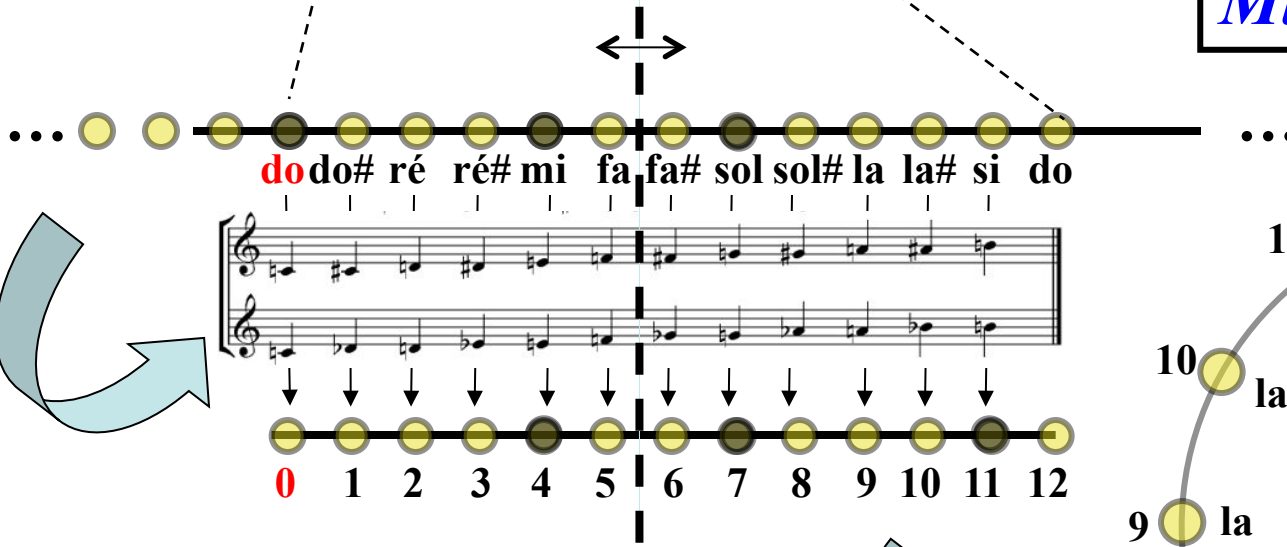
Les inversions sont des symétries axiales



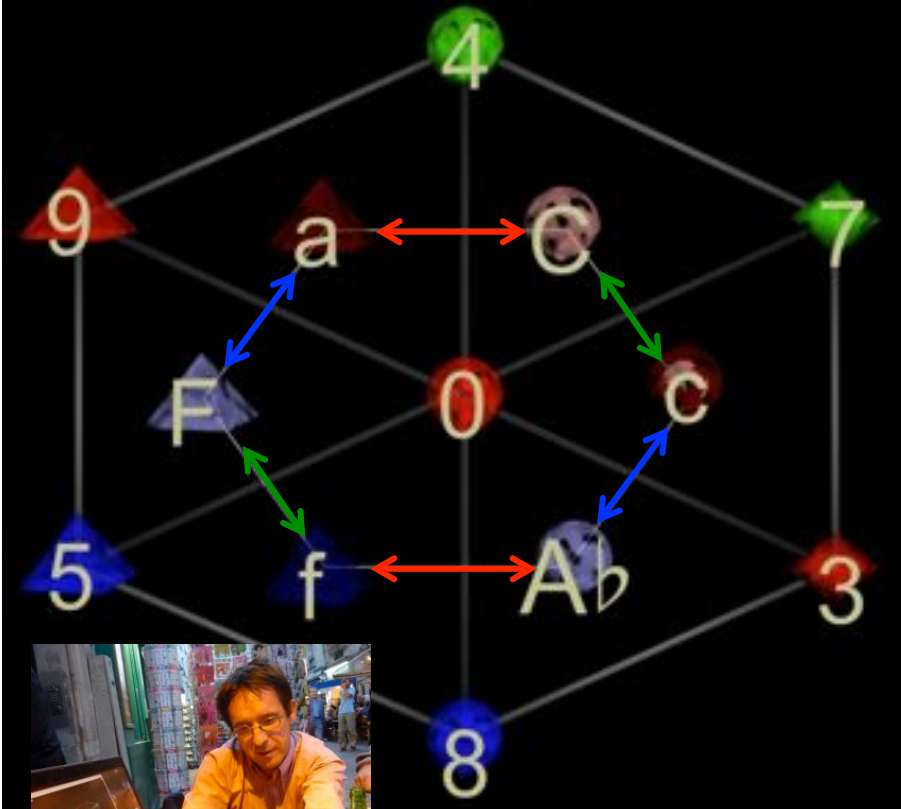
L = Leading Tone

Do maj = {0,4,7}

Mi min = {4,7,11}

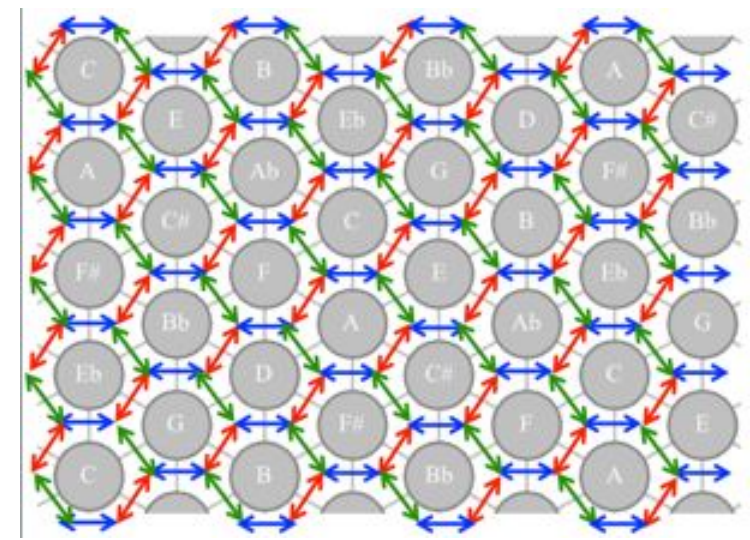
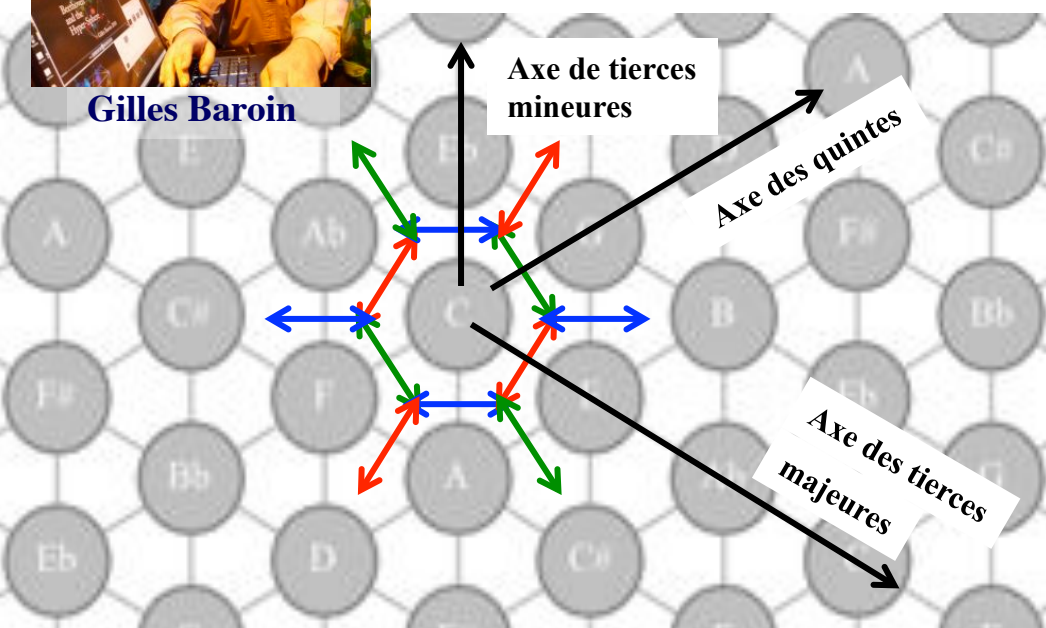


Le Tonnetz (ou nid musical d'abeilles)

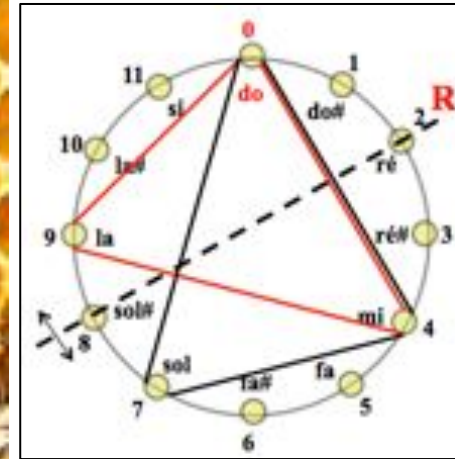
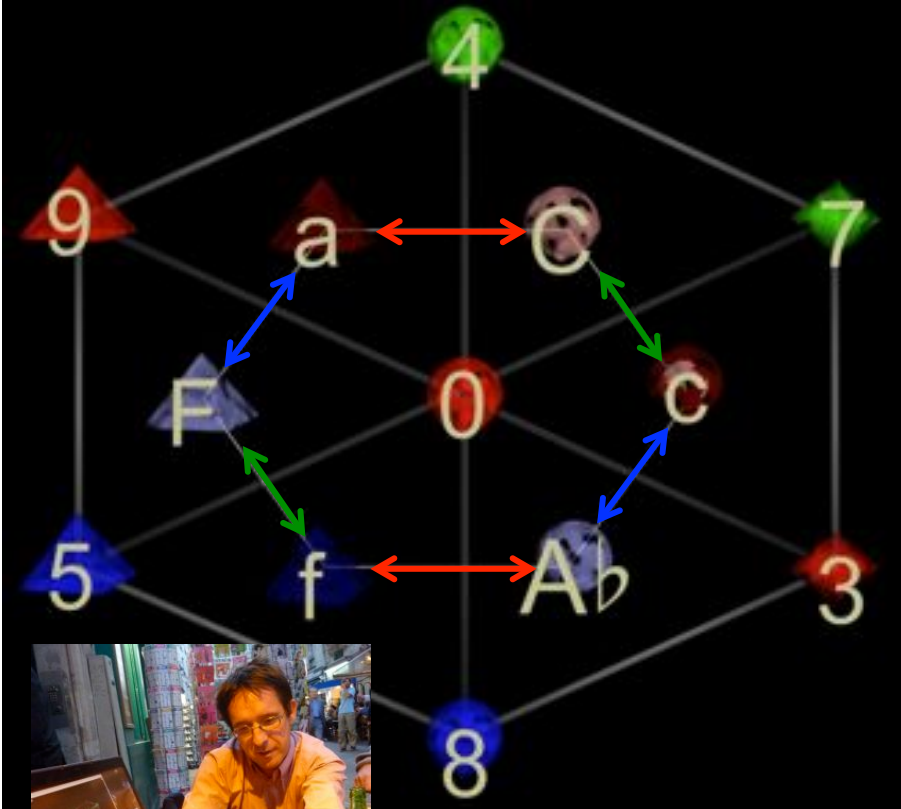


Gilles Baroin

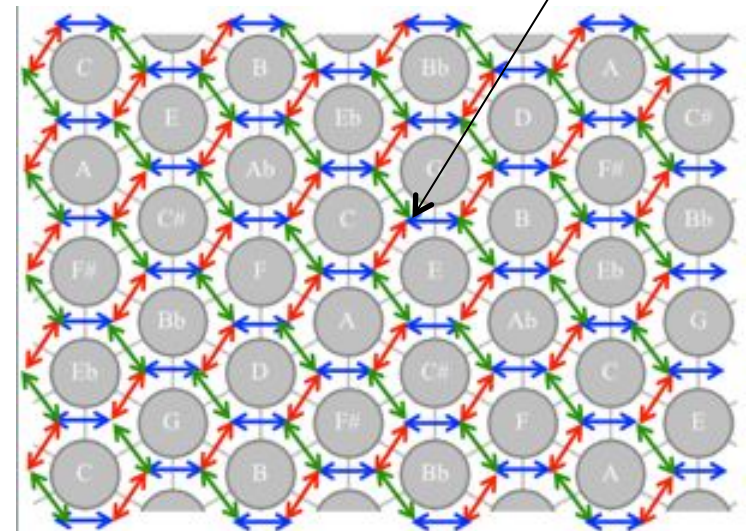
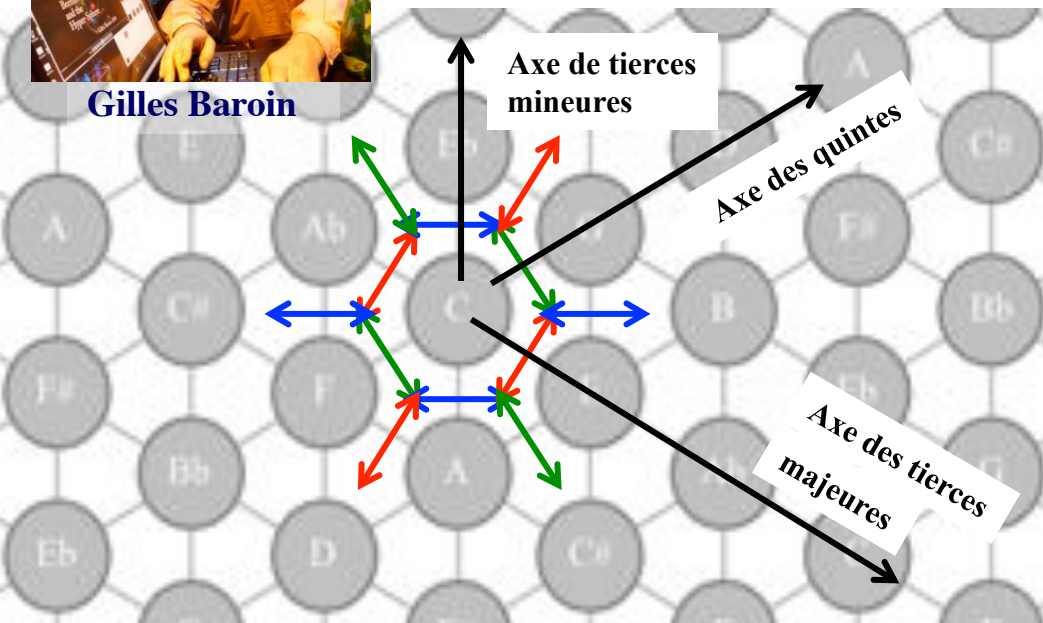
Speculum Musicum (Euler, 1773)



