

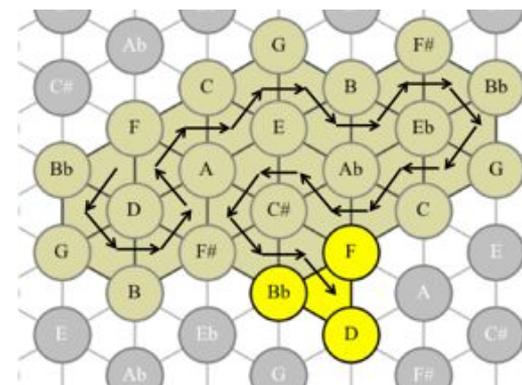
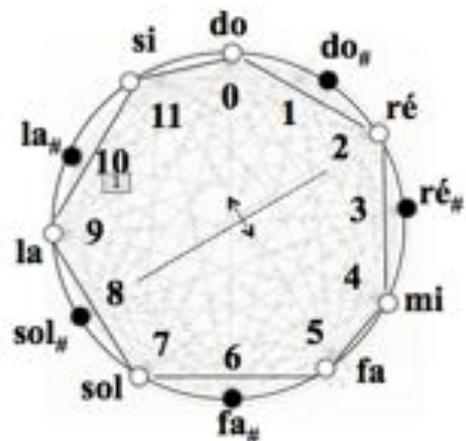
Une introduction aux représentations géométriques en musique

Université de Strasbourg

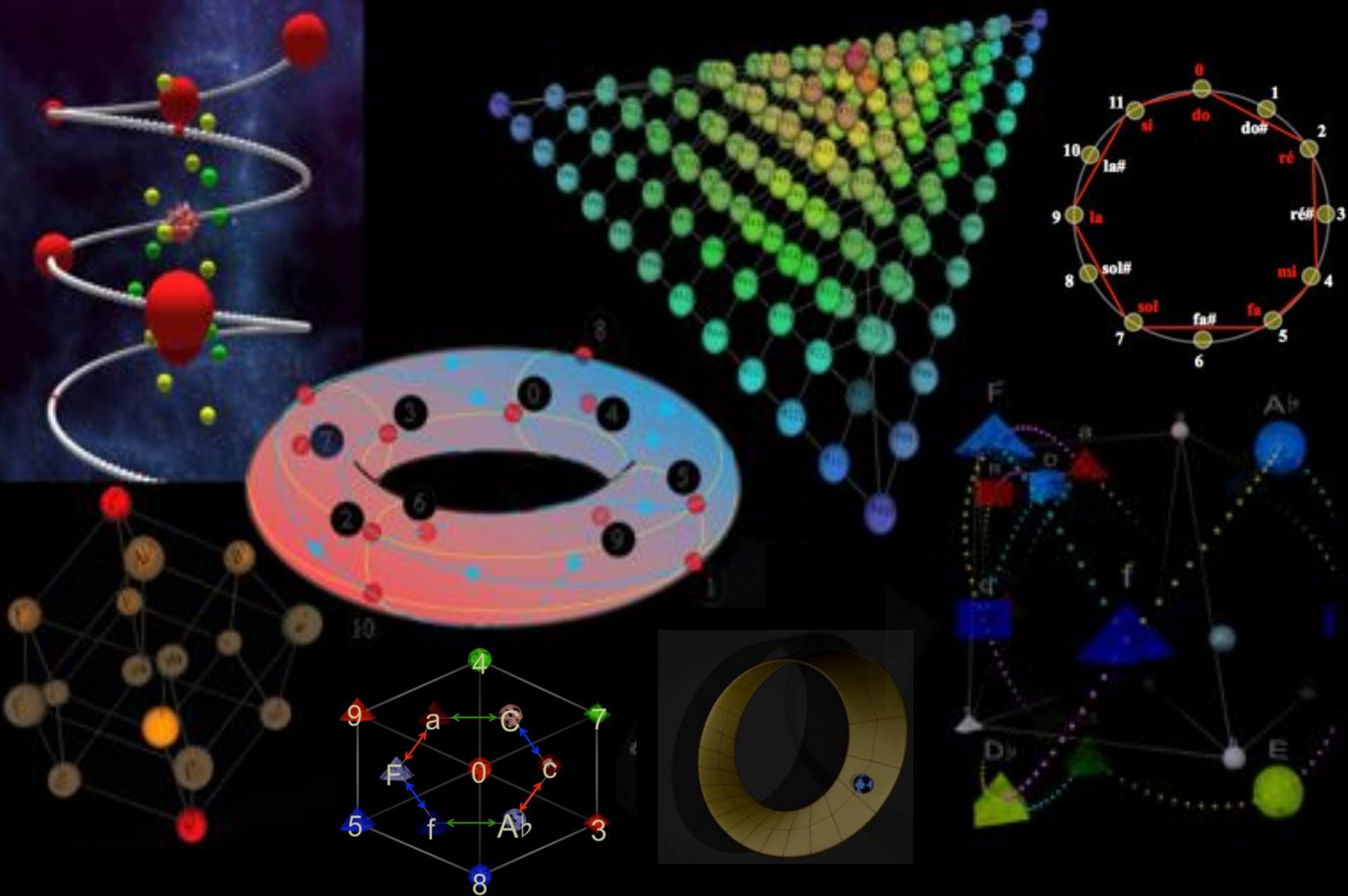
29 Septembre 2016
14h00-15h30

Moreno Andreatta

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



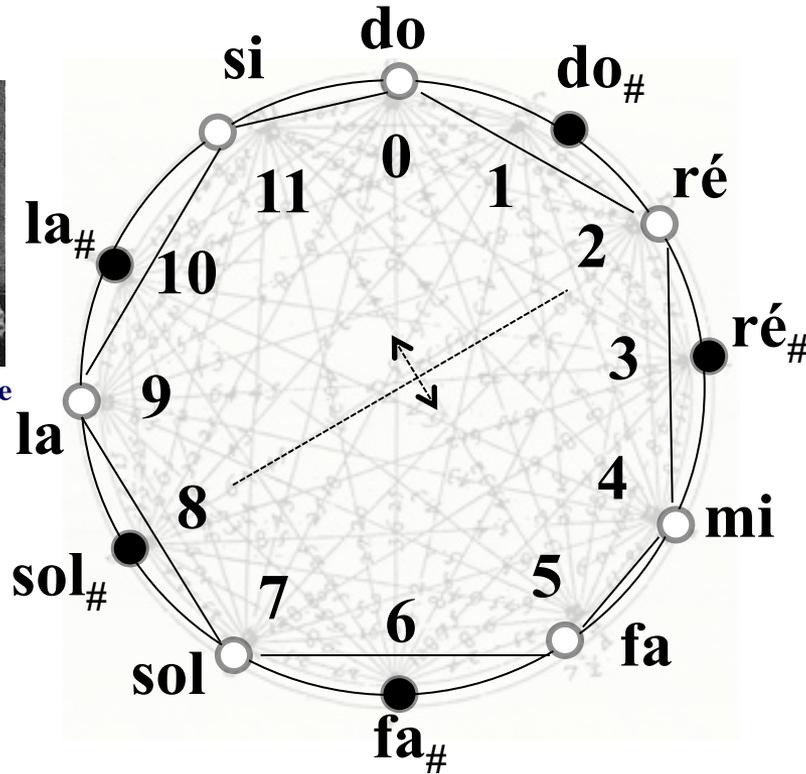
La galaxie des modèles géométriques au service de la musique



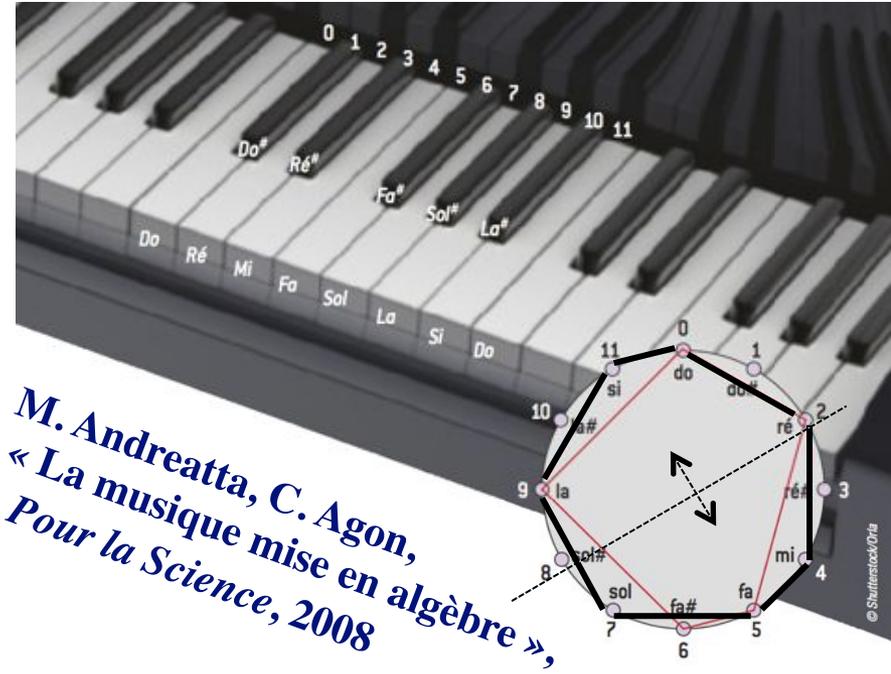
La représentation circulaire des notes de musique