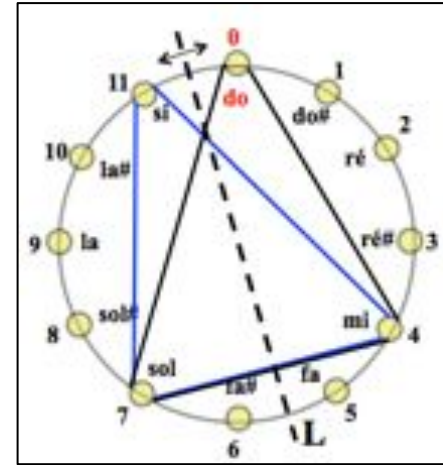
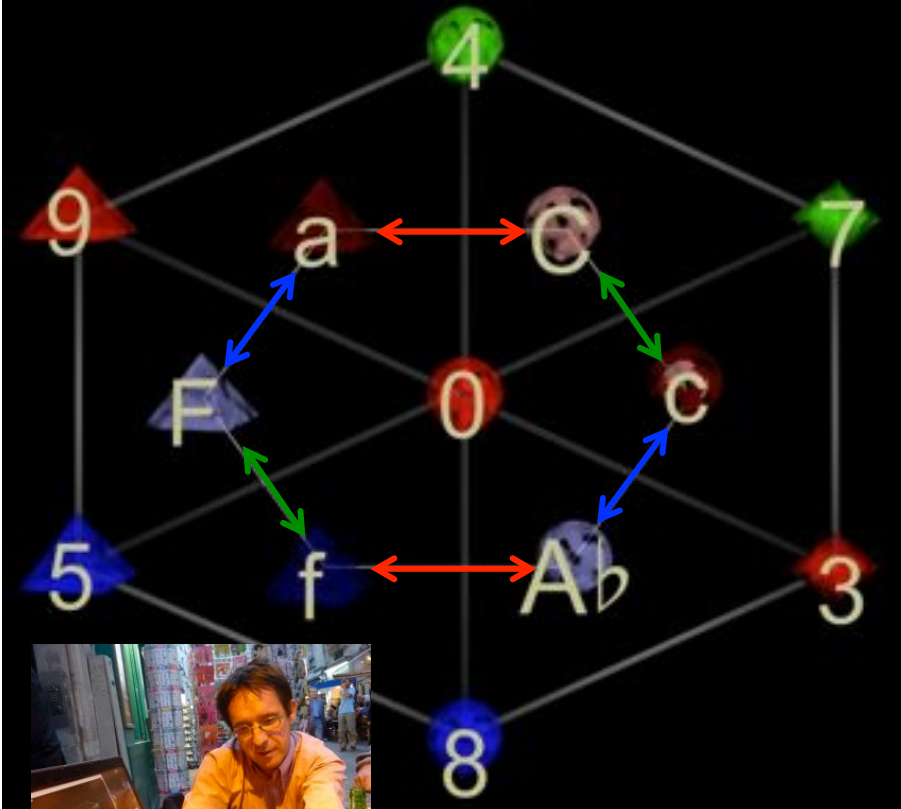
Le Tonnetz (ou nid musical d'abeilles)



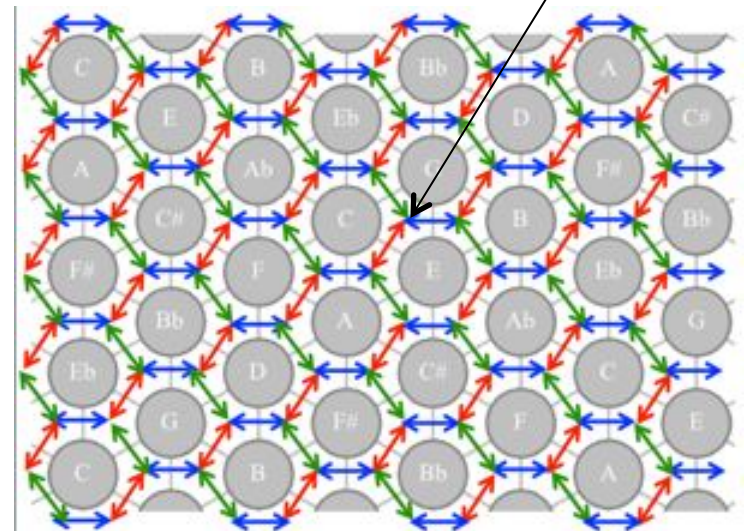
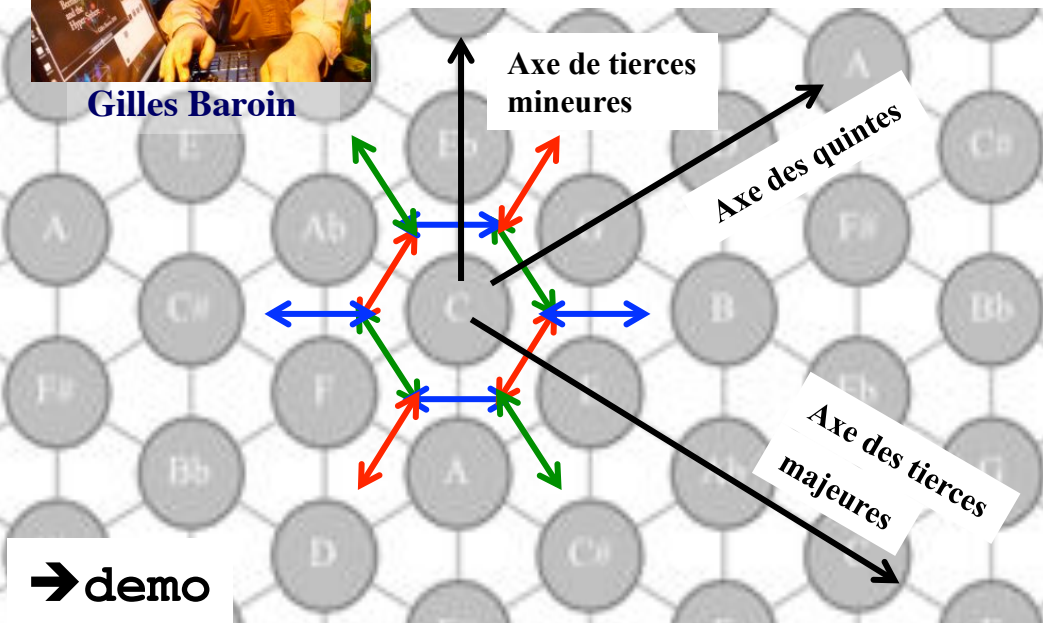
Gilles Baroin



Le Tonnetz (ou nid musical d'abeilles)

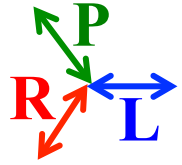


Gilles Baroin

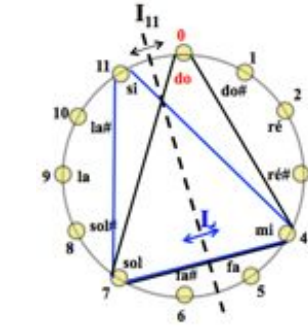
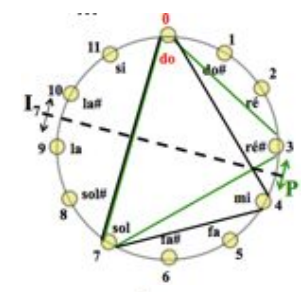
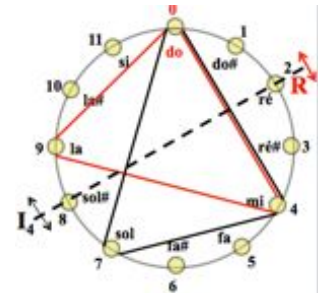
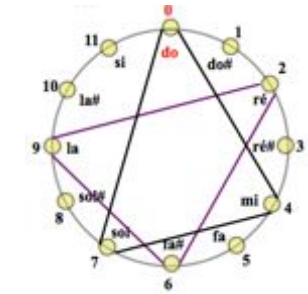
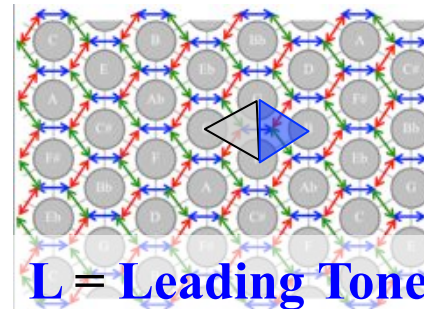
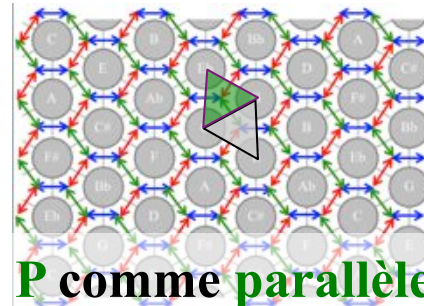
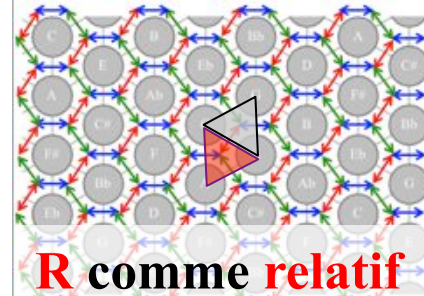
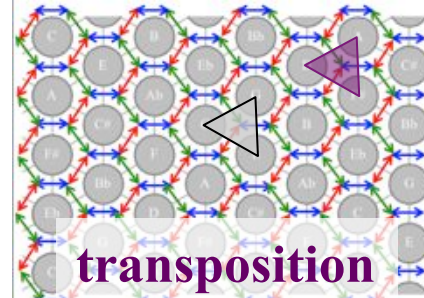
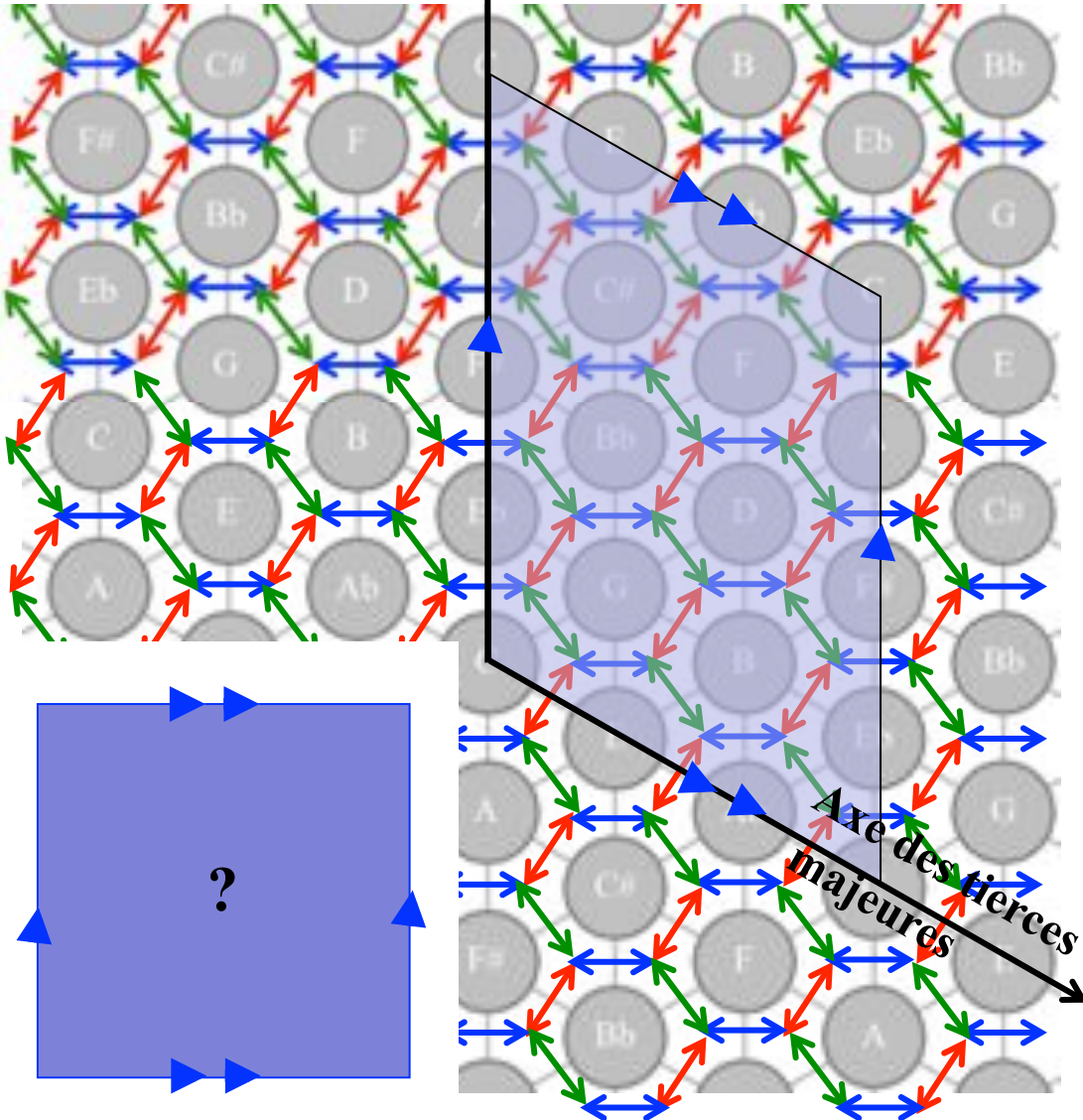


→ demo

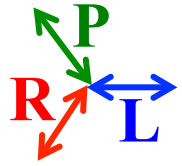
Le Tonnetz et ses symétries



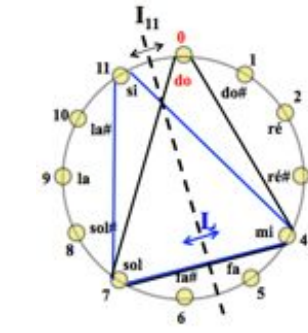
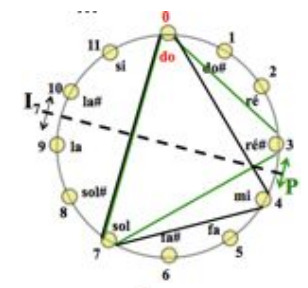
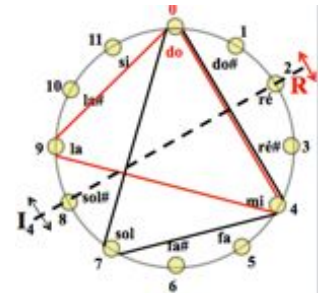
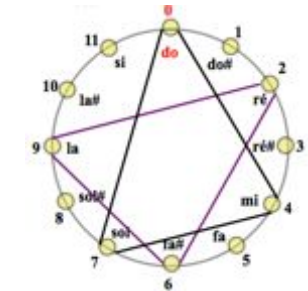
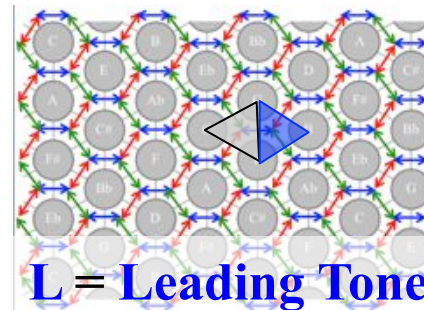
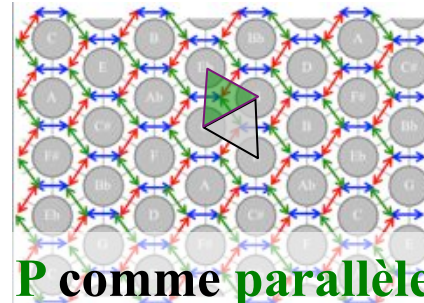
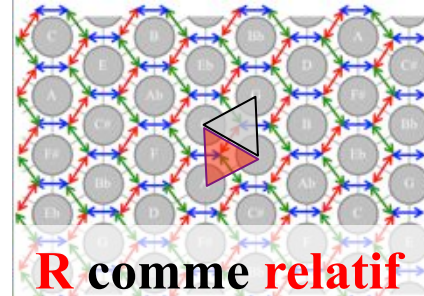
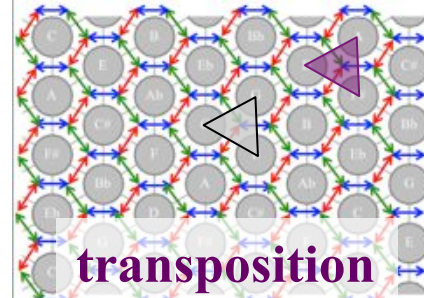
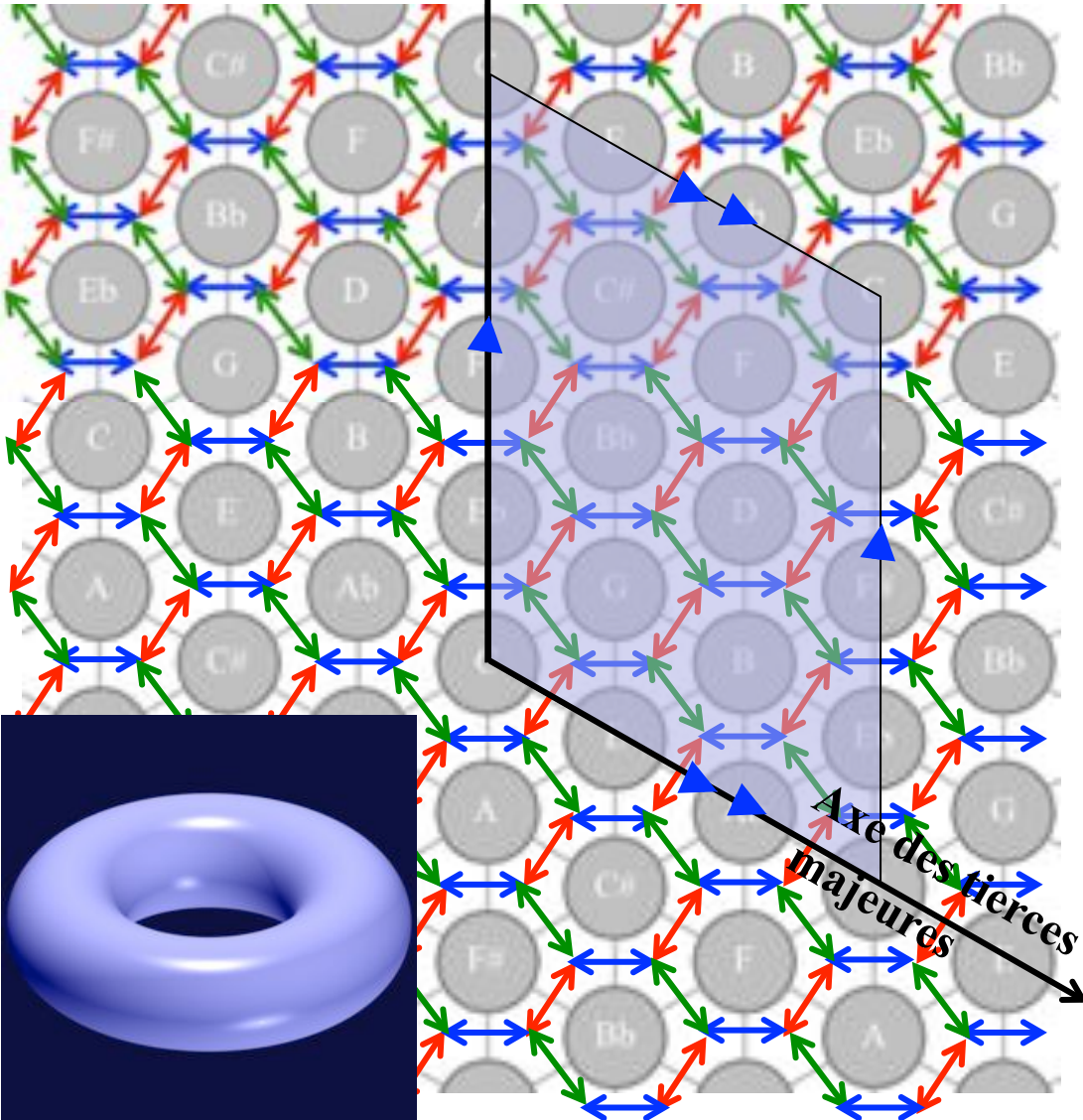
Axe de tierces mineures



Le Tonnetz et ses symétries



Axe de tierces mineures



Comptine d'un autre été

Amelie - Large Version



Yann Tiersen

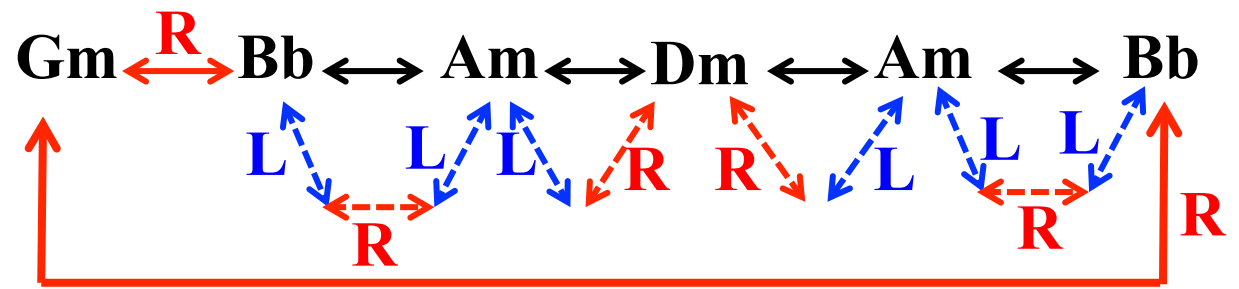
Em $\xrightarrow{?}$ **G** $\xrightarrow{?}$ **Bm** $\xrightarrow{?}$ **D** $\xrightarrow{?}$ **Em**

Musical notation for the first system of the piece. It features a grand staff with a treble clef and a key signature of one sharp (F#). The bass line consists of a steady eighth-note accompaniment. The treble clef staff contains whole rests for the first four measures, indicating that the melody is not yet written in this section.

Musical notation for the second system of the piece, starting at measure 5. The treble clef staff contains a melodic line with eighth-note runs and a final half note. The bass line continues with the same eighth-note accompaniment as in the first system.

LØVE

Julien Doré



MON APACHE

(Arman Véliz)

Cette promesse, c'est de l'or
que tu caches
en attendant les apaches
et leurs centaures

O mon inouï antlope
dans tes flancs
et leurs reflets roux d'enfance
dont un cyclope

D'où vient la soie de ton ventre
et d'où vient
l'ardeur de ces beaux élans
que tu défends

Où vont les flocs noirs
de cendre

les vaisseaux
logés au creux de ta peau
couleur d'encre

Une flèche en plein cœur
un ciel à la dérive
et je meurs
de nous survivre

Un aiezan sur la grève
de nouveau enfin libre
et je crève
de nous survivre

Cette lueur plus encore
tu la caches
en attendant les apaches
et leurs trésors

O mon inouï amazone
tu nous quittes
et l'été se fait automne
black light, white beat

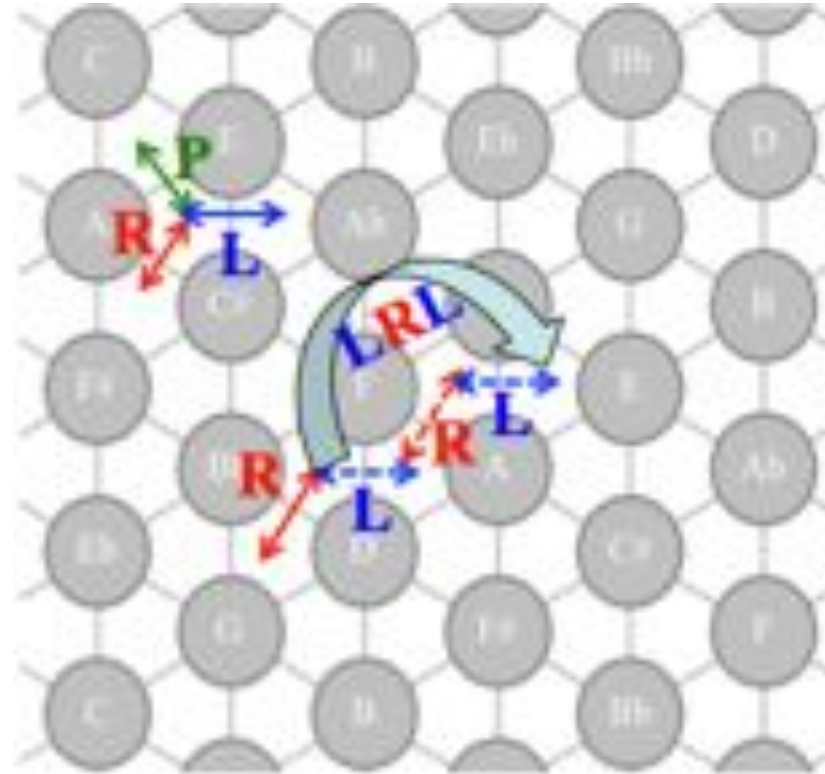
Une flèche en plein cœur
un ciel à la dérive
et je meurs
de nous survivre

Un aiezan sur la grève
de nouveau enfin libre
et je crève
de nous survivre

Cette promesse c'est de l'or
que tu caches
en attendant
les apaches

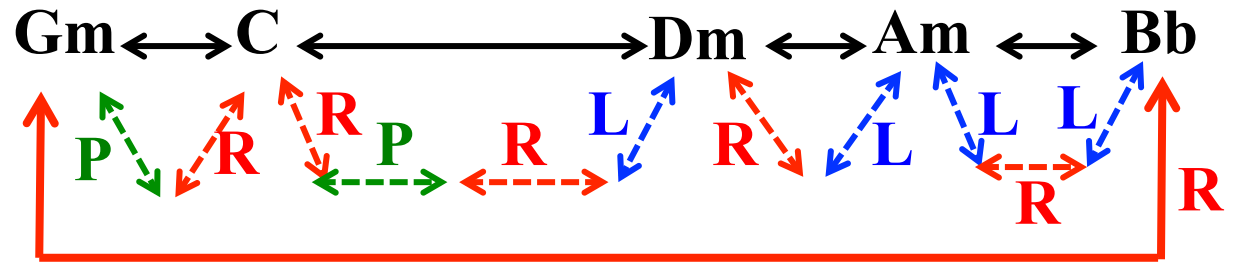
Cette promesse c'est de l'or
que tu caches
moi je t'attends

Mon apache



LØVE

Julien Doré



MON APACHE

(Arman Malika)

Cette promesse, c'est de l'or
que tu caches
en attendant les apaches
et leurs centaures

D'où vient la soie de ton ventre
et d'où vient
l'ardeur de ces beaux élans
que tu défends

les vaisseaux
logés au creux de ta peau
couleur d'encre

Ô mon inouï amazone
tu nous quittes
et l'été se fait automne
black light, white heat

Ô mon inouï antilope
dans tes flancs
et leurs reflets roux d'enfance
dart un cyclope

Où vont les flots noirs
de cendre

Une flèche en plein cœur
un ciel à la dérive
et je meurs
de nous survivre

Une flèche en plein cœur
un ciel à la dérive
et je meurs
de nous survivre

Un aiezan sur la grève
de nouveau enfin libre
et je crève
de nous survivre

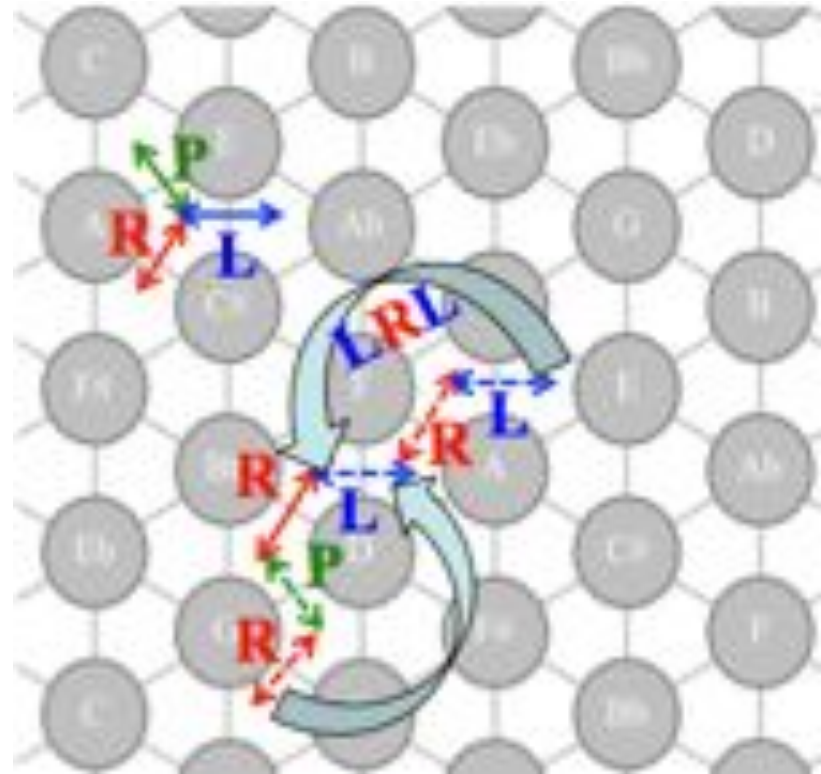
Un aiezan sur la grève
de nouveau enfin libre
et je crève
de nous survivre

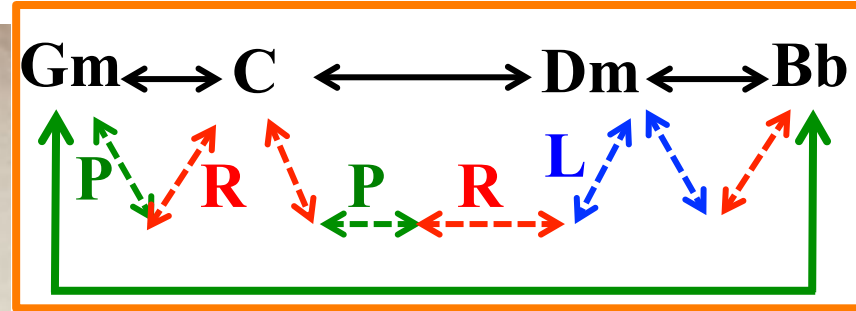
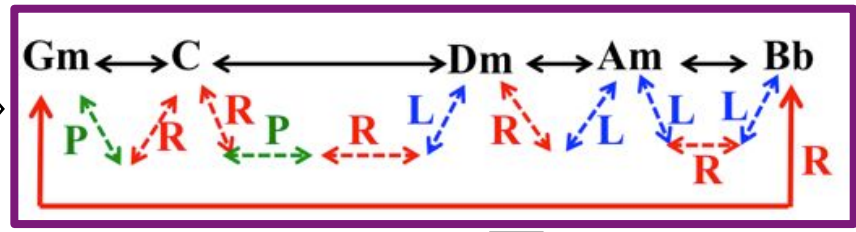
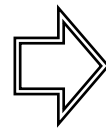
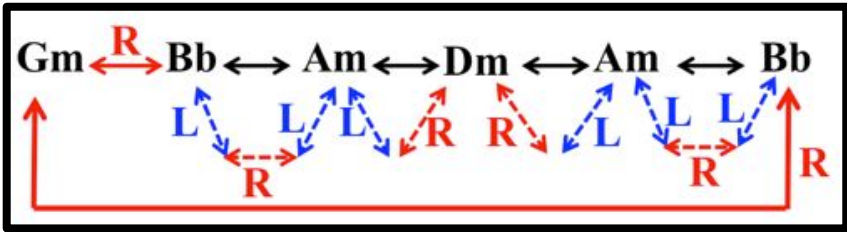
Cette lueur plus encore
tu la caches
en attendant les apaches
et leurs trésors