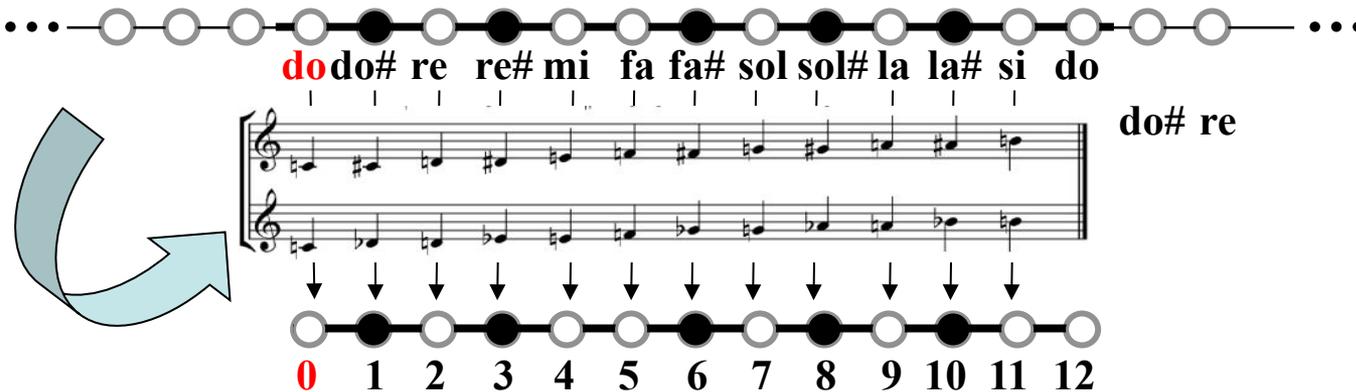
Marin Mersenne



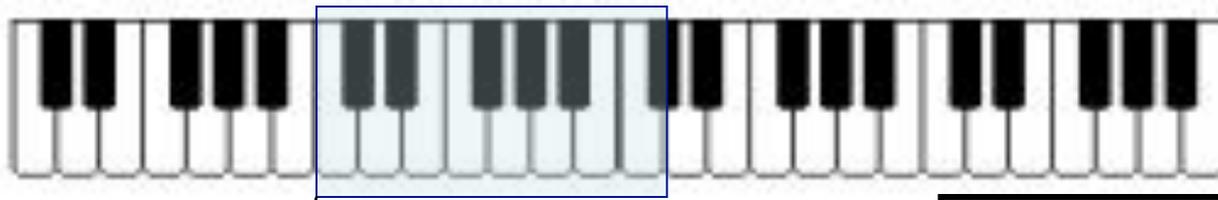
Harmonicorum Libri XII, 1648



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



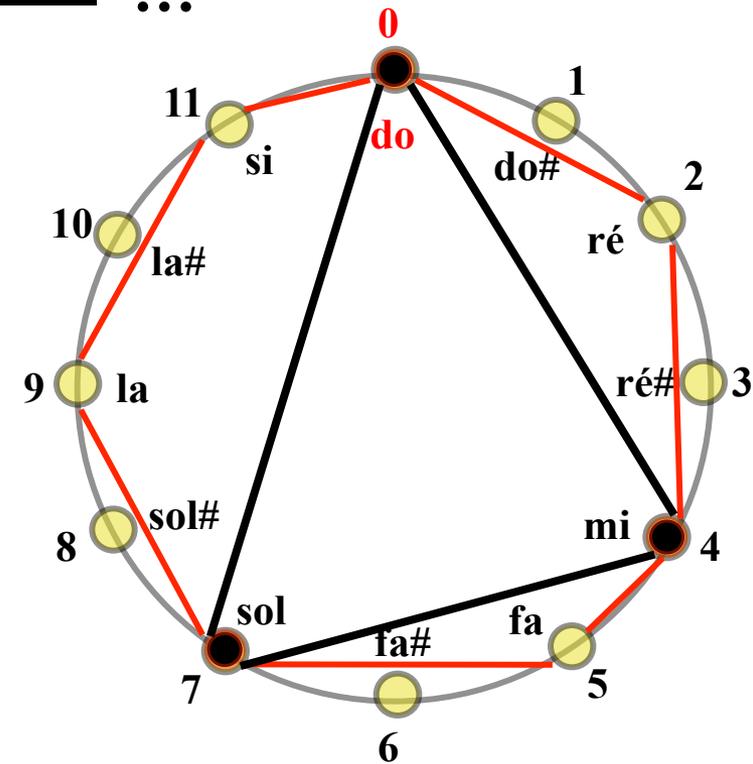
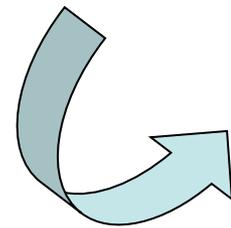
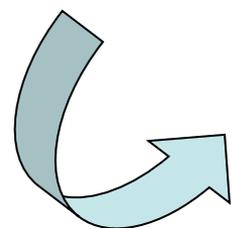
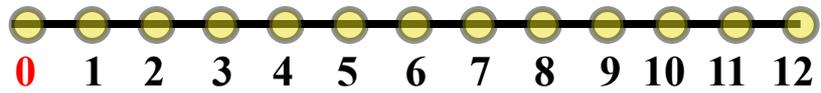
Les transpositions sont des additions...



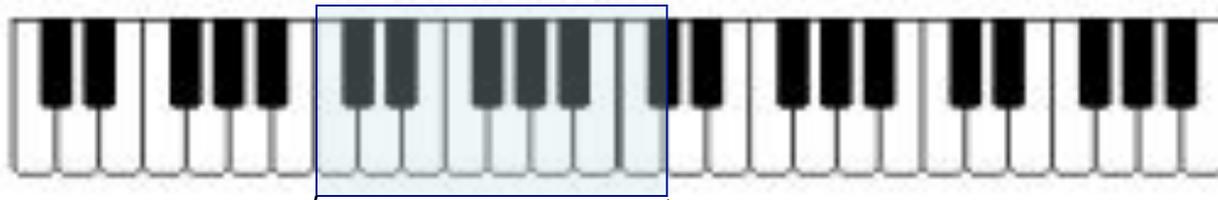
$$\text{Do maj} = \{0, 2, 4, 5, 7, 9, 11\} + 1$$



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



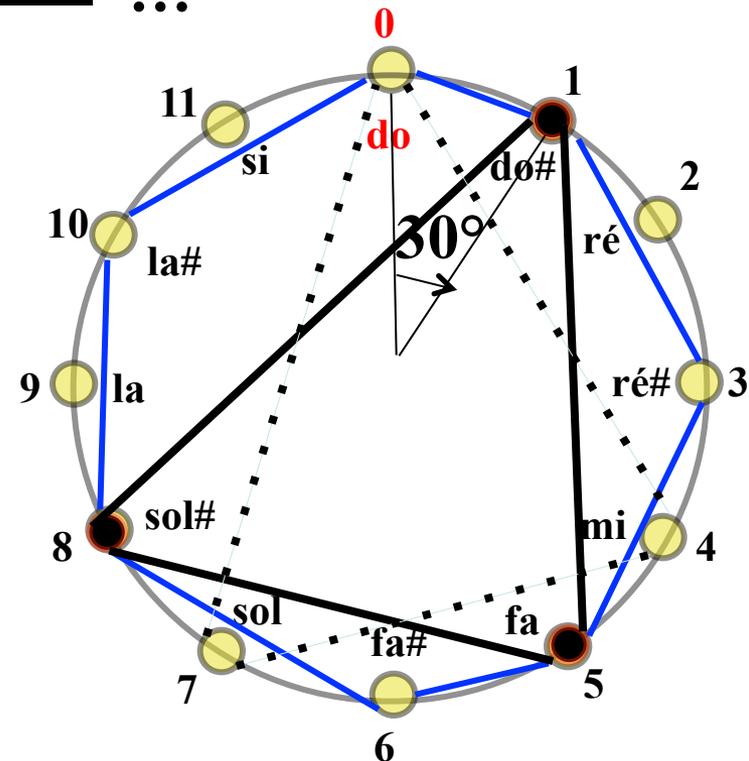
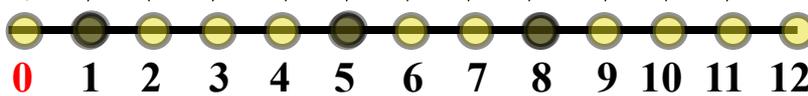
Les transpositions sont des additions...