Cette promesse c'est de l'or
que tu caches
en attendant
les apaches

Cette promesse c'est de l'or
que tu caches
moi je t'attends

Mon apache





MON APACHE

Cette promesse, c'est de l'or
que tu caches
en attendant les apaches
et leurs centaures

O mon inouï antilope
dans tes flancs
et leurs reflets roux d'enfance
doit un cyclope

Où vient la soie de ton ventre
et d'où vient
l'ardeur de ces beaux élan
que tu défends

Où vont les flets noirs
de cendre

les vaisseaux
logés au creux de ta peau
couleur d'encre

Une flèche en plein cœur
un ciel à la dérive
et je meurs
de nous survivre

Un aiezan sur la grève
de nouveau enfin libre
et je crève
de nous survivre

Cette fleur plus encore
tu la caches
en attendant les apaches
et leurs trésors

O mon inouï amazone
tu nous quittes
et l'été se fait automne
black light, white beat

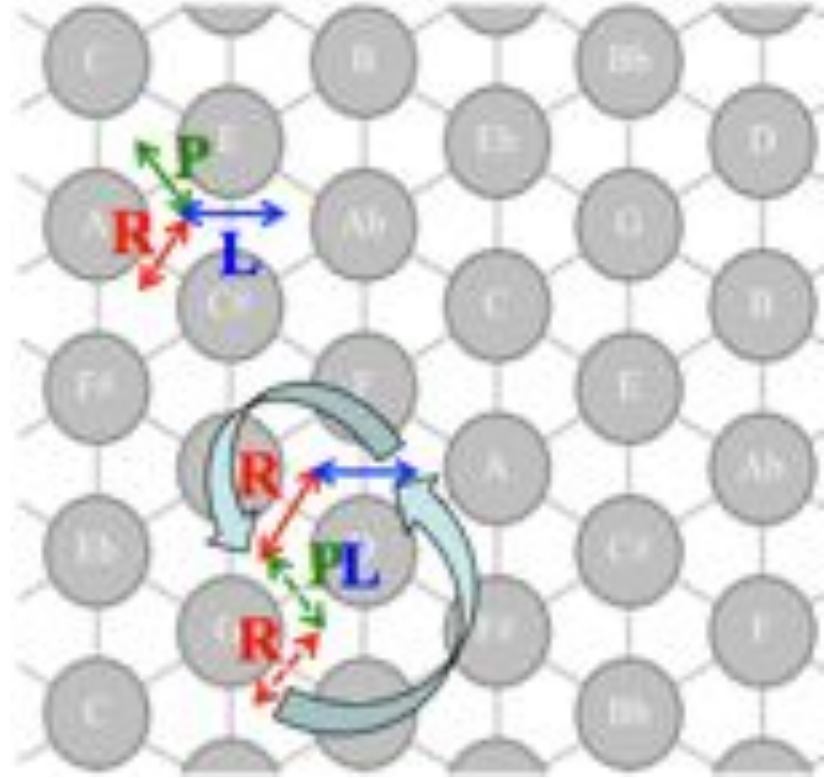
Une flèche en plein cœur
un ciel à la dérive
et je meurs
de nous survivre

Un aiezan sur la grève
de nouveau enfin libre
et je crève
de nous survivre

Cette promesse c'est de l'or
que tu caches
en attendant
les apaches

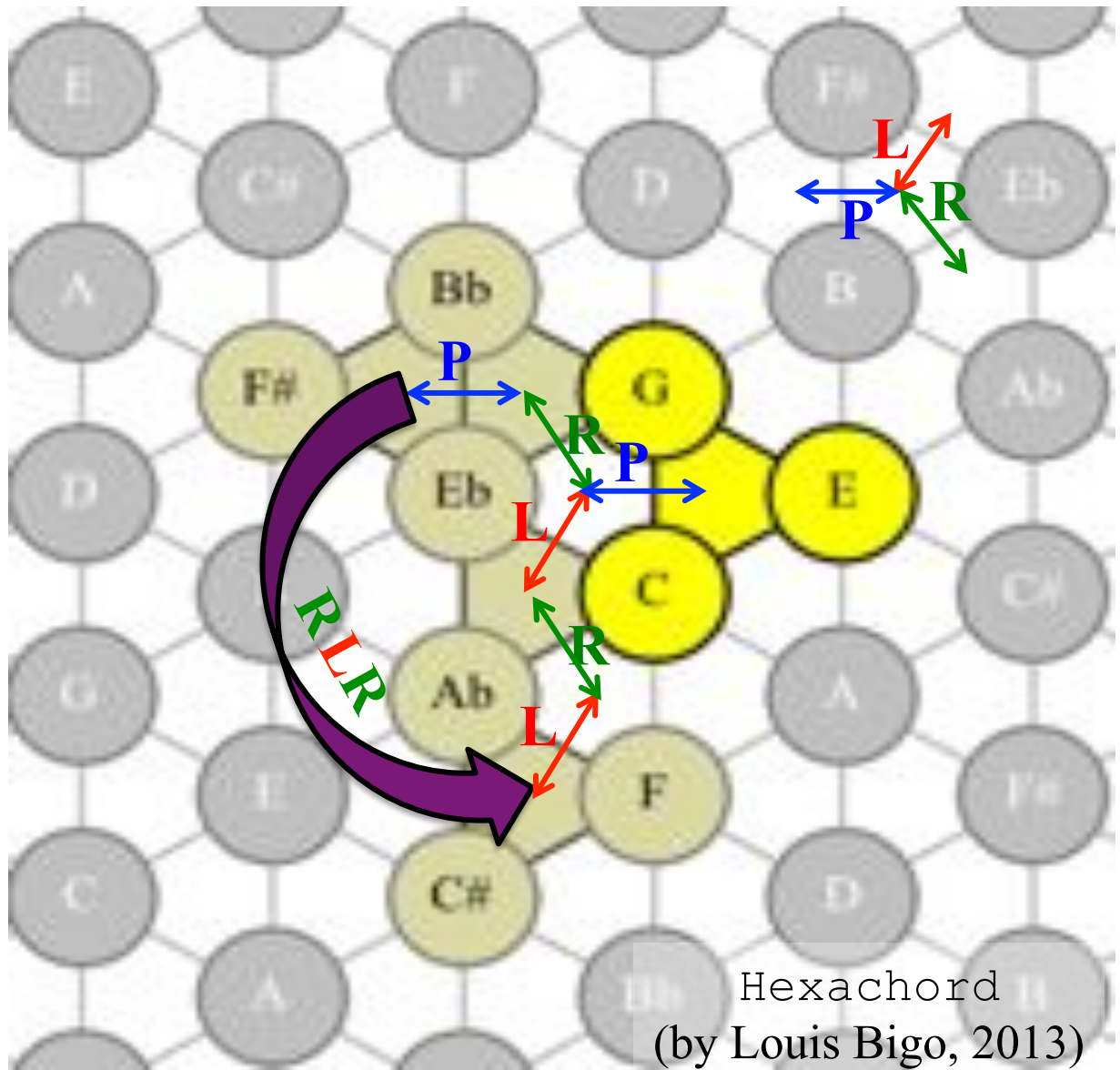
Cette promesse c'est de l'or
que tu caches
moi je t'attends
Mon apache

LØVE
Julien Doré





min. 0'33''



Théories néo-riemanniennes et analyse de la musique pop

- Guy Capuzzo, "Neo-Riemannian Theory and the Analysis of Pop-Rock Music", Music Theory Spectrum 26(2), p. 177-199, 2004

Synthesizer

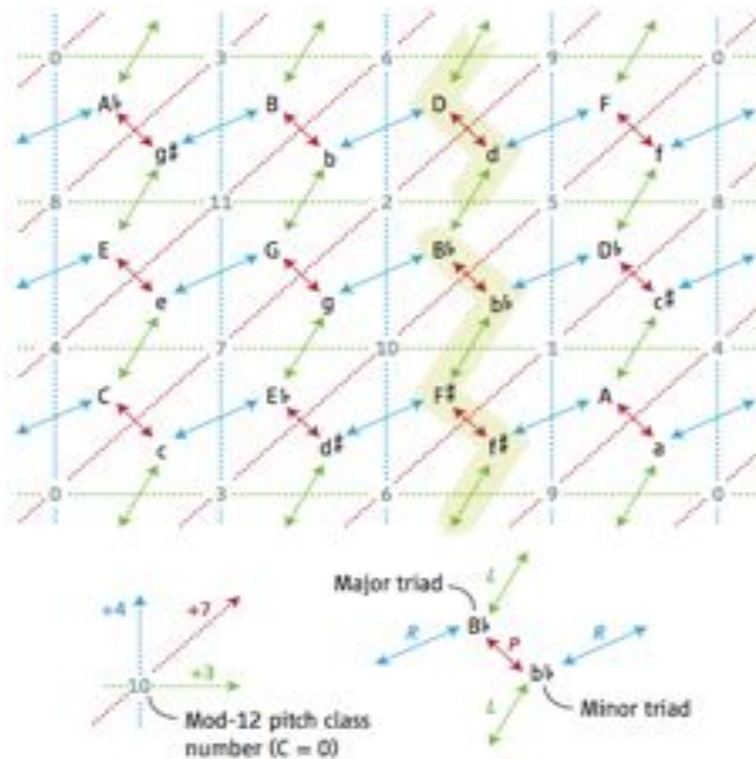
Chord symbols: G+, A+, F+, A-, Ab+, G+, D+, F#-, F+, E+, B+, D#-, D+, C#+, A#+, C-, B+, B#+, E+, B+, F#-, C#+, F#+, A+, E+, E-

Figured bass: 5/3, 6/4, 5/3, 5/3, 6/4, 5/3

Finis

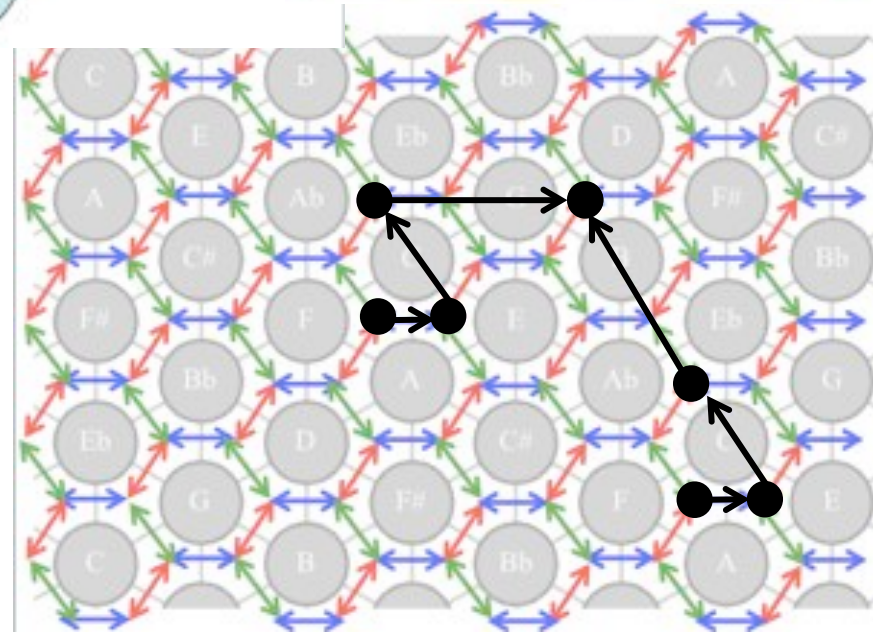
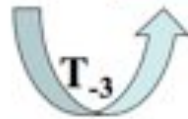
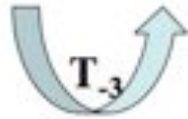
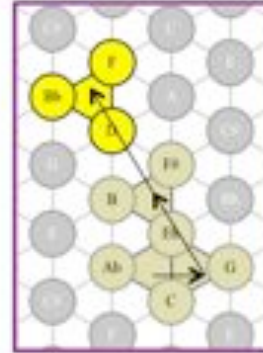
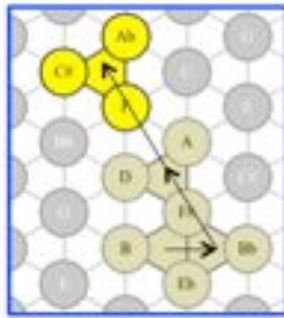
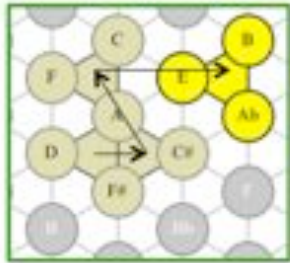
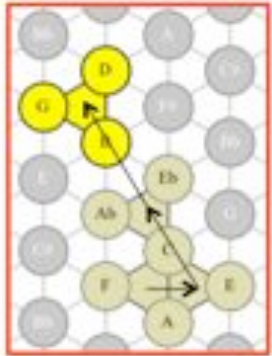
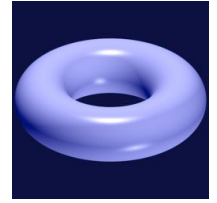
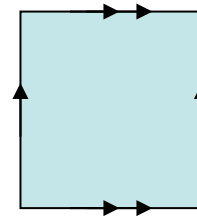
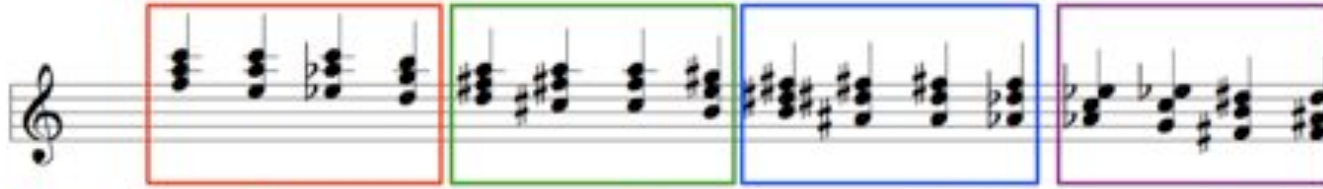
D.C. al Fine

« Easy Meat » - 1981 (Frank Zappa)



La trajectoire spatiale comme signature

Fa la_m La_n Sol Ré fa_{#m} Fa Mi Si la_{#m} Ré Ré_b La_b do_m Si Si_b



Harmonies géométriques dans « Madeleine » (Paolo Conte)

Prélude *Modérato*

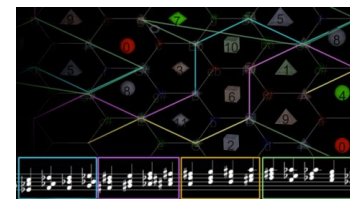
Chorus *Lab* → *Réb/Fa* → *Sib⁷* → *Mib⁷/Réb*