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

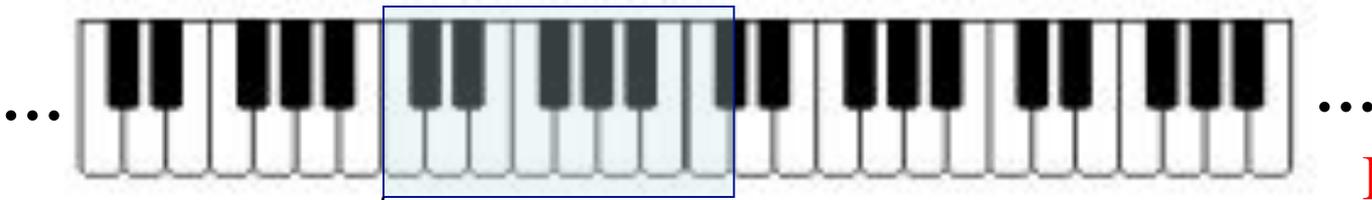


do do# ré ré# mi fa fa# sol sol# la la# si do



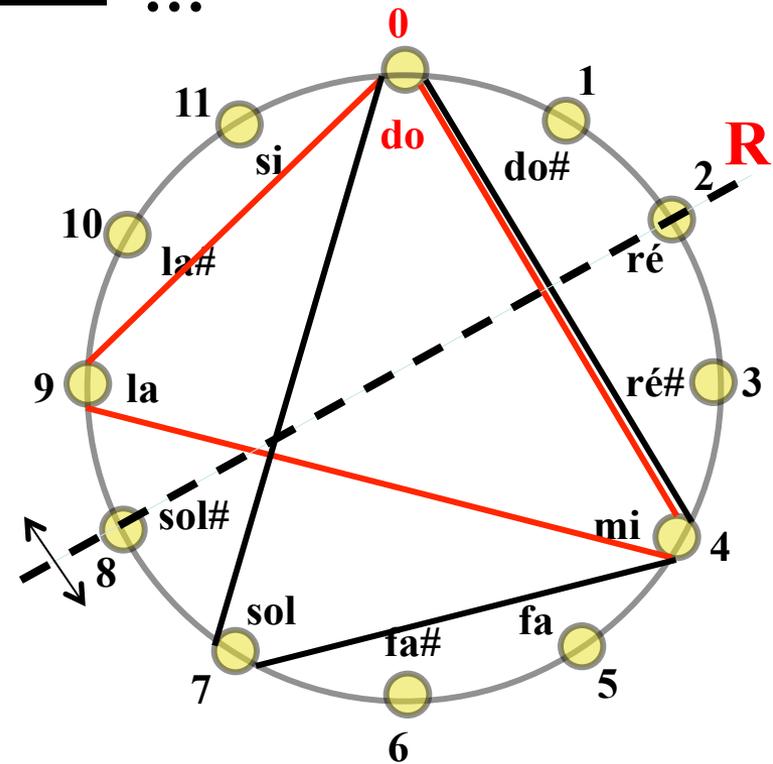
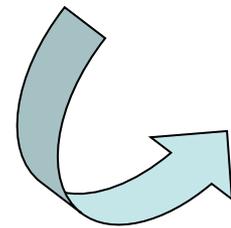
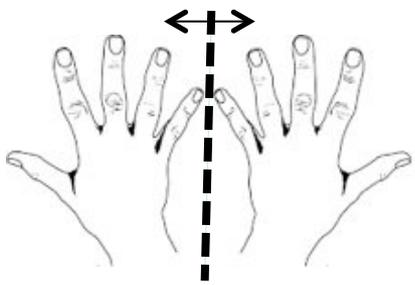
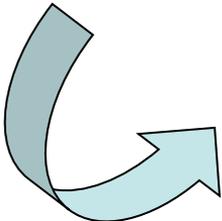
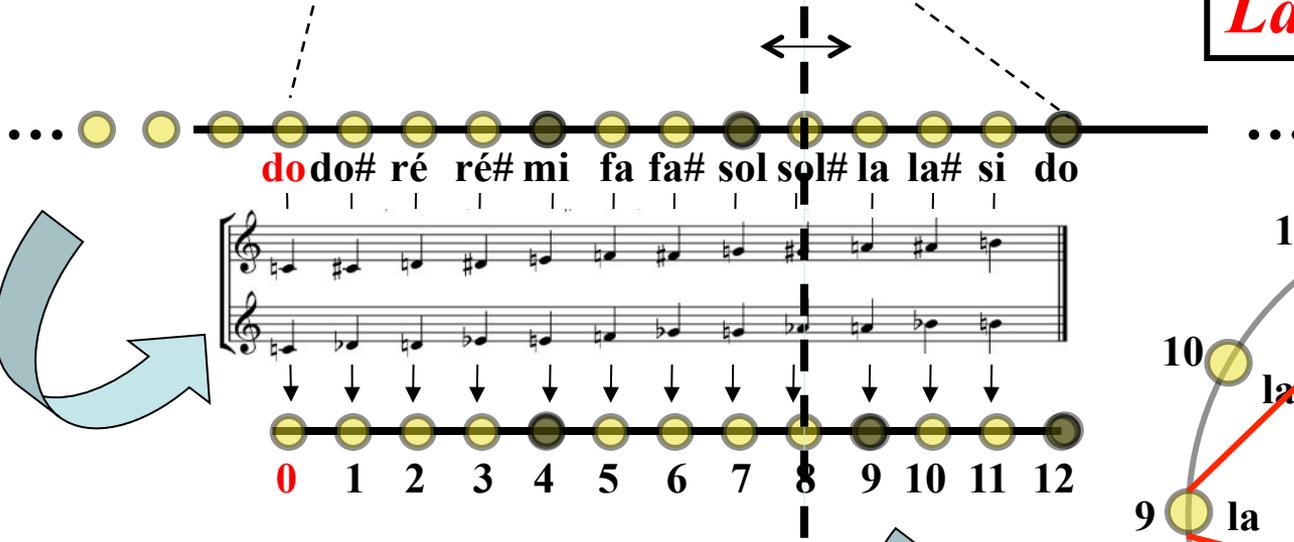
... ou des rotations !

Les inversions sont des symétries axiales

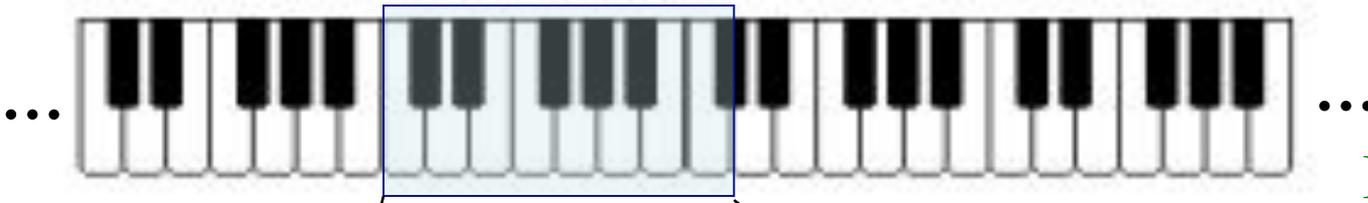


R comme **relatif**

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



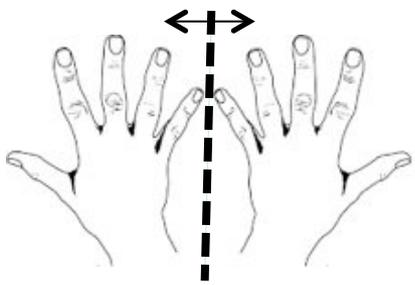
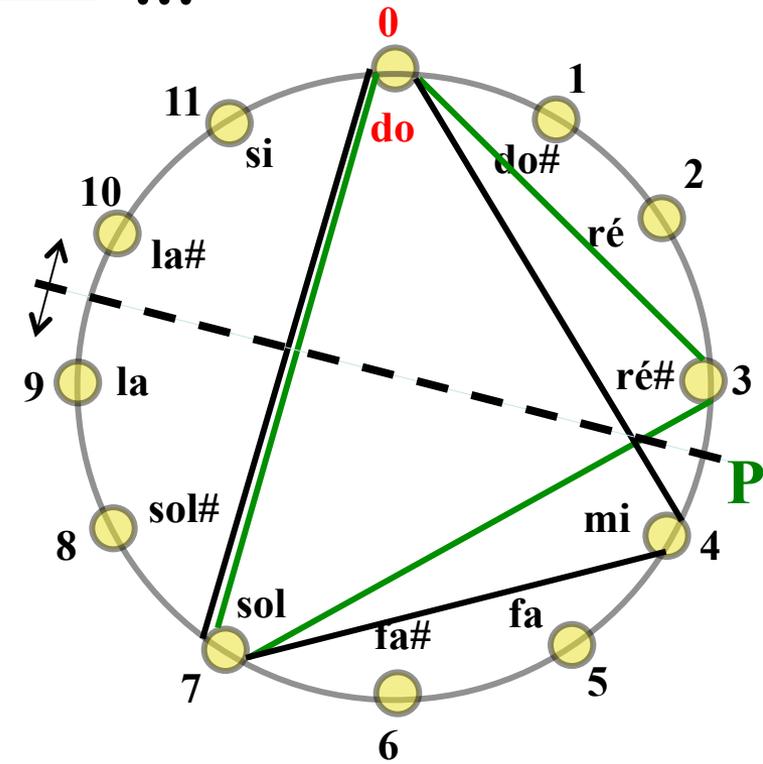
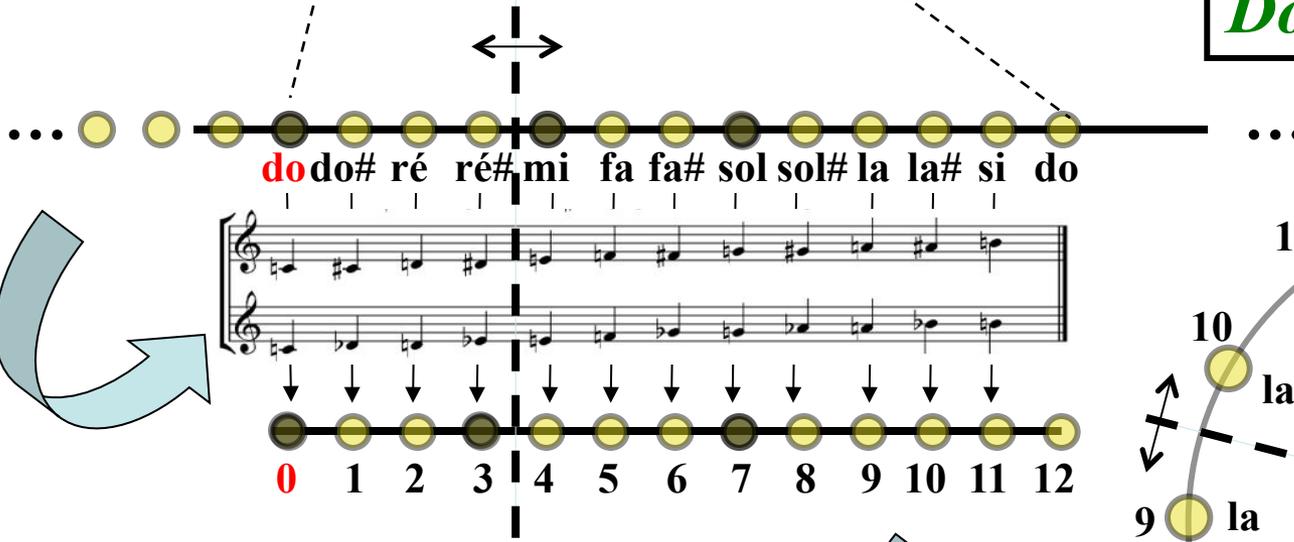
Les inversions sont des symétries axiales