Lab → Réb/Fa → Sib⁷ → Mib⁷/Réb

Si/Ré# → Mi → Do# → Fa#

Ré/La → Sol → Mi⁷ → La⁷

Ré → Lab⁷ → Réb → Do⁷ → Mib



www.mathemusic.net

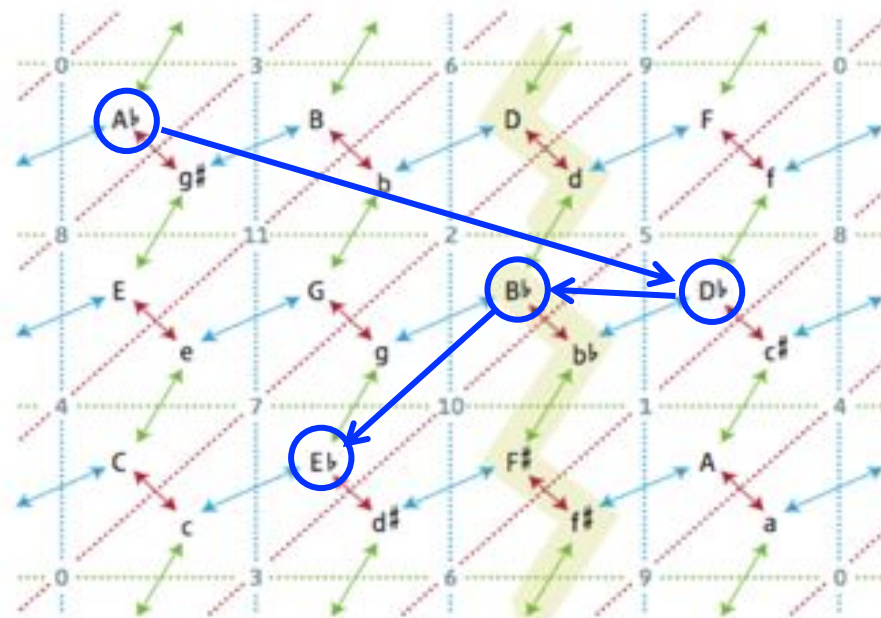
S. La Via, *Poesia per musica e musica per poesia. Dai trovatori a Paolo Conte*, Carocci, 2006

→ **Lab** → Réb/Fa → Sib⁷ → Mib⁷/Réb

→ **Si/Ré#** → Mi → Do# → Fa#

→ **Ré/La** → Sol → Mi⁷ → La⁷

→ **Ré** → Lab⁷ → Réb → Do⁷ → Mib



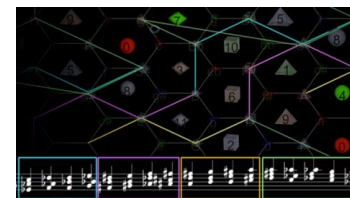
Harmonies géométriques dans « Madeleine » (Paolo Conte)

Principale *Modérato*

Chorus

Lab → Réb/Fa → Sib⁷ → Mib⁷/Réb

Re-La Sol Mi La Re La Re Do# Mib



www.mathemusic.net

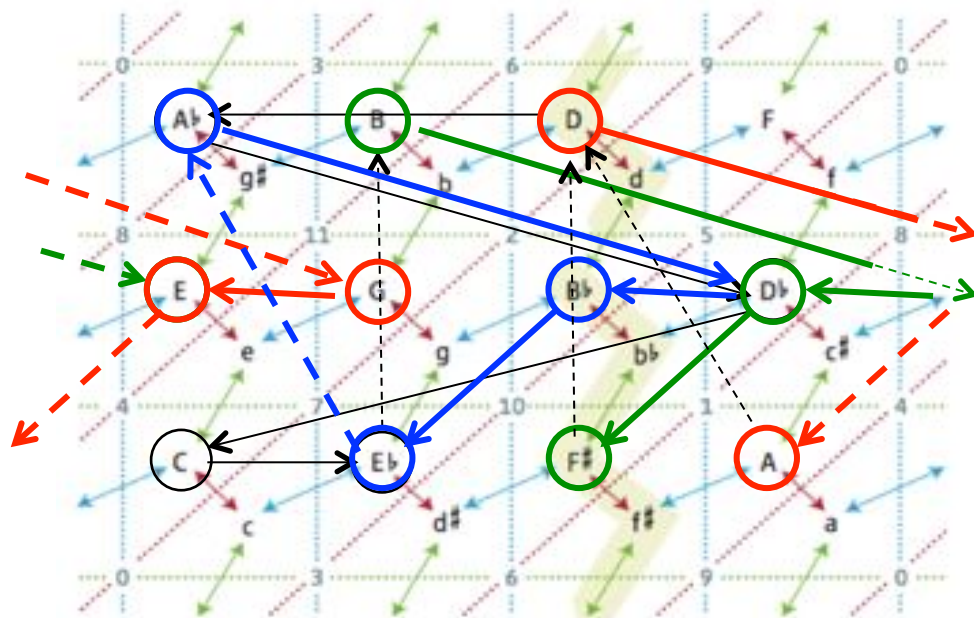
S. La Via, *Poesia per musica e musica per poesia. Dai trovatori a Paolo Conte*, Carocci, 2006

Lab → Réb/Fa → Sib⁷ → Mib⁷/Réb

Si/Ré# → Mi → Do# → Fa#

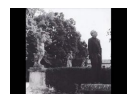
Ré/La → Sol → Mi⁷ → La⁷

Ré → Lab⁷ → Réb → Do⁷ → Mib



Harmonies géométriques dans « Madeleine » (Paolo Conte)

La_b Ré_b Si_b Mi_b Si Mi Ré_b Fa_# Ré Sol Mi La Ré La_b Ré_b Do Mi_b



Partial covering of the *Tonnetz*



Proibito *Moderato*

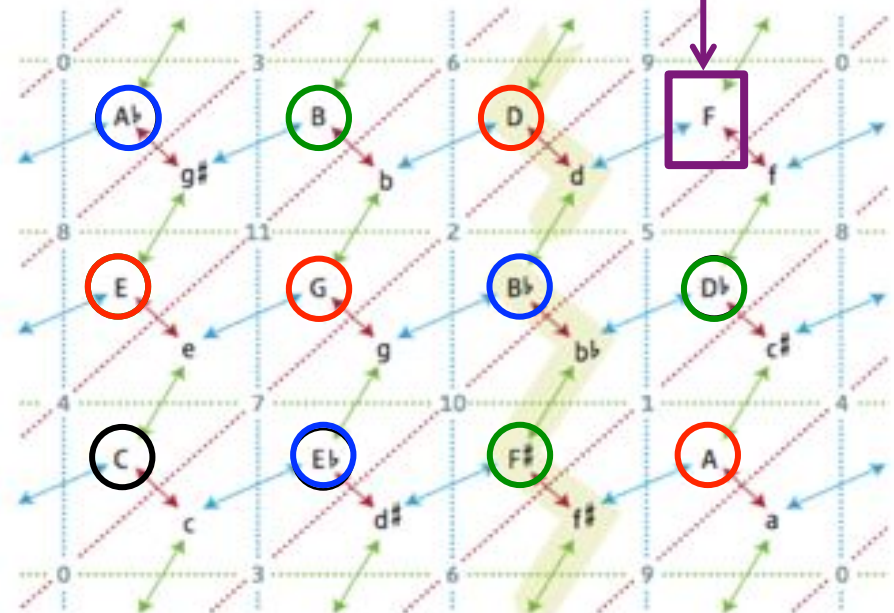
Lab → **Réb/Fa** → **Sib⁷** → **Mib⁷/Réb**

Chorus **La** **Réb/Fa** **Sib⁷** **Mib⁷/Réb** **Si/Ré#** **Mi** **Do#** **Fa#**

Re/La **Sol** **Mi** **La** **Re** **La** **Re** **Do#** **Mib**

S. La Via, Poesia per musica e musica per poesia. Dai trovatori a Paolo Conte, Carocci, 2006

Missing major chord



→ **Lab** → **Réb/Fa** → **Sib⁷** → **Mib⁷/Réb**

→ **Si/Ré#** → **Mi** → **Do#** → **Fa#**

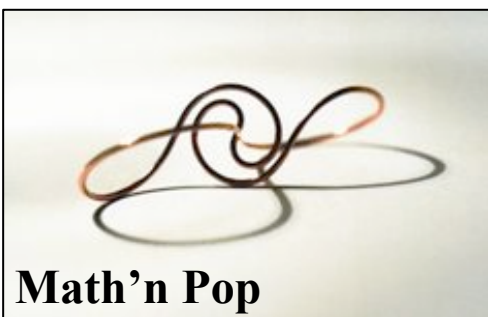
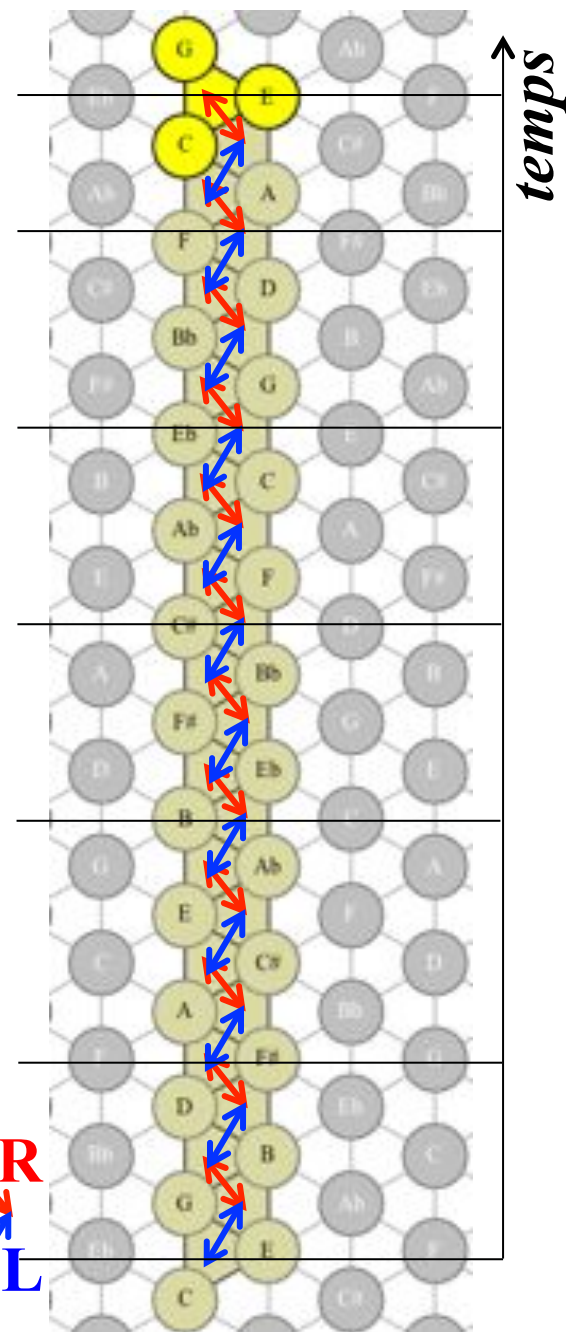
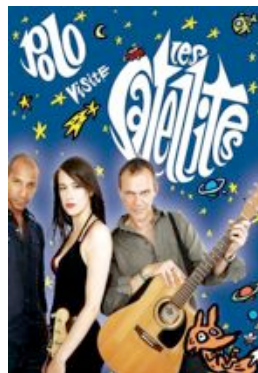
→ **Ré/La** → **Sol** → **Mi⁷** → **La⁷**

→ **Ré** → **Lab⁷** → **Réb** → **Do⁷** → **Mib**

Le Blé en Herbe

(Pola/Moreno/Dieu)

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'ilôt 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



La sera non è più la tua canzone : chanson hamiltonienne ‘redondante’

La sera non è più la tua canzone,
è questa roccia d’ombra traforata
dai lumi e dalle voci senza fine,
la quiete d’una cosa già pensata.

Ah questa luce viva e chiara viene
solo da te, sei tu così vicina
al vero d’una cosa conosciuta,
per nome hai una parola ch’è passata
nell’intimo del cuore e s’è perduta.

Caduto è più che un segno della vita,
riposi, dal viaggio sei tornata
dentro di te, sei scesa in questa pura
sostanza così tua, così romita
nel silenzio dell’essere, (compiuta).

L’aria tace ed il tempo dietro a te
si leva come un’arida montagna
dove vaga il tuo spirito e si perde,
un vento raro scivola e ristagna.

*Le soir n’est plus ta chanson,
c’est ce rochet d’ombre transpercé
par les lumières et les voix sans fin,
la paix d’une chose déjà pensée.*

*Ah, cette lumière vive et claire vient
uniquement de toi, tu es si proche
du vrai d’une chose connue,
tu as pour nom une parole qui est passée
dans l’intimité du cœur où elle s’est
perdue .*

*Tombé est plus qu’un signe de la vie,
tu te reposes, du voyage tu es revenue
à l’intérieur de toi même, tu es
descendue dans cette
pure substance qui est si tienne,
si éloignée
dans le silence de l’être, achevée.*

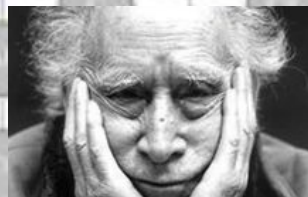
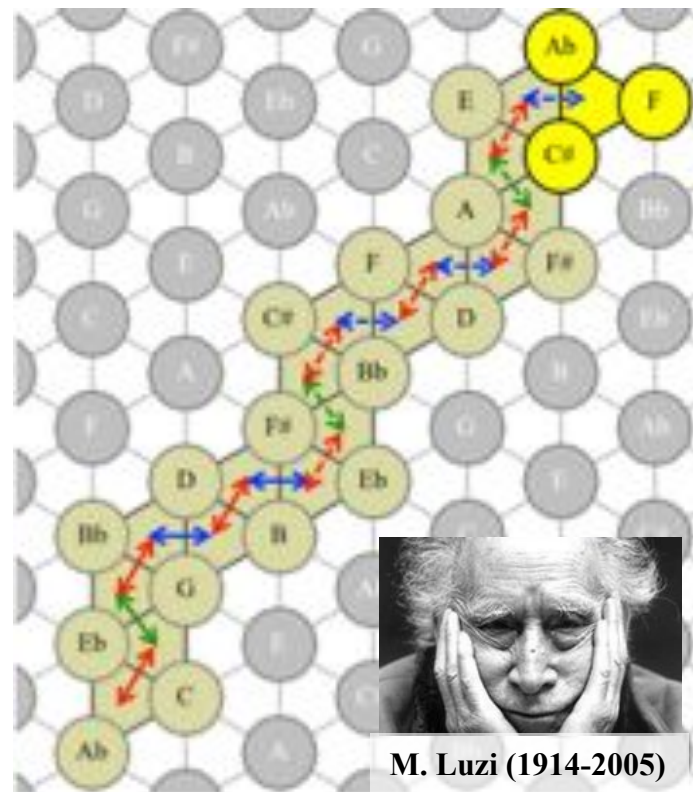
*L’air se tait et le temps derrière toi
se lève tel une montagne aride
où plane ton esprit et se perd,
un vent rare glisse et stagne.*

(tr. Antonia Soulez, philosophe et poète)

Musique : M. Andreatta
Arrangements et mixage : M. Bergomi &
S. Geravini
(Perfect Music Production)
Mastering : A. Cutolo (Massive Arts
Studio, Milan)



min. 1’19”