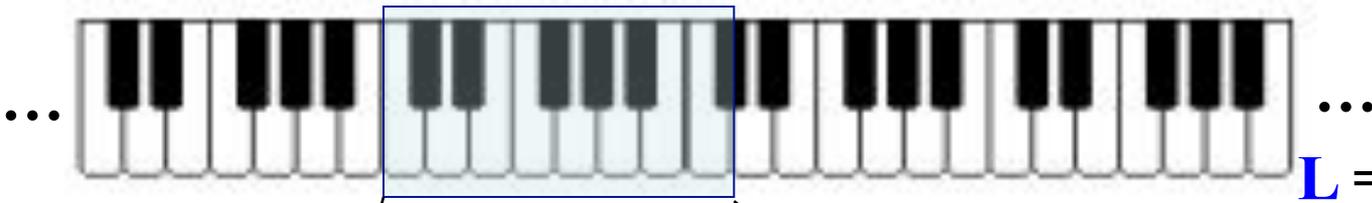
P comme **parallèle**

Do maj = {0,4,7}

Do min = {0,3,7}

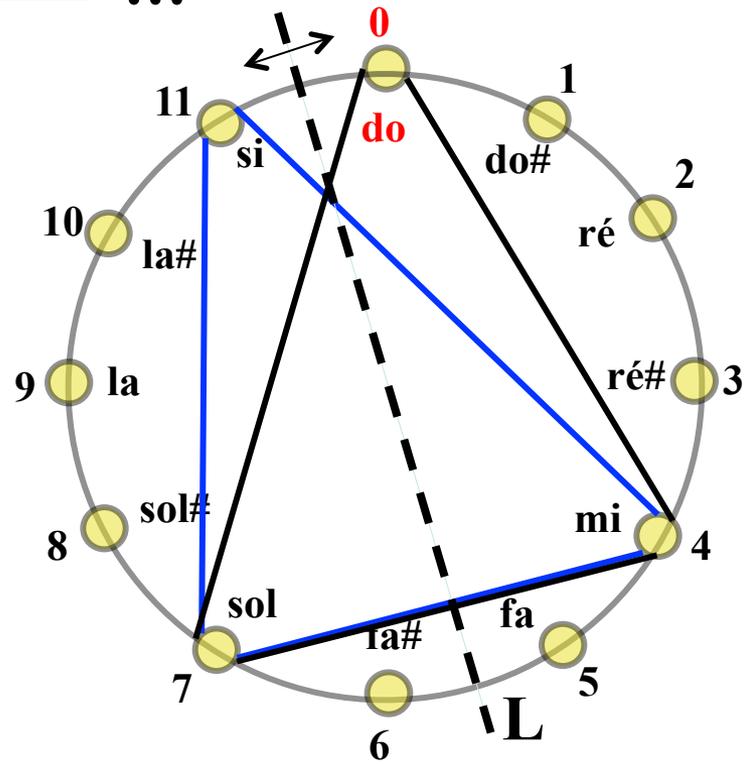
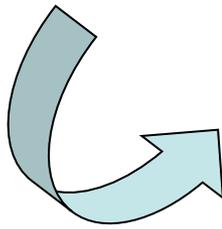
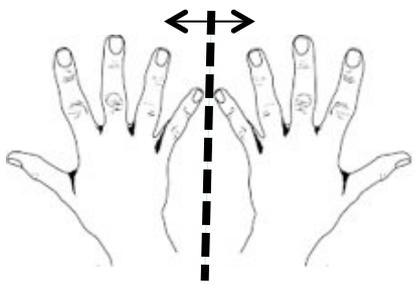
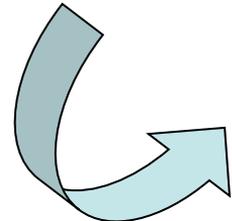
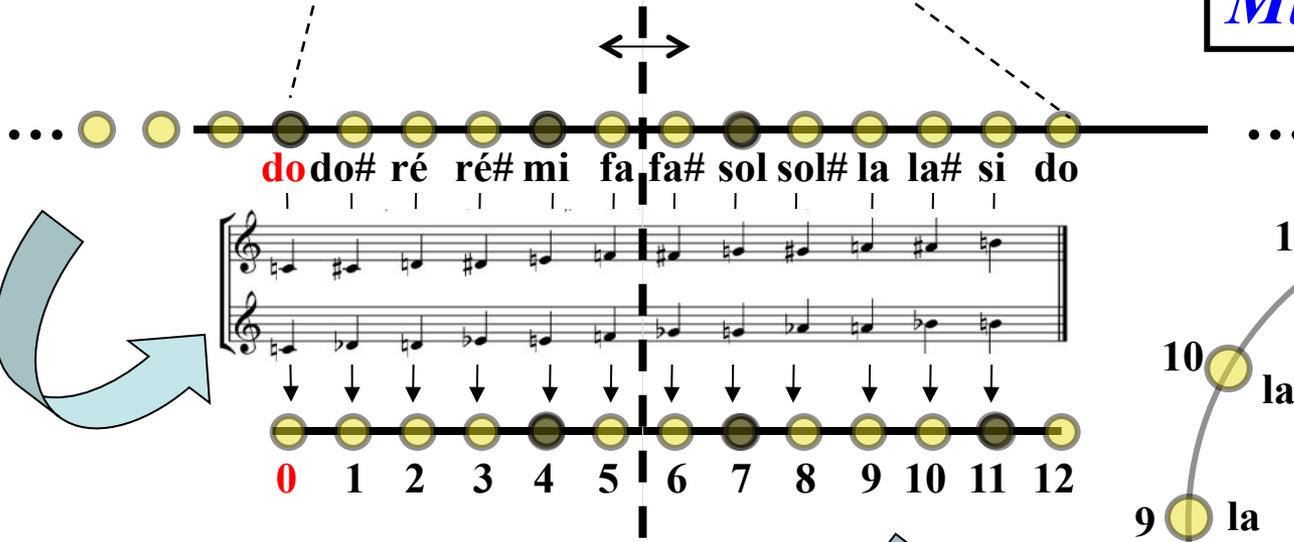


Les inversions sont des symétries axiales

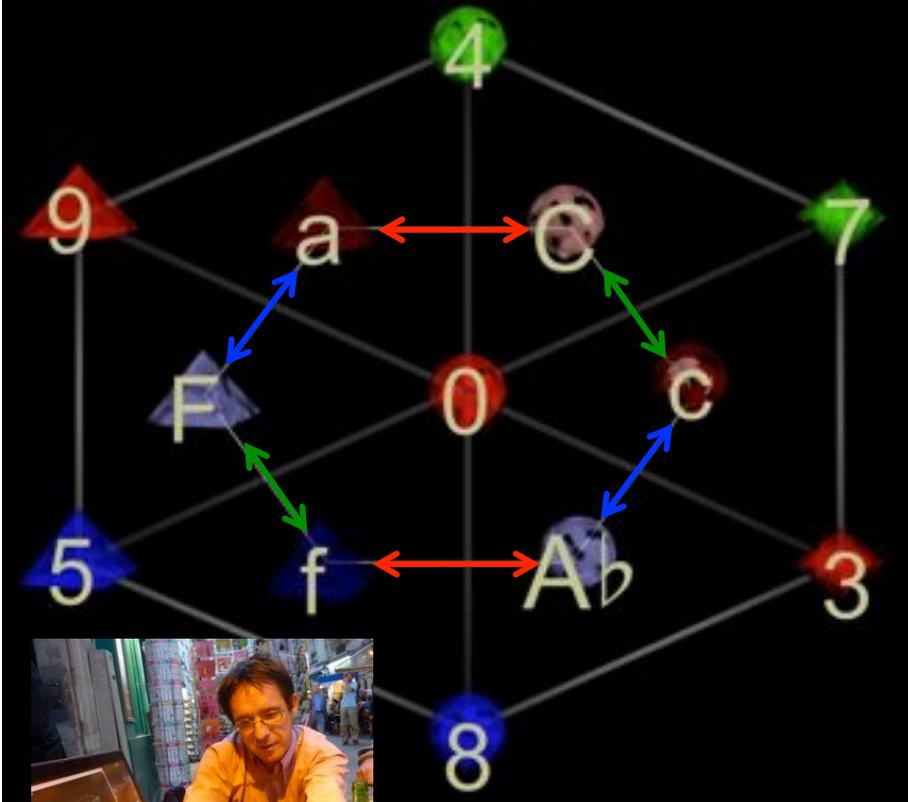


L = Leading Tone

Do maj = {0,4,7}
Mi min = {4,7,11}

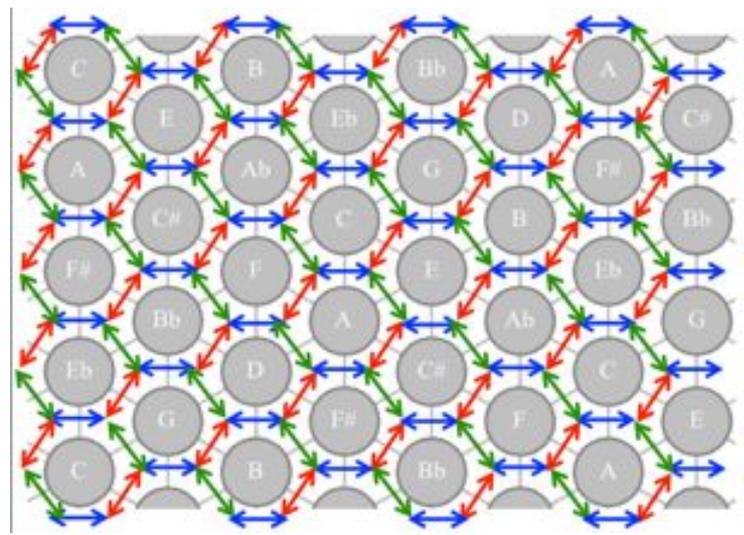
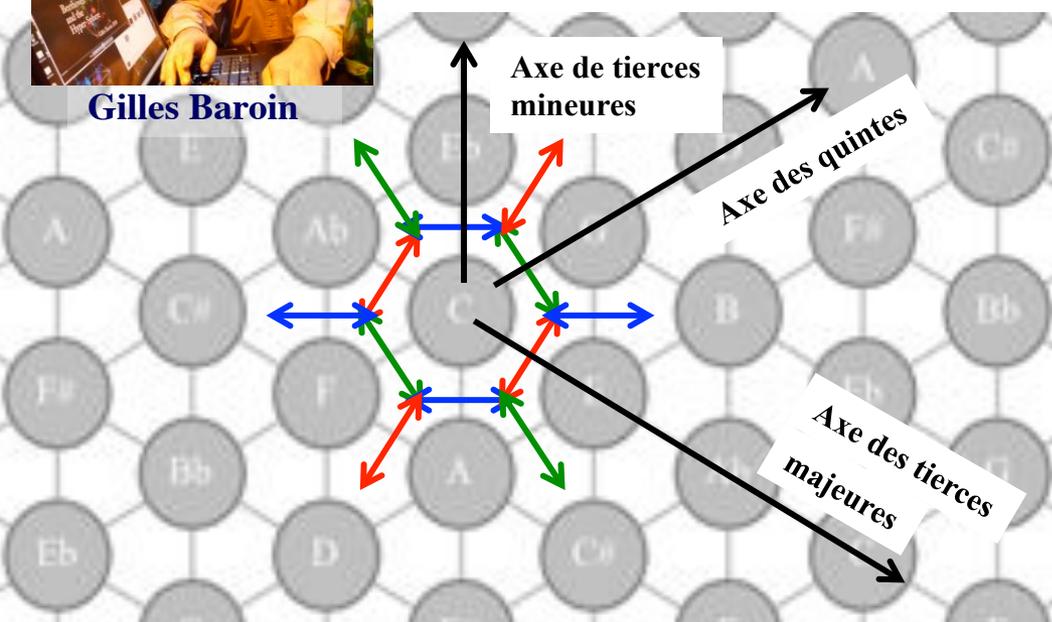


Le Tonnetz (ou nid musical d'abeilles)