M. Luzi (1914-2005)



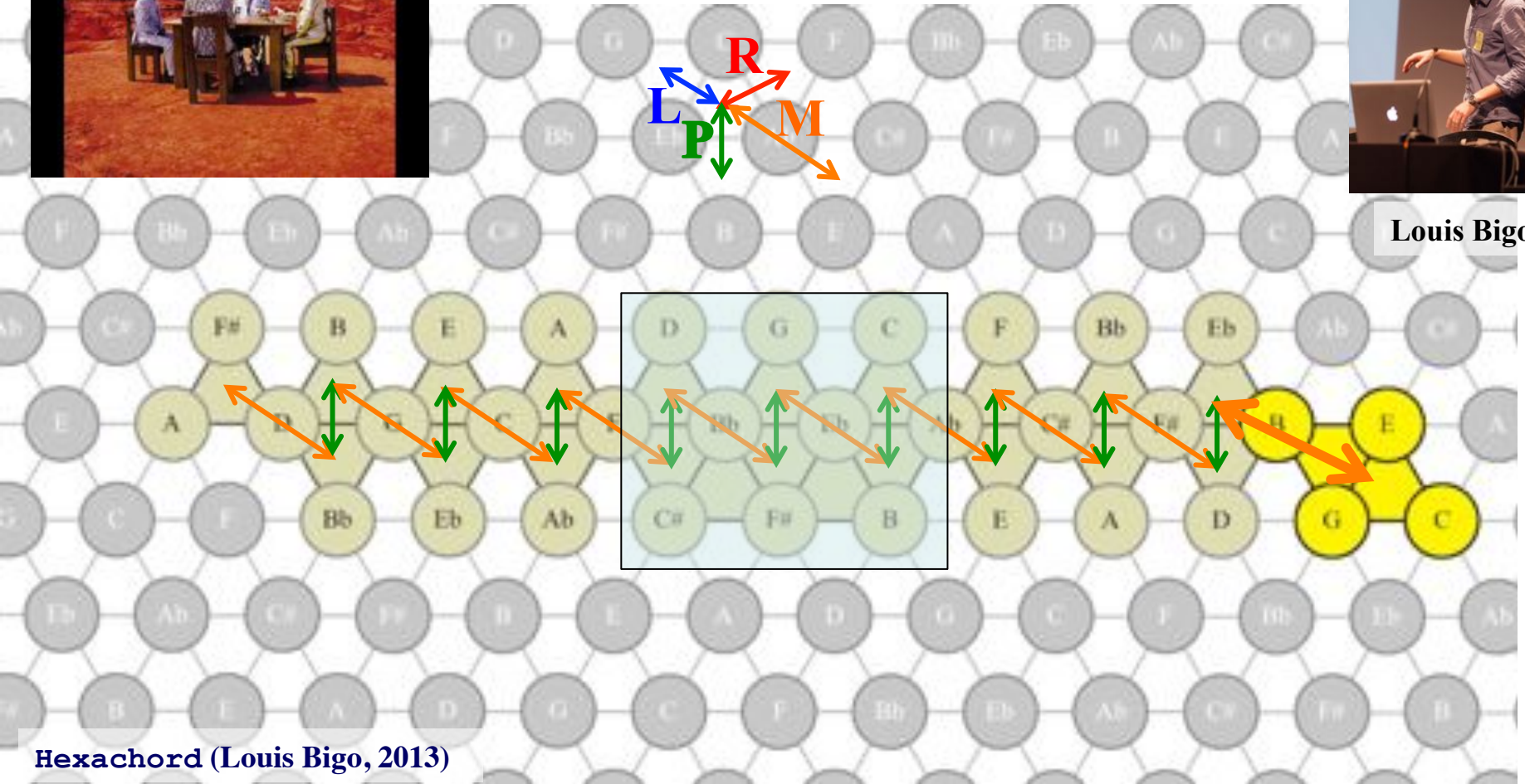
Symmetries and algorithmic processes in *Muse*



“Take a bow” (*Black Holes and Revelations*, 2006)



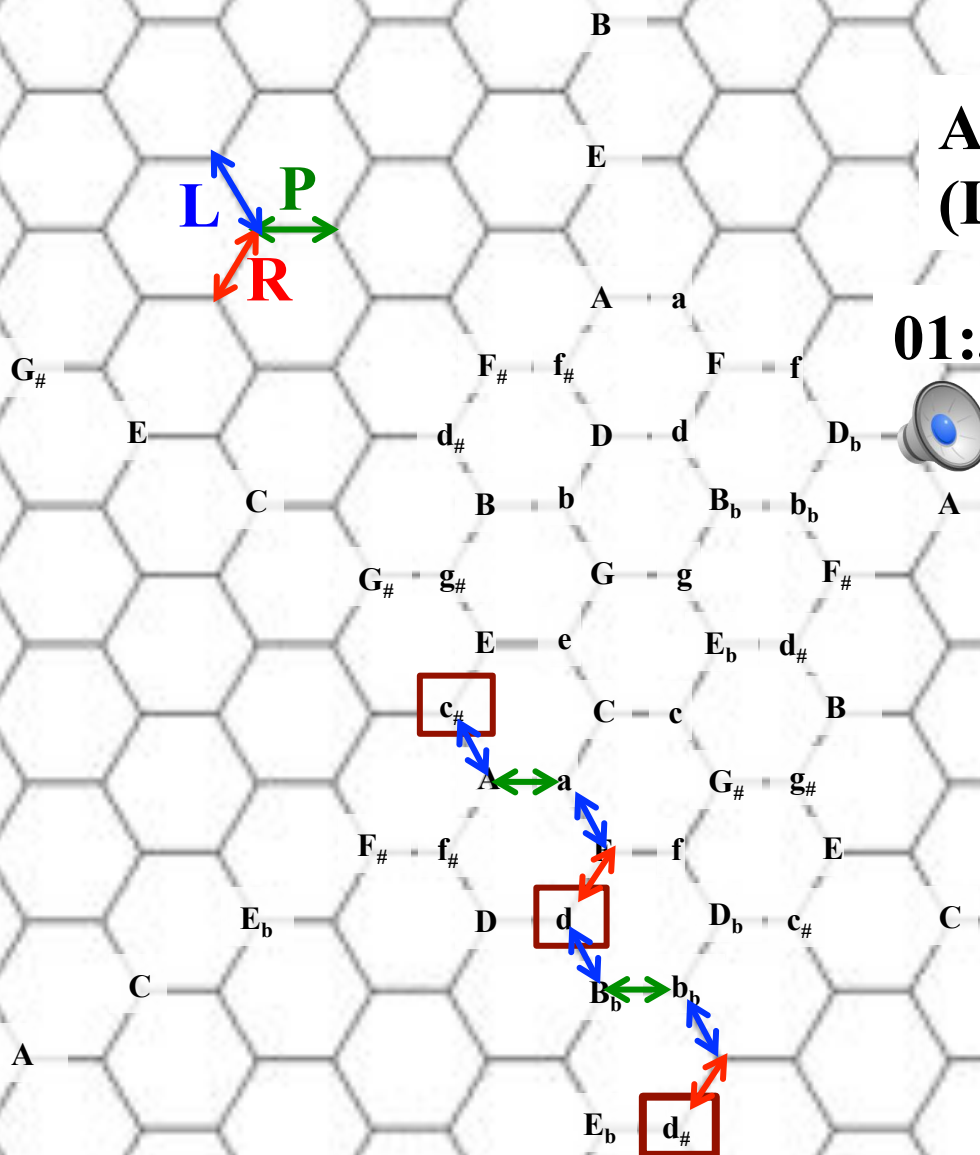
Louis Bigo



Hexachord (Louis Bigo, 2013)

→
Temporal axis

Symétries locales dans la chanson



ANTEFATTO (L. Mello / M. Andreatta)

01:30

non ci saranno stelle già sfinite
a raccontare stanche i nostri inizi
non ci saranno immagini sfuocate
dell'alba fatta dolce degli abbracci

RLPL

non ci saranno frasi come lame
e baci di un raccolto più prezioso
non sagome di vetro a cancellare
la schiuma del tuo volto che compare

RLPL

nel mio respiro fragile d'argilla
non ci sarà la notte a distanziare
la brace dei tuoi angoli di labbra
la luce che nel tuo danzare brilla

La théorie des réseaux chez Henri Pousseur et ses origines ramistes

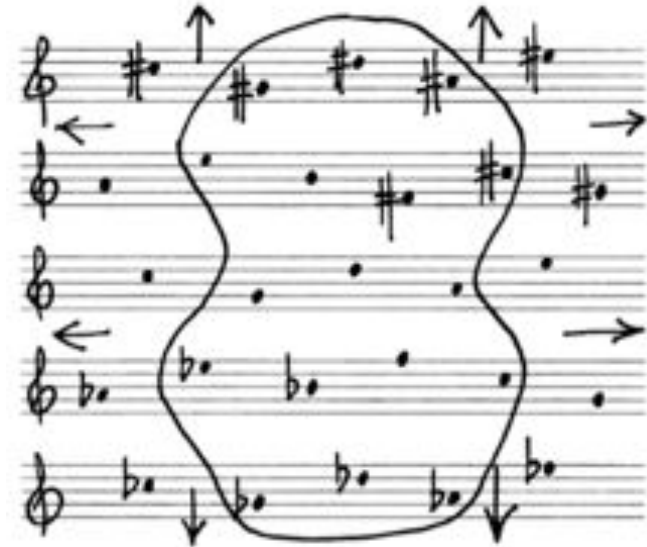
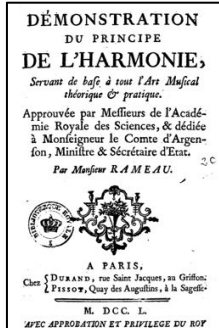
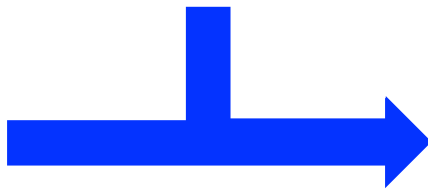
PROGRESSIONS TRIPLES ET QUINTUPLES

si b.....	31	re. <i>re</i>	51	fa. <i>fa</i>	75	la #.....	125
fa.....	3	la.....	15	ut #.....	75		
ut.....	9	mi.....	45	sol #.....	225		
Sol.....	27	si.....	135	re b.....	675		
re.....	81	fa #.....	405	la #.....	2025		
la.....	243	ut #.....	1215				
mi.....	729	Sol #.....	3645				
si.....	2187	re b.....	10935				
fa #.....	6561	la #.....	32805				
ut #.....	19683						
Sol #.....	59049						
re b.....	177147						
la #.....	531441						

Axe des tierces majeures

Axe des quintes

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



« 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

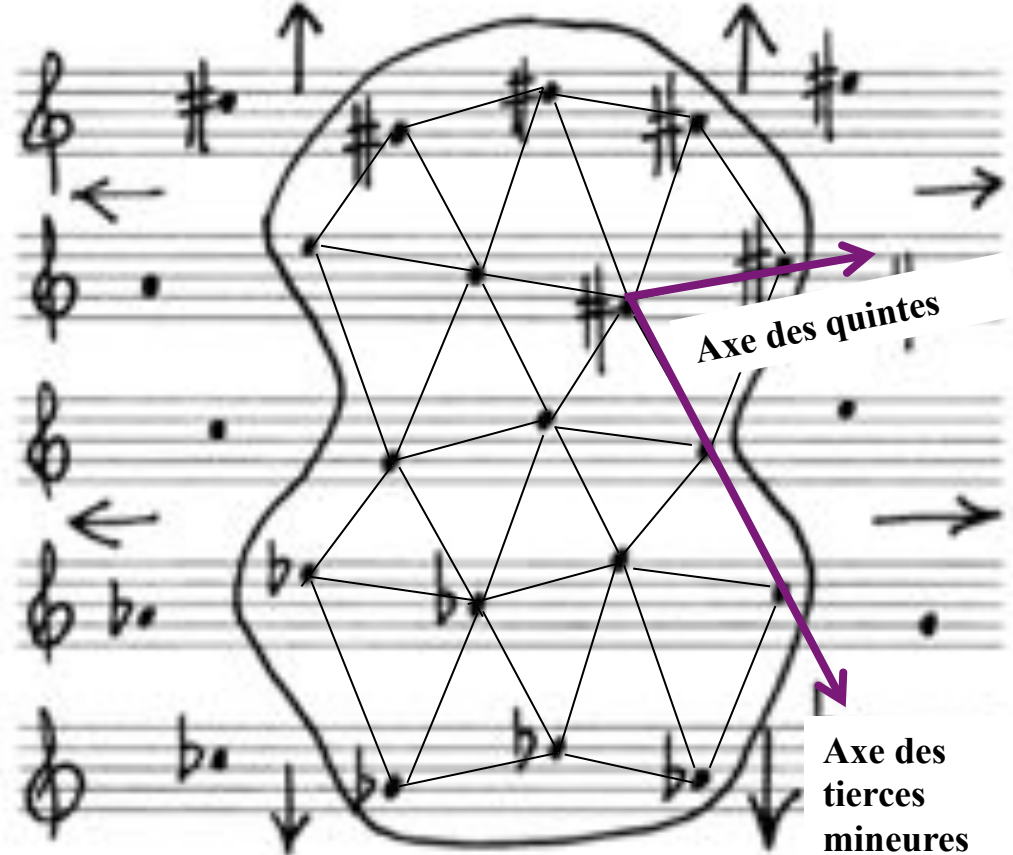
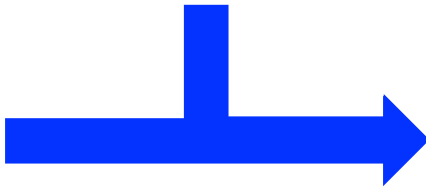
PROGRESSIONS TRIPLES ET QUINTUPLES

Si b.	31	re.	51	fa#	25	la#	125
fa.	3	la.	15	ut#	75		
ut.	9	mi.	45	sol#	225		
Sol.	27	si.	135	re#	675		
re.	81	fa#	405	la#	2025		
la.	243	ut#	1215				
mi.	729	Sol#	3645				
si.	2187	re#	10935				
fa#	6561	la#	32805				
ut#	19683						
Sol#	59049						
re#	177147						
la#	531441						

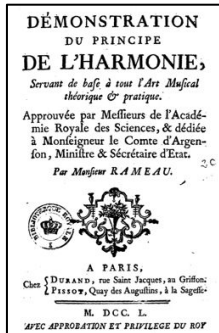
Axe des tierces majeures

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

Axe des quintes



Axe des tierces mineures



- « 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

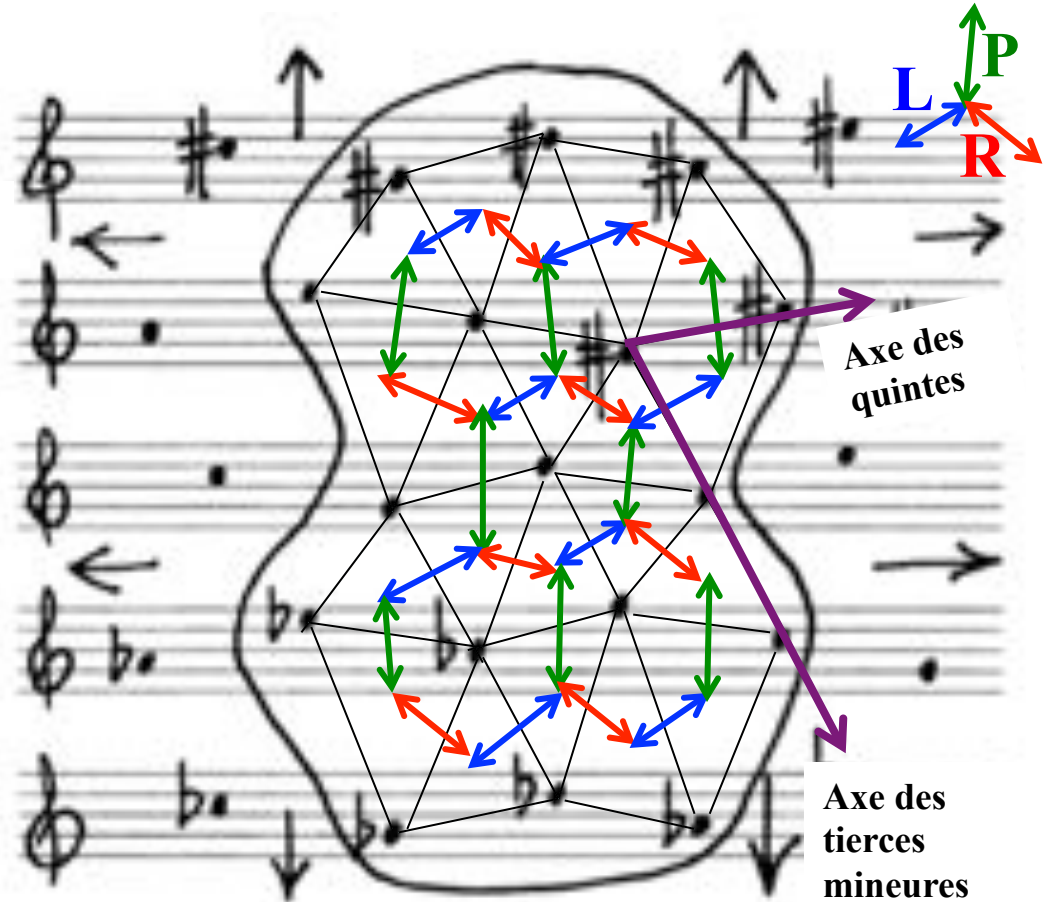
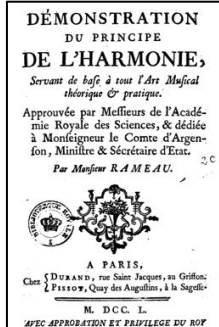
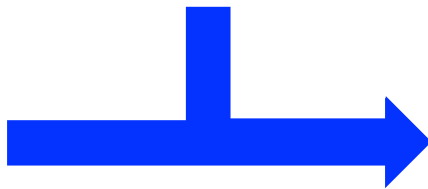
PROGRESSIONS TRIPLES ET QUINTUPLES

ré ♭	3	la	15	ut ♯	75
fa	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



Axe des quintes

Axe des tierces mineures

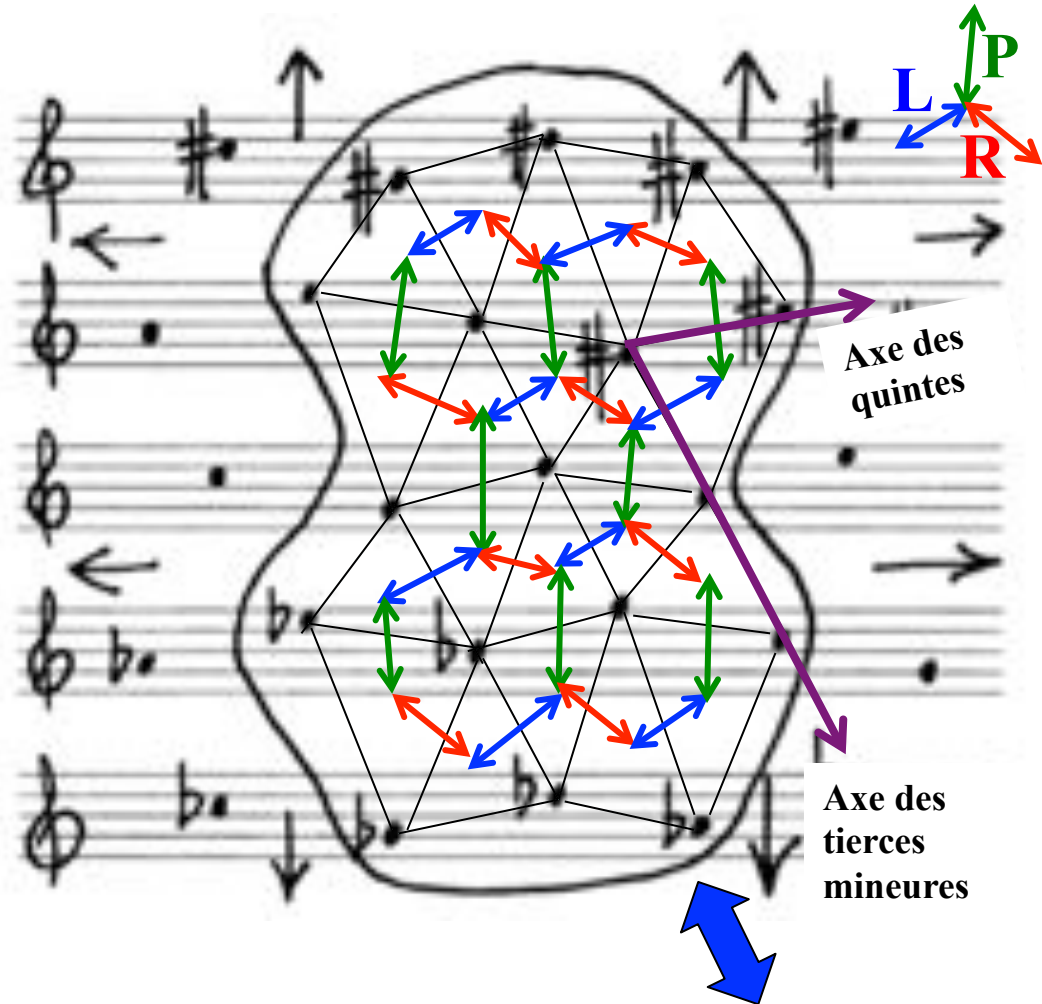
- « L'apothéose de Rameau. Essai sur la question harmonique, *Musiques Nouvelles. Revue d'esthétique*, 21, 105-172, 1968
- « Applications Analytiques de la 'technique des réseaux' », *Revue belge de Musicologie*, Vol. 52, pp. 247-298, 1998

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

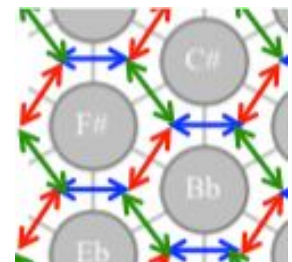
La théorie des réseaux et son héritage computationnel

« 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.

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

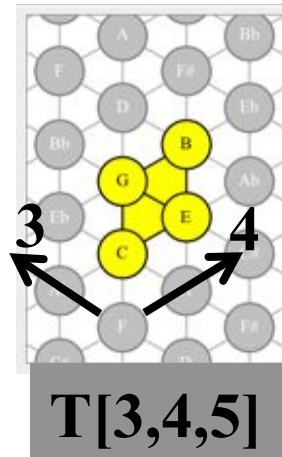
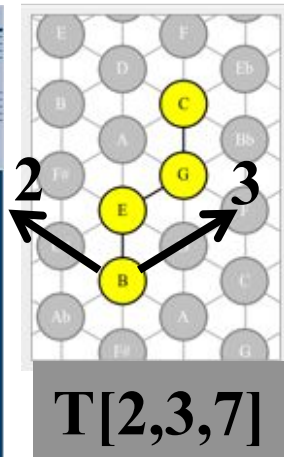
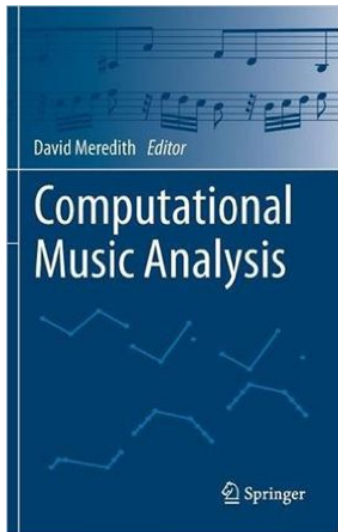


Le caractère spatial de la « logique musicale »

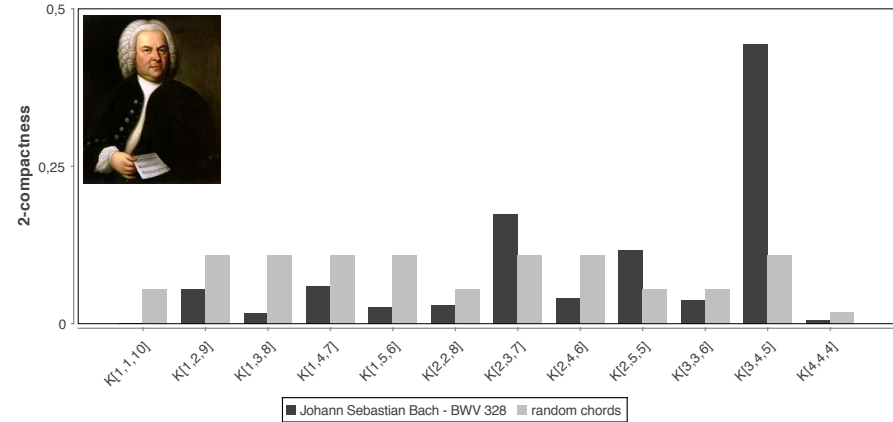
Bigo L., M. Andreatta, « Musical analysis with simplicial chord spaces », in D. Meredith (ed.), *Computational Music Analysis*, Springer, 2015



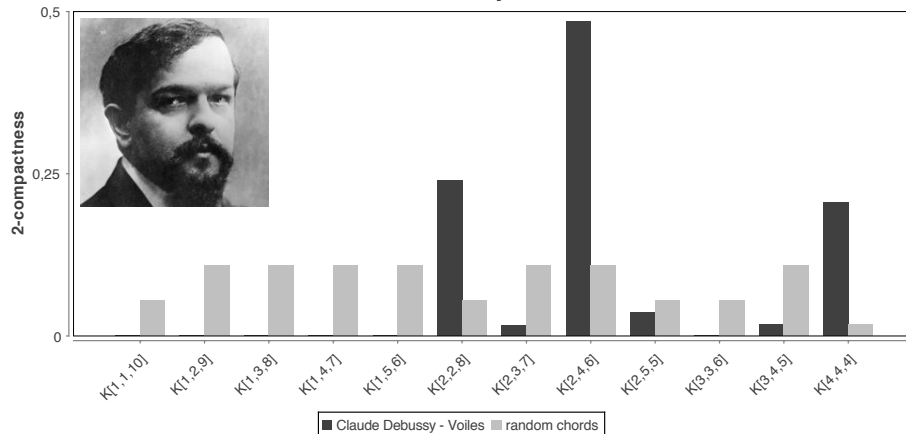
Louis Bigo



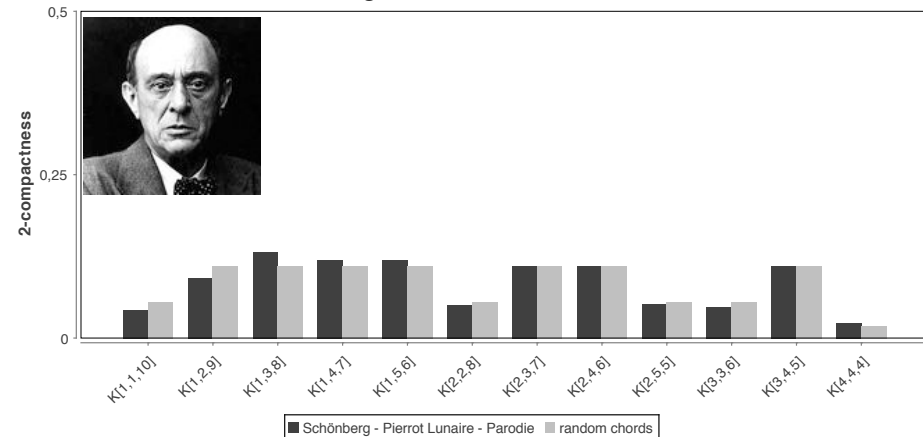
Johann Sebastian Bach - BWV 328



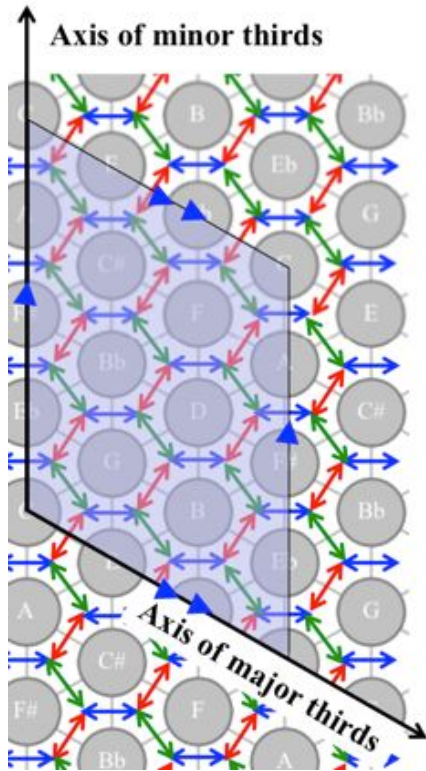
Claude Debussy - Voiles



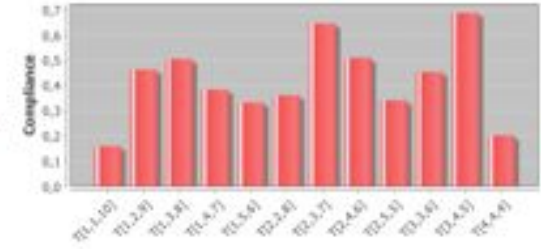
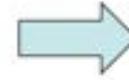
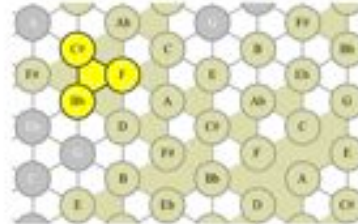
Schönberg - Pierrot Lunaire - Parodie



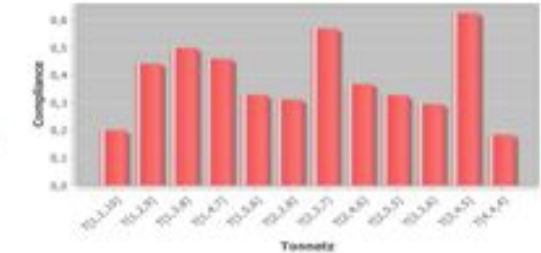
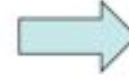
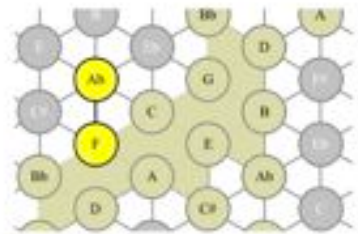
L'espace comme paramètre de style



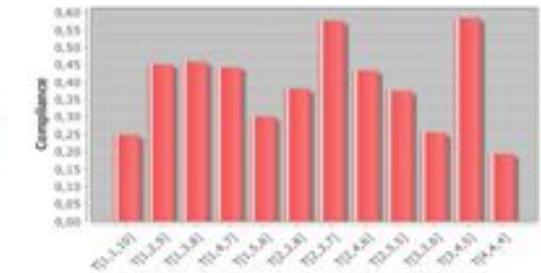
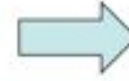
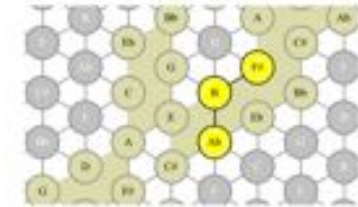
Thelonious Monk, *Brilliant Corners*



Chick Corea, *Eternal Child*



Bill Evans, *Turn Out the Stars*

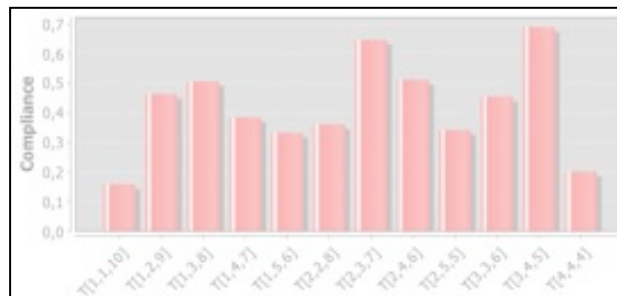
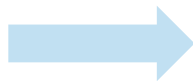


➔ Vers une classification automatique géométrique des genres musicaux?