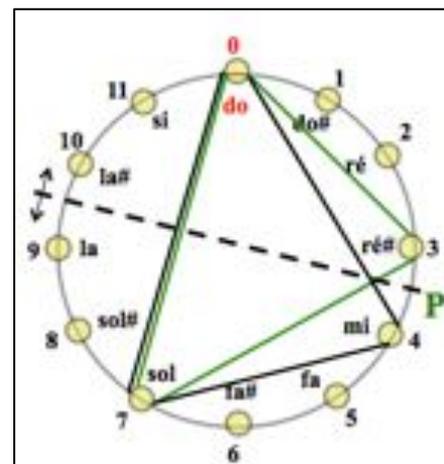
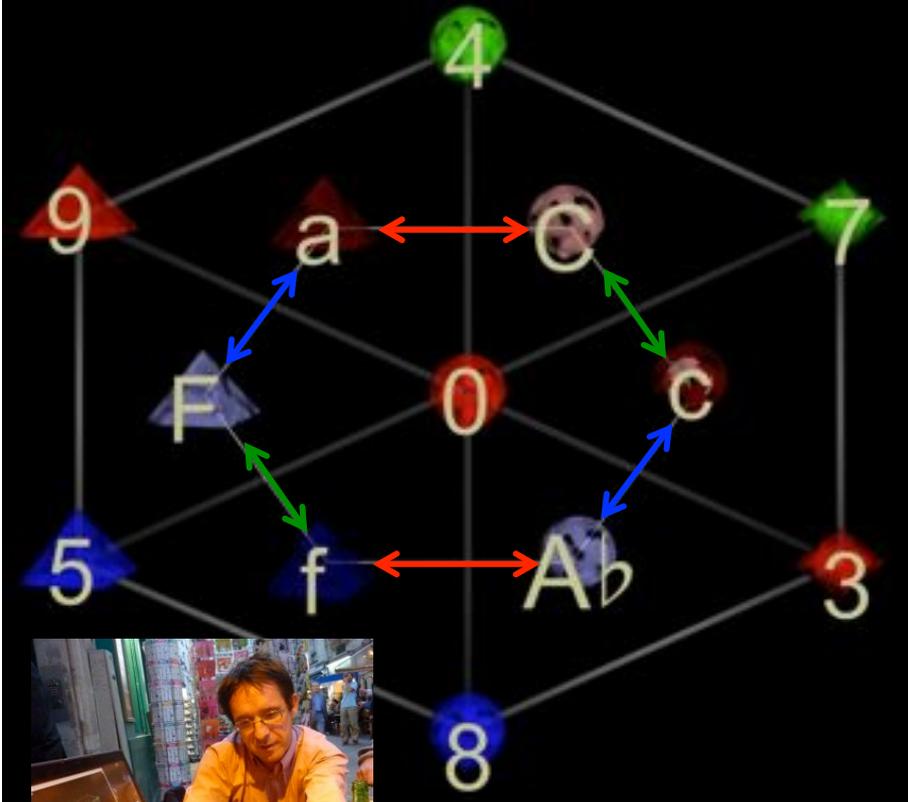


Gilles Baroin

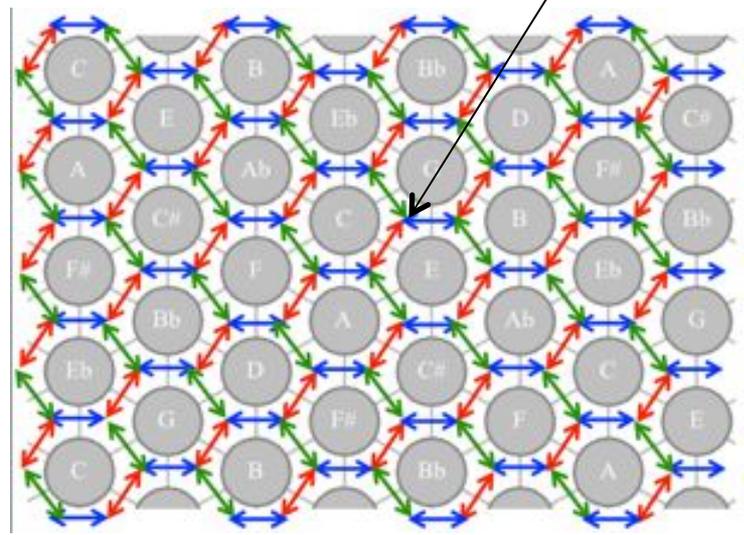
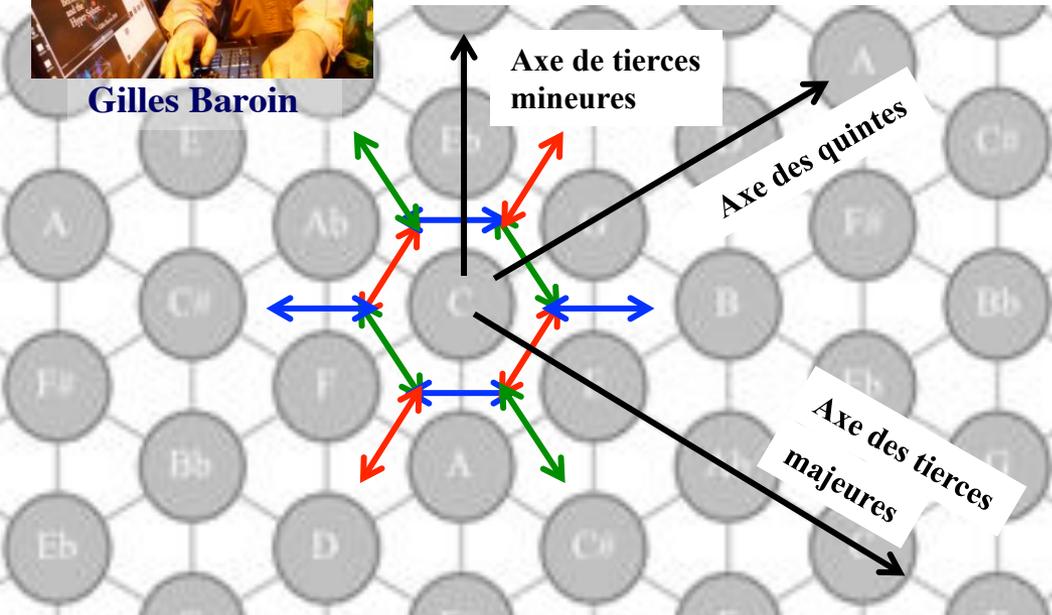
Speculum Musicum (Euler, 1773)



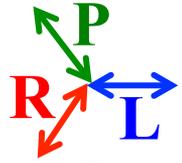
Le Tonnetz (ou nid musical d'abeilles)



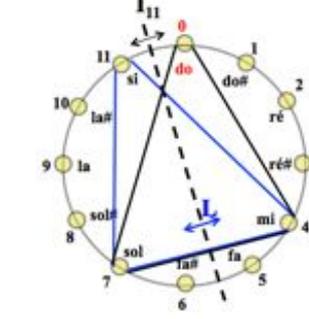
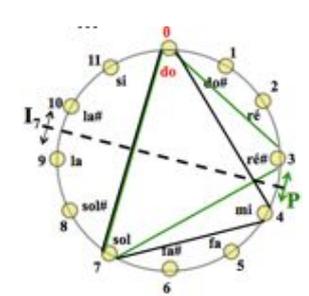
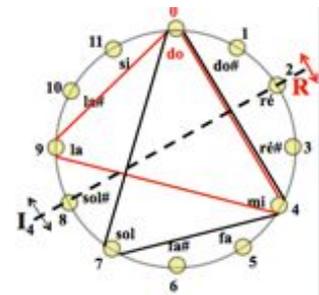
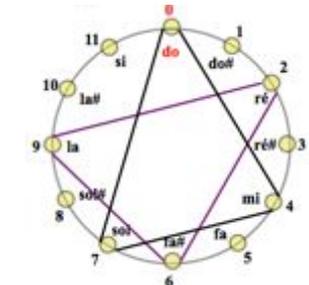
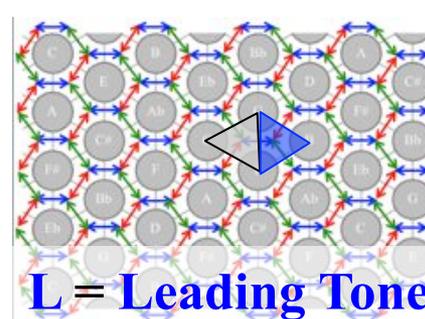
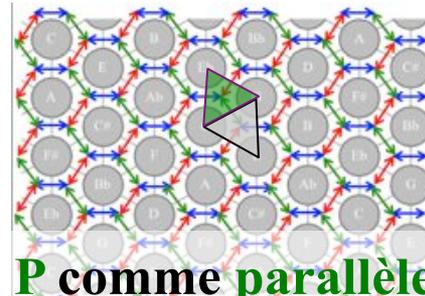
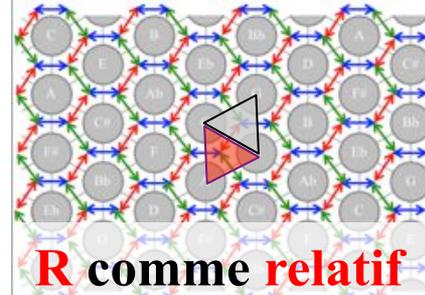
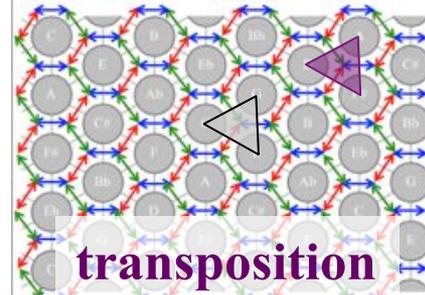
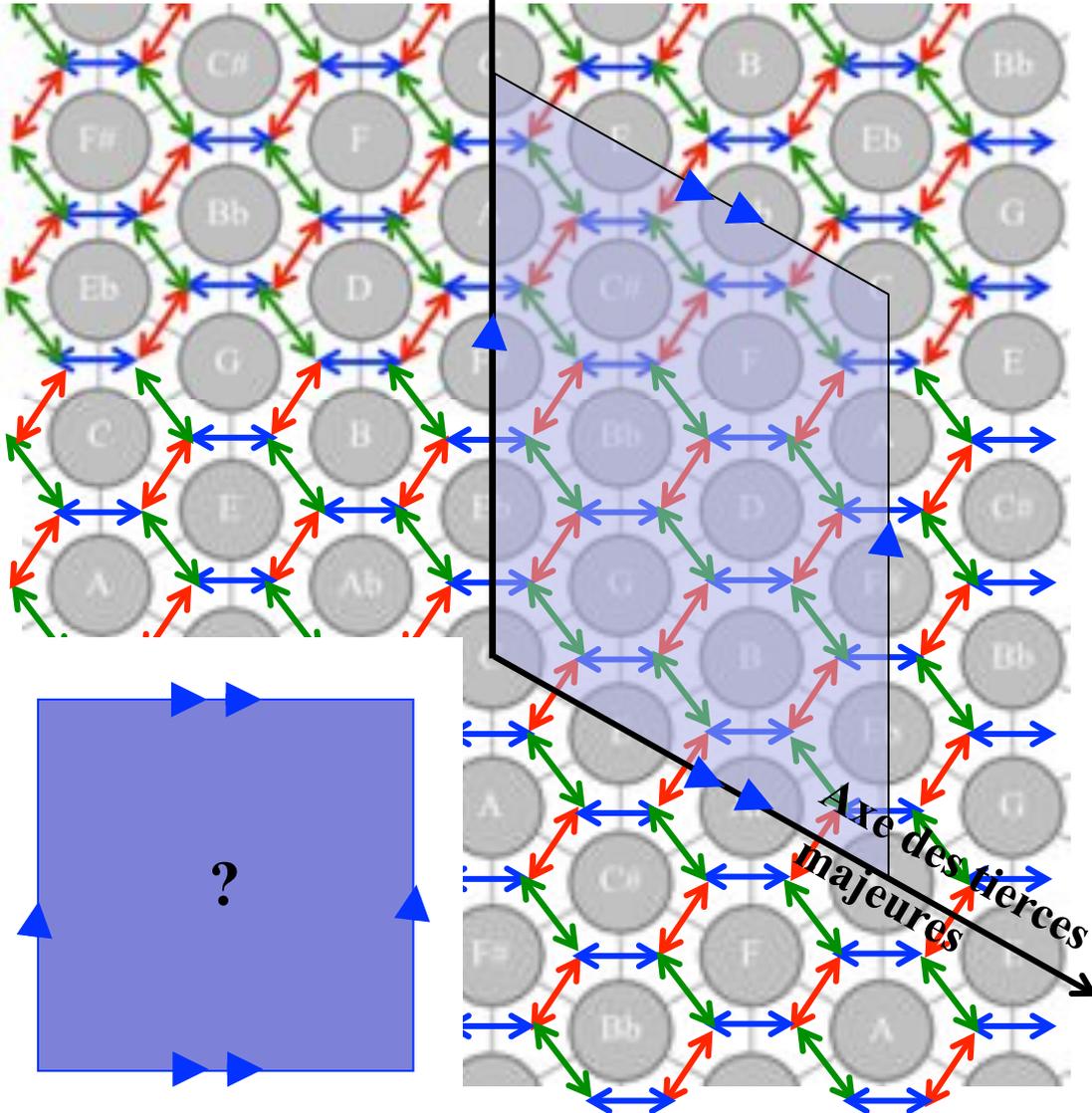
Gilles Baroin



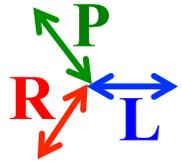
Le Tonnetz et ses symétries



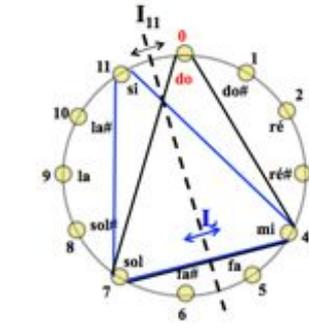
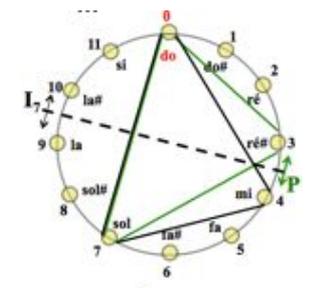
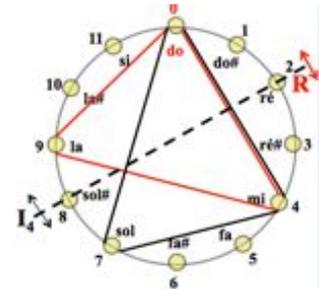
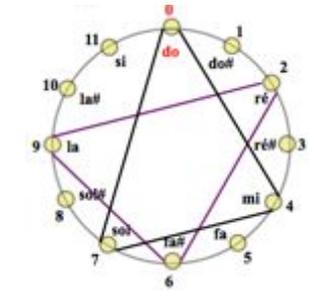
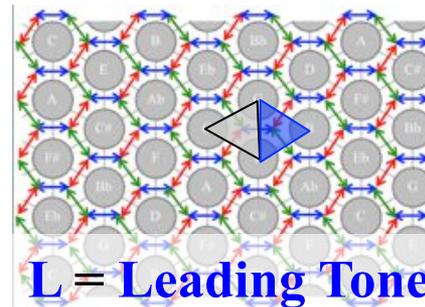
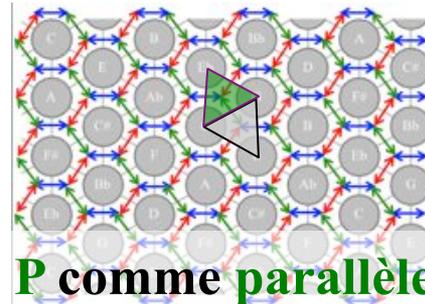
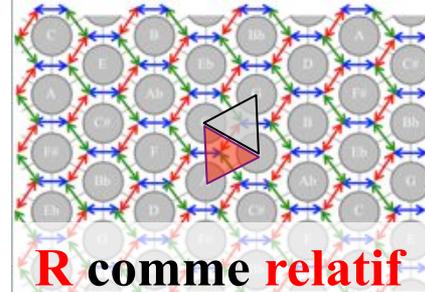
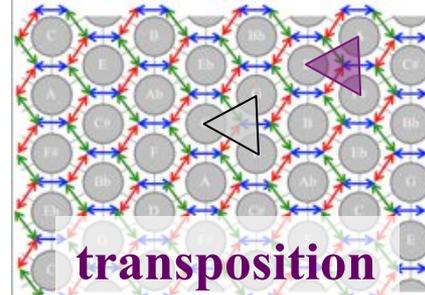
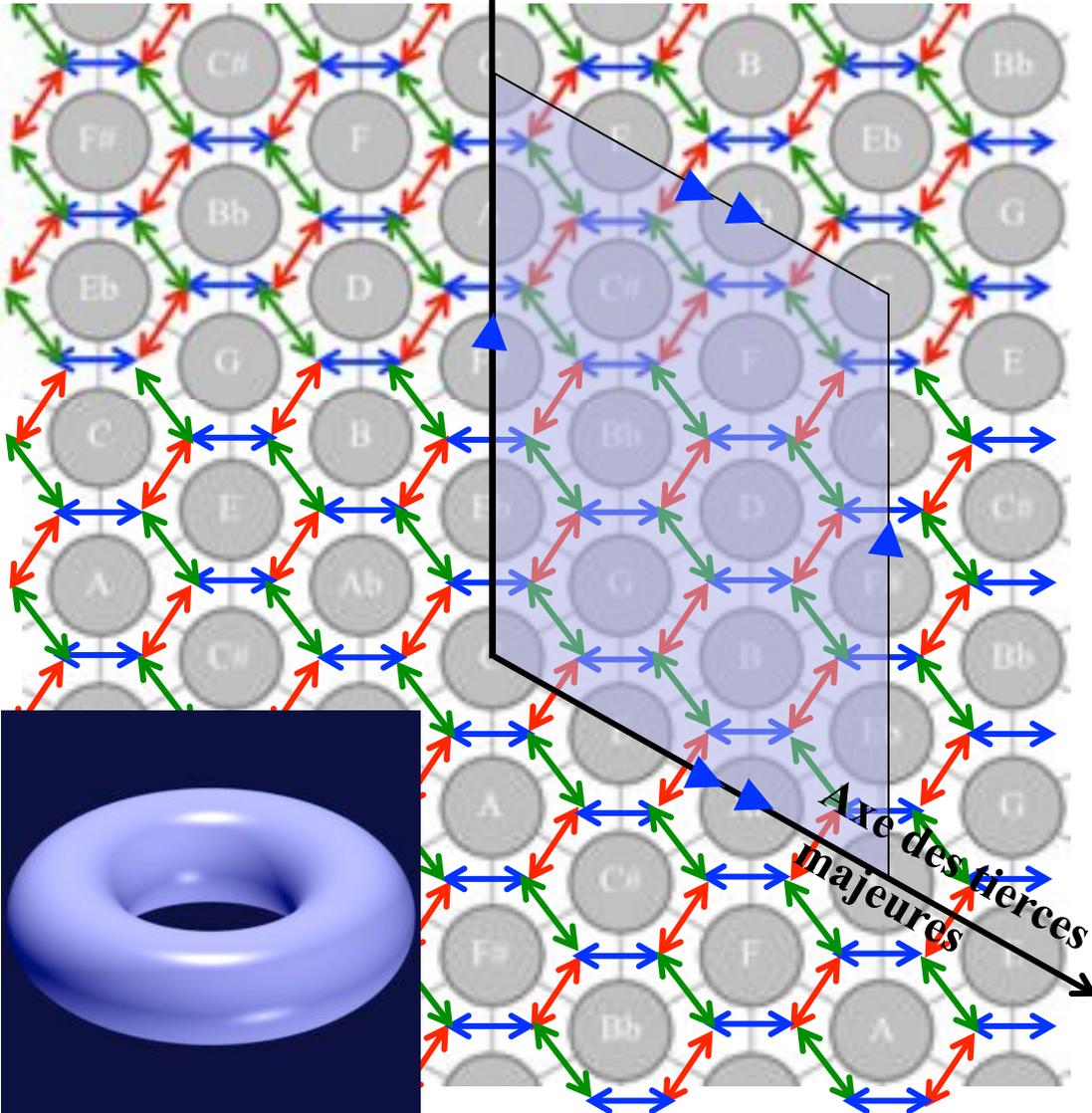
Axe de tierces mineures



Le Tonnetz et ses symétries



Axe de tierces mineures



Comptine d'un autre été

Amelie - Large Version



Yann Tiersen

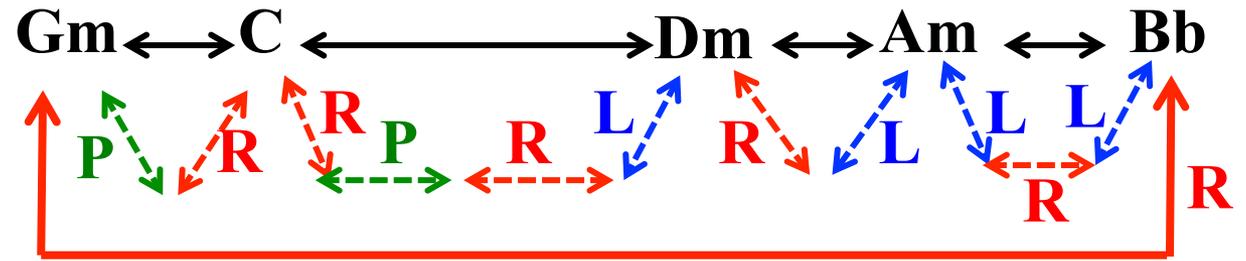
Em $\xrightarrow{?}$ **G** $\xrightarrow{?}$ **Bm** $\xrightarrow{?}$ **D** $\xrightarrow{?}$ **Em**

Musical notation for the first system of the piece. It consists of a grand staff with a treble clef and a bass clef. The key signature is one sharp (F#) and the time signature is 4/4. The bass line features a steady eighth-note accompaniment. The treble line is mostly empty, with a few notes in the first measure.