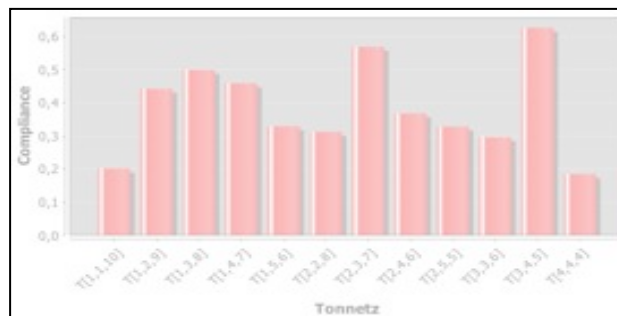
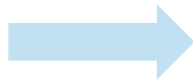
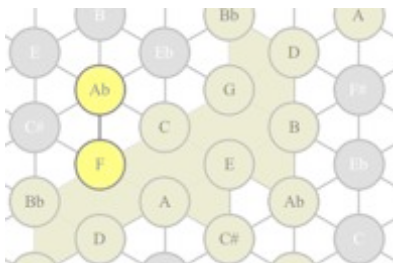
L'espace géométrique comme paramètre de style



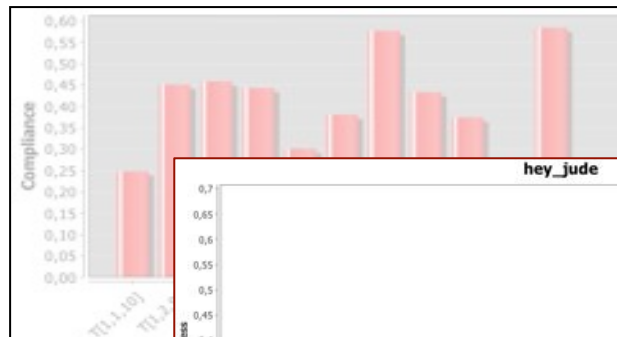
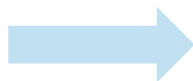
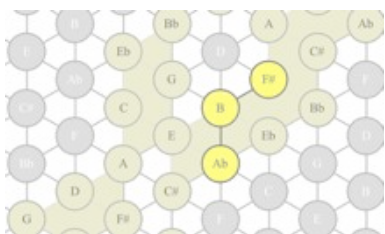
Thelonious Monk,
Brilliant Corners



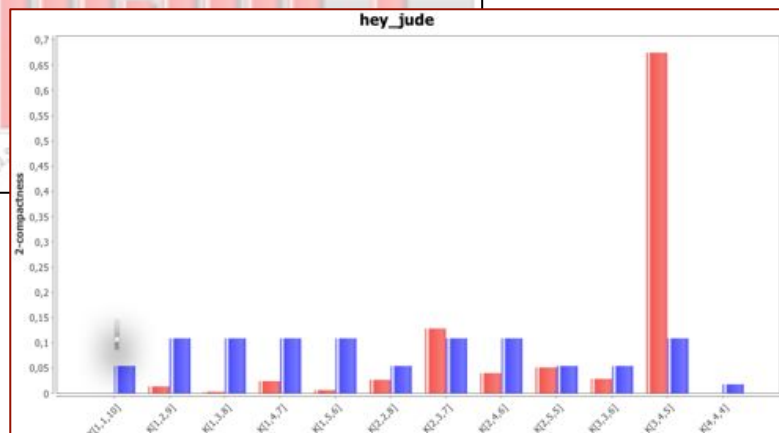
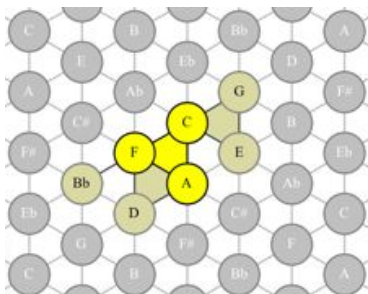
Chick Corea,
Eternal Child



Bill Evans,
Turn Out the Stars



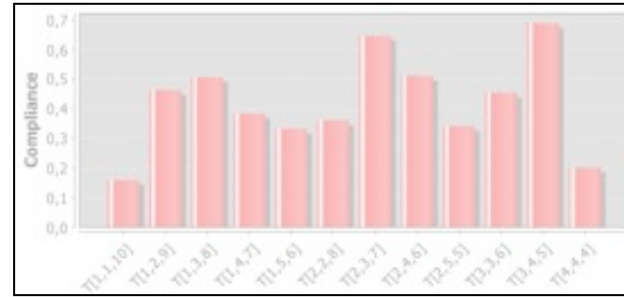
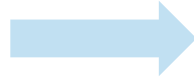
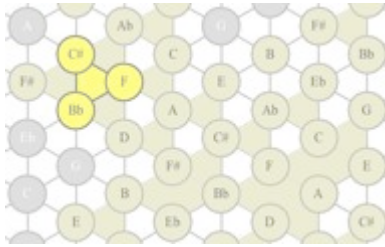
The Beatles,
Hey Jude



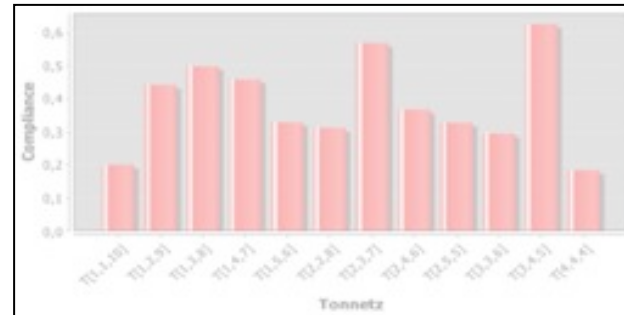
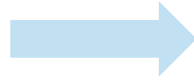
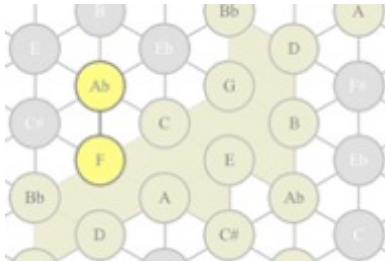
L'espace géométrique comme paramètre de style



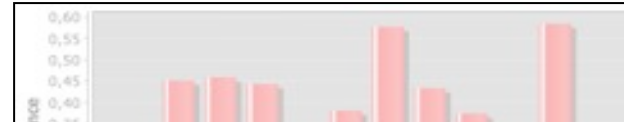
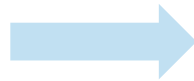
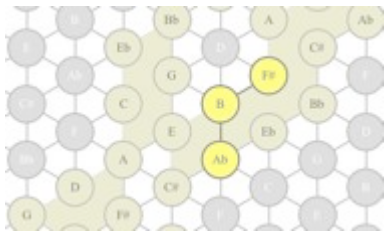
Thelonious Monk,
Brilliant Corners



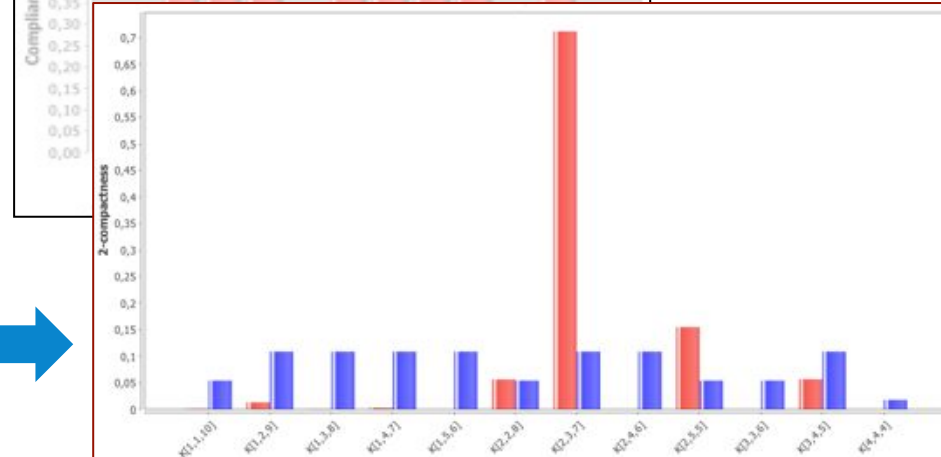
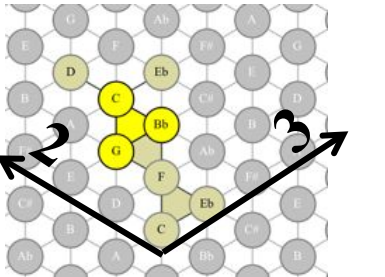
Chick Corea,
Eternal Child



Bill Evans,
Turn Out the Stars



'The Beatles',
Hey Jude



Le style...c'est l'espace !

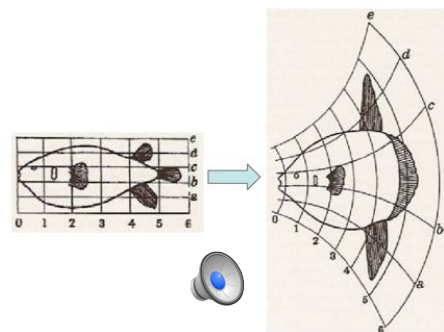
T[3,4,7]

T[2,3,7]

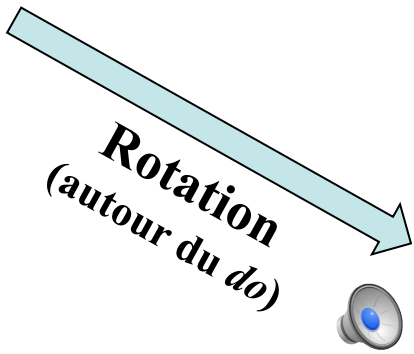
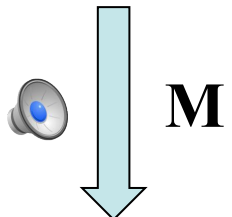


Transformations stylistiques sur les Beatles

T[3,4,7]



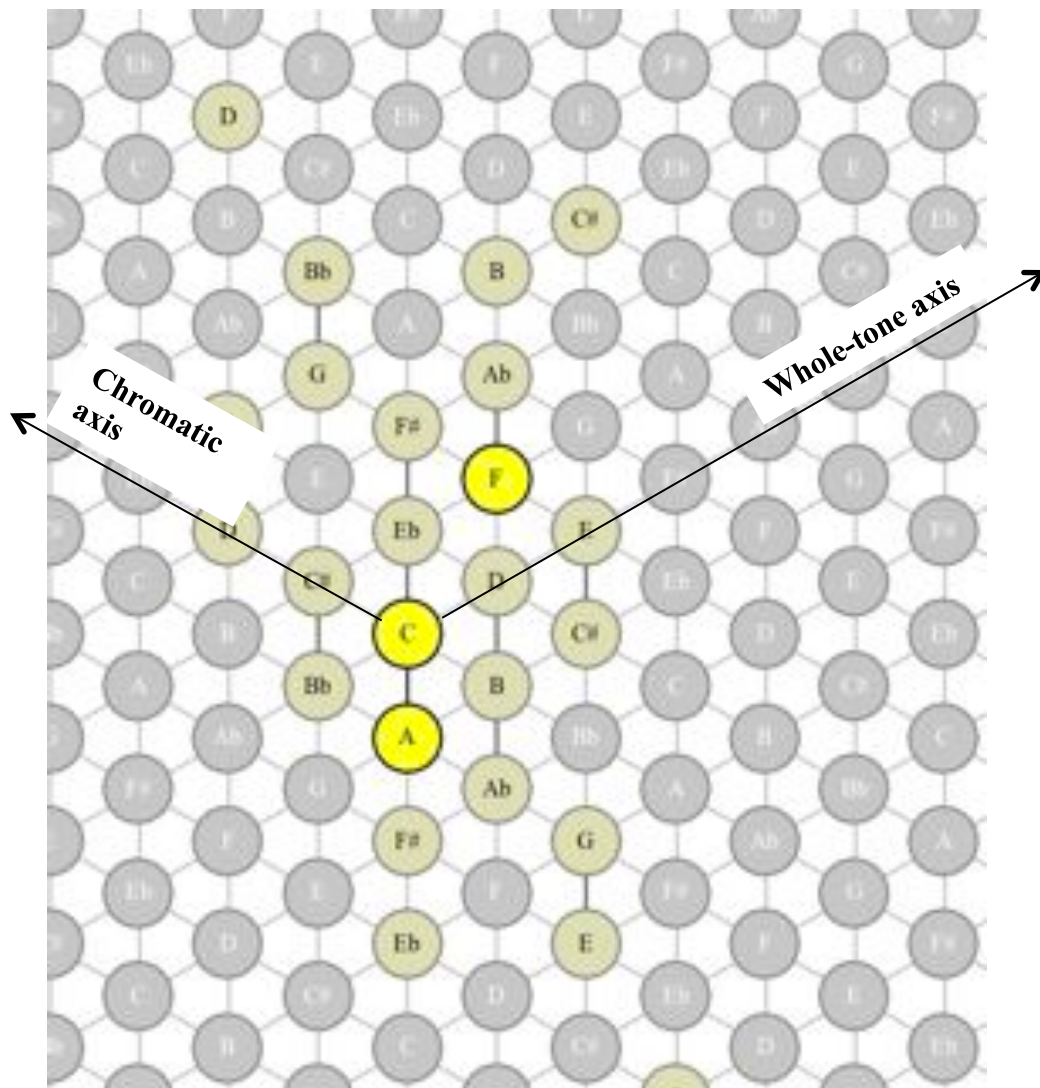
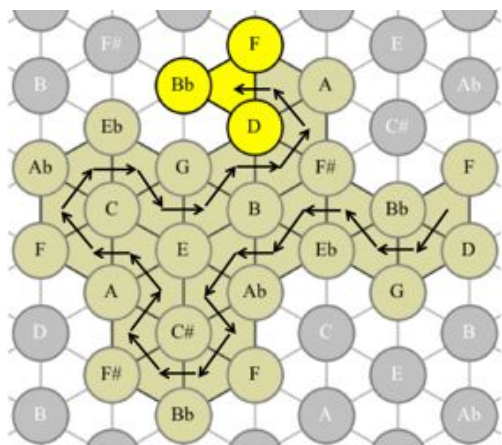
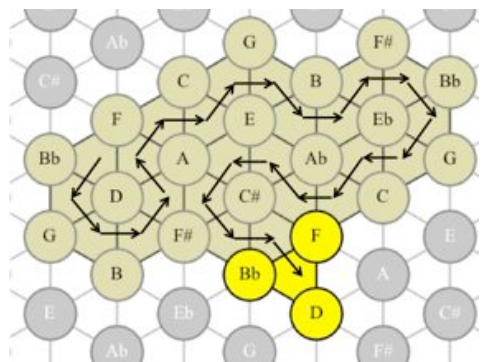
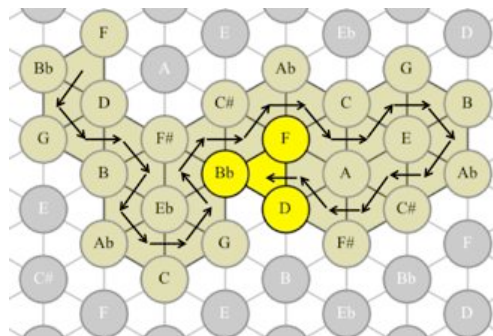
T[2,3,7]



T[3,4,7]

T[3,4,7]

Different embeddings of Hamiltonian cycles





MERCI DE VOTRE ATTENTION !

Moreno Andreatta

Equipe Représentations Musicales

IRCAM/CNRS UMR 9912