Musical notation for the second system of the piece, starting at measure 5. It consists of a grand staff with a treble clef and a bass clef. The key signature is one sharp (F#) and the time signature is 4/4. The bass line continues with the eighth-note accompaniment. The treble line features a melodic line with eighth-note runs and a final half-note.

LØVE

Julien Doré



MON APACHE

(Arman Malika)

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

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

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

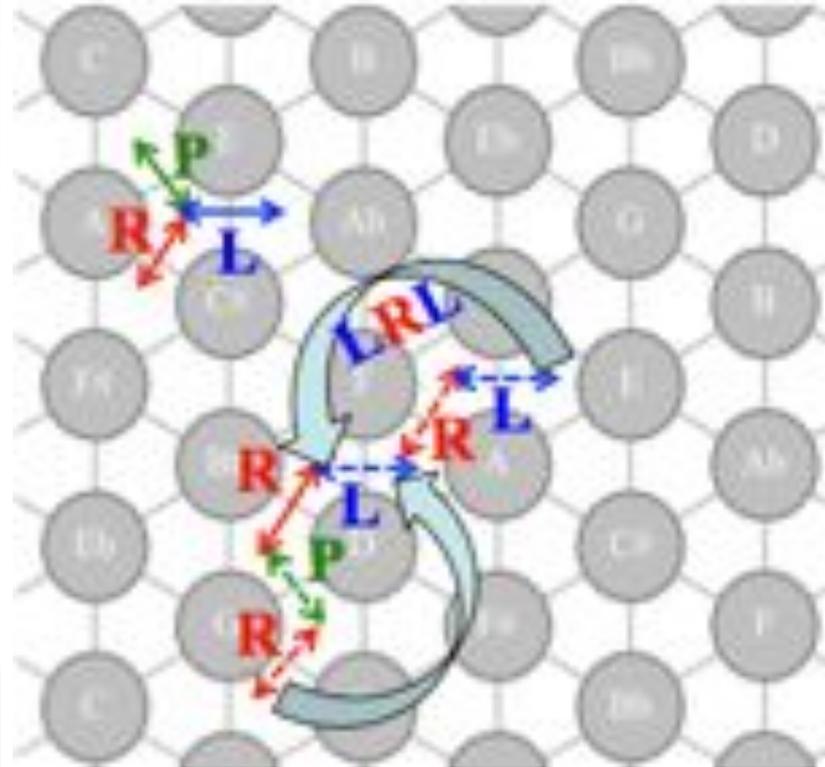
Une flèche en plein cœur
un ciel à la dérive
et je meurs
de nous survivre

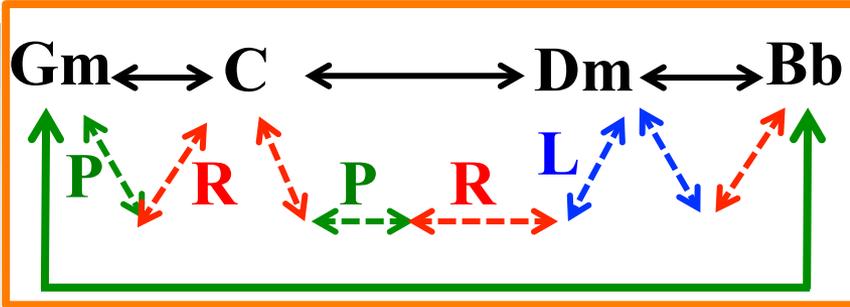
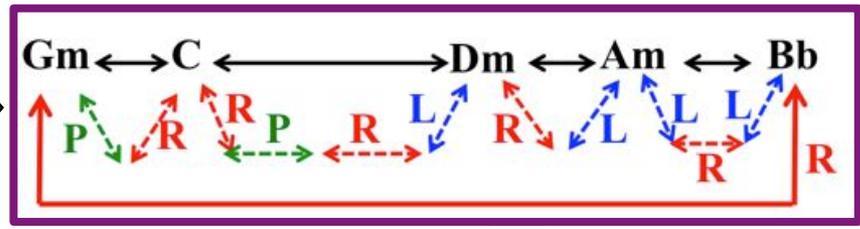
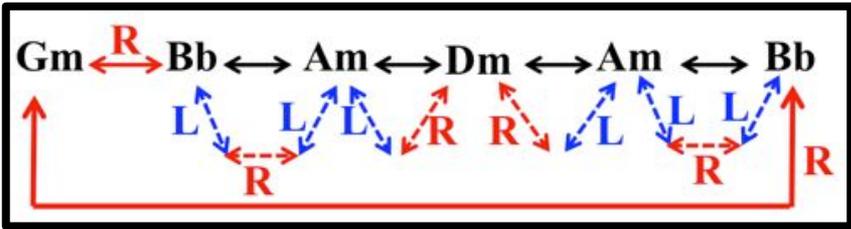
Un aiezan sur la grève
de nouveau enfin libre
et je crève
de nous survivre

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





MON APACHE

(Armen Vahian)
 Cette promesse, c'est de l'or
 que tu caches
 en attendant les apaches
 et leurs centaures
 Ô mon inouï antilope
 dans tes flancs
 et leurs reflets roux d'enfance
 dort un cyclope

D'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

Ô 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

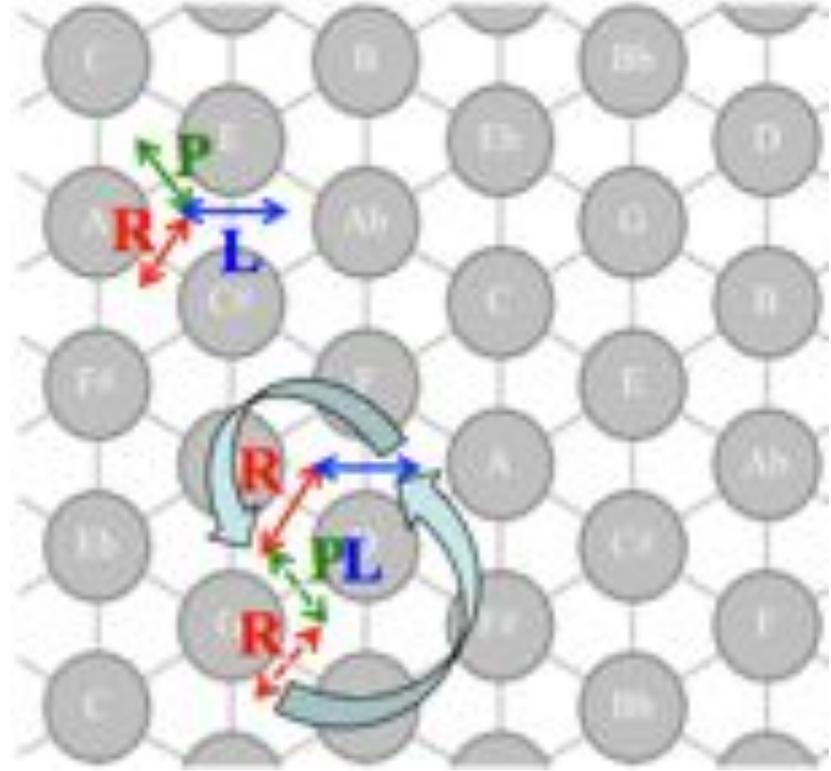
Un aiezan sur la grève
 de nouveau enfin libre
 et je crève
 de nous survivre

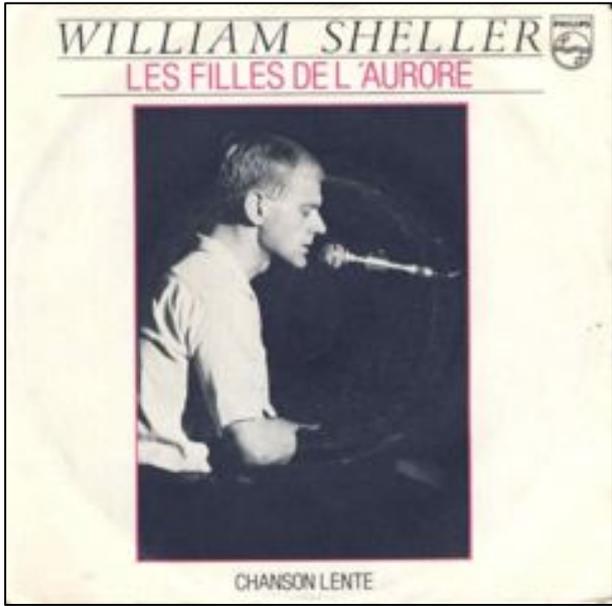
Cette promesse c'est de l'or
 que tu caches
 en attendant
 les apaches

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

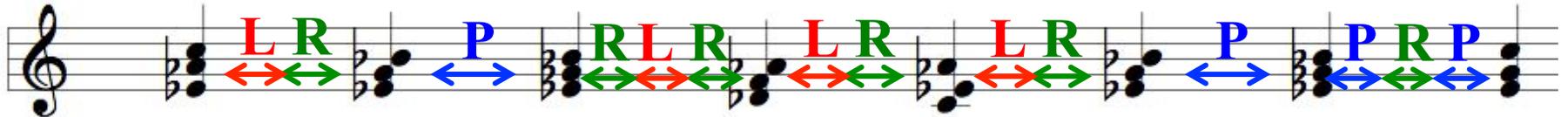
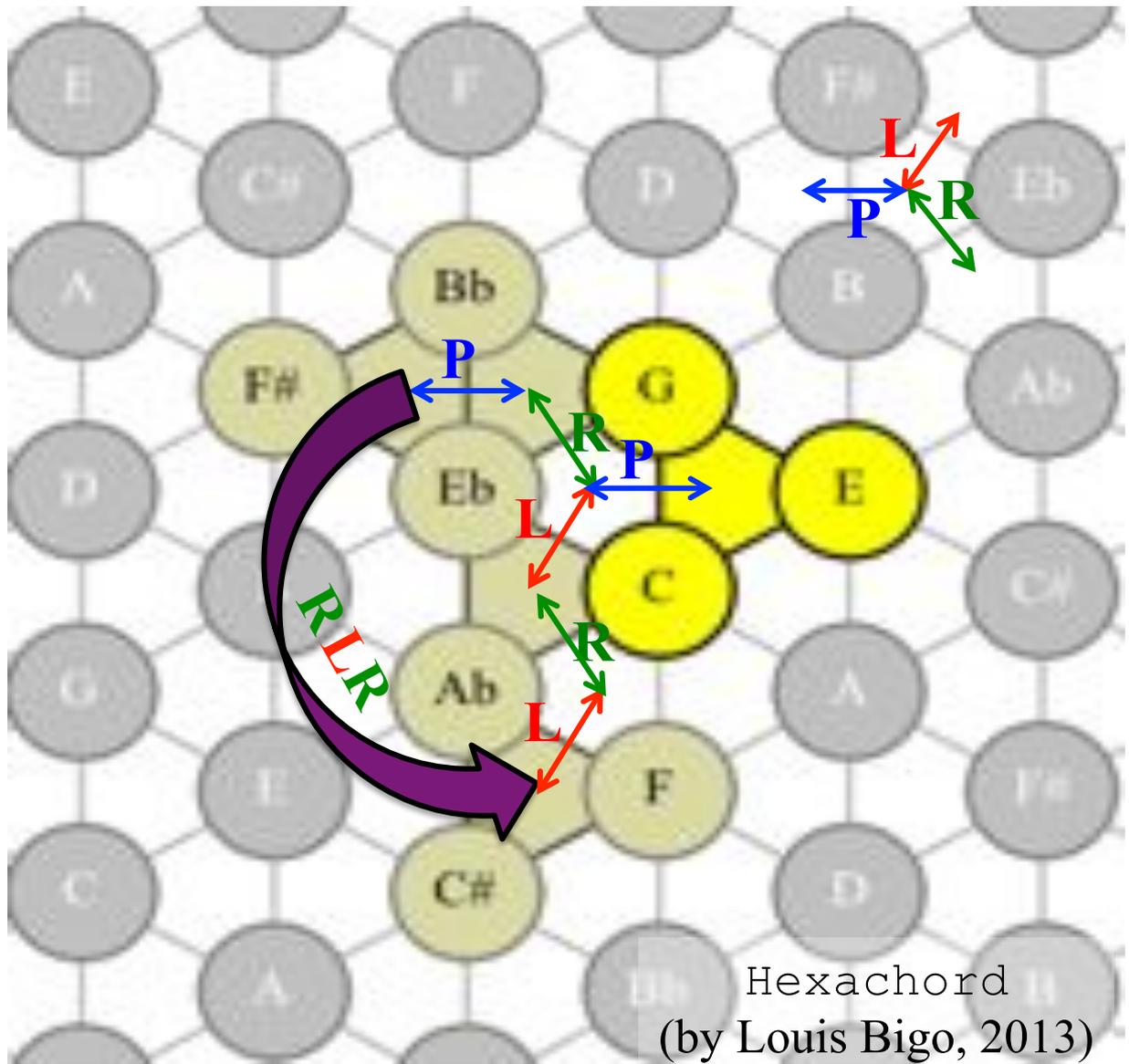
Mon apache

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

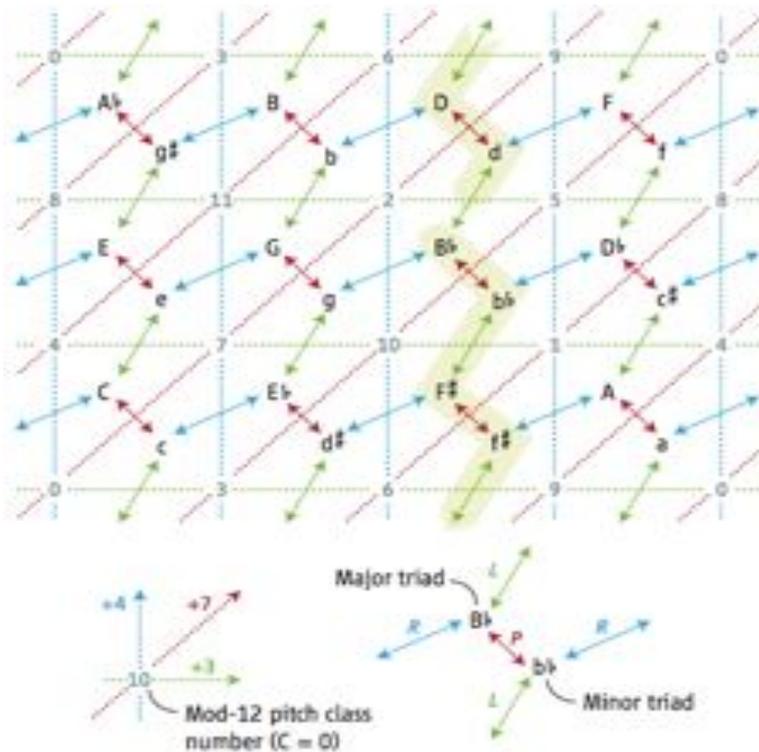
Chord symbols: G+, A+, F+, A-, Ab+, G+, D+, F#-, F+, E+, B+, D#-, D+, C#+, A#+, C-, B+, B#+, E+, B+, F#-, C#+, F#+, A+, E+, E-

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

Finis

D.C. al Fine

« Easy Meat » - 1981 (Frank Zappa)



Harmonies géométriques dans « Madeleine » (Paolo Conte)

Principale *Modérato*

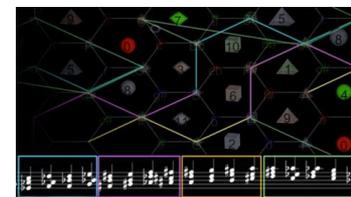
Chorus *Lab* → *Réb/Fa* → *Sib⁷* → *Mib⁷/Réb*

Lab → Réb/Fa → Sib⁷ → Mib⁷/Réb

Si/Ré# → Mi → Do# → Fa#

Ré/La → Sol → Mi⁷ → La⁷

Ré → Lab⁷ → Réb → Do⁷ → Mib



www.mathemusic.net

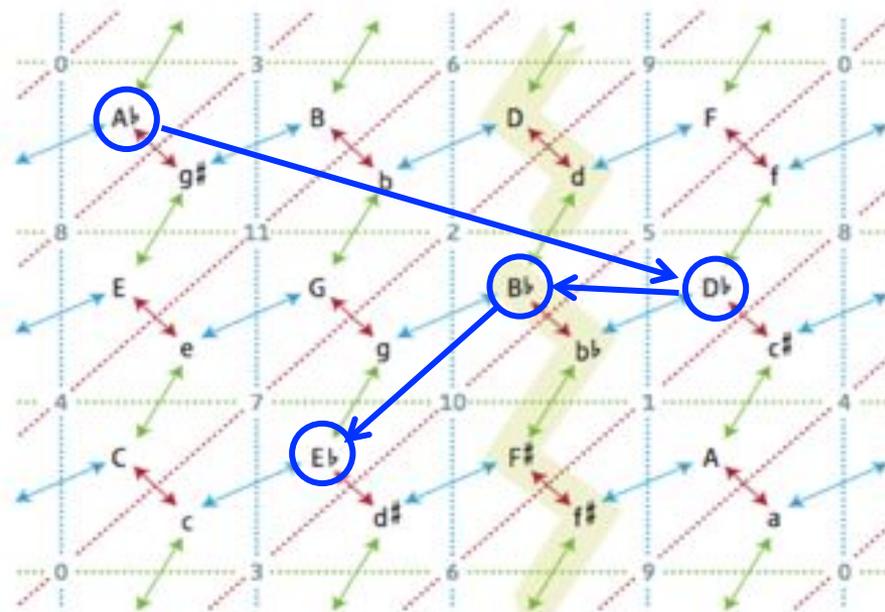
S. La Via, *Poesia per musica e musica per poesia. Dai trovatori a Paolo Conte*, Carocci, 2006

→ **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)

Prélude *Modérato*

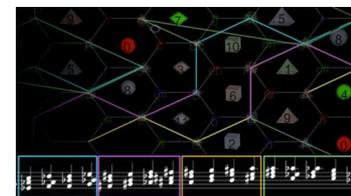
Chorus

Lab → Réb/Fa → Sib⁷ → Mib⁷/Réb

Si/Ré# → Mi → Do# → Fa#

Ré/La → Sol → Mi⁷ → La⁷

Ré → Lab⁷ → Réb → Do⁷ → Mib



www.mathemusic.net

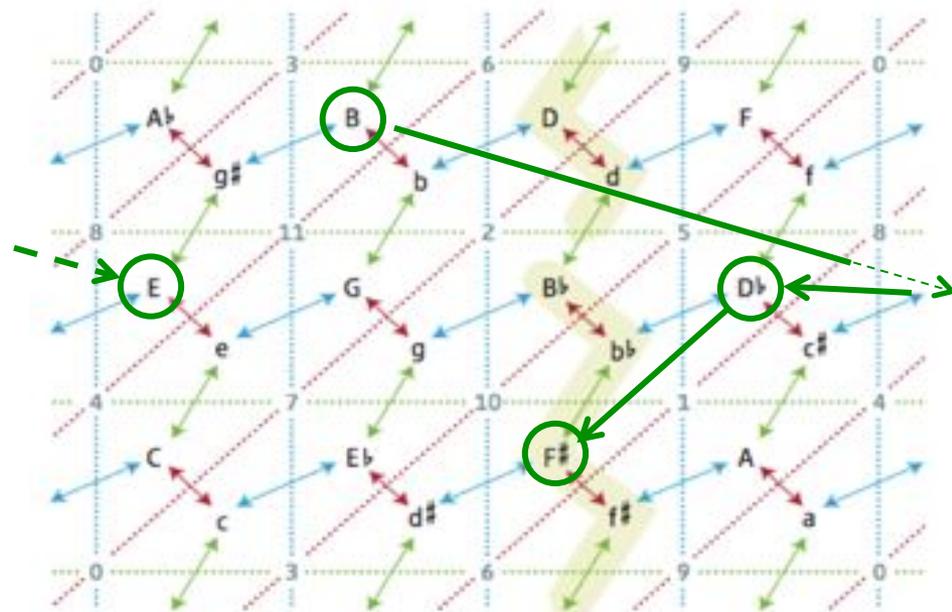
S. La Via, *Poesia per musica e musica per poesia. Dai trovatori a Paolo Conte*, Carocci, 2006

→ Lab → Réb/Fa → Sib⁷ → Mib⁷/Réb

→ Si/Ré# → Mi → Do# → Fa#

→ Ré/La → Sol → Mi⁷ → La⁷

→ Ré → Lab⁷ → Réb → Do⁷ → Mib

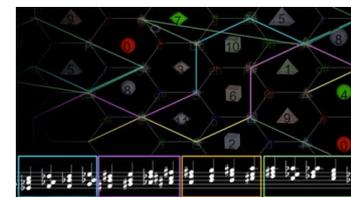


Harmonies géométriques dans « Madeleine » (Paolo Conte)

Prélude *Modérato*

Chorus *Lab* *Réb/Fa* *Si^m* *Mib/Réb* *Si^bRe^b* *Mi* *Do^b* *Fa^b*

Re-La *Sol* *Mi* *La^b* *Re* *La^b* *Re* *Do^b* *Mib*



www.mathemusic.net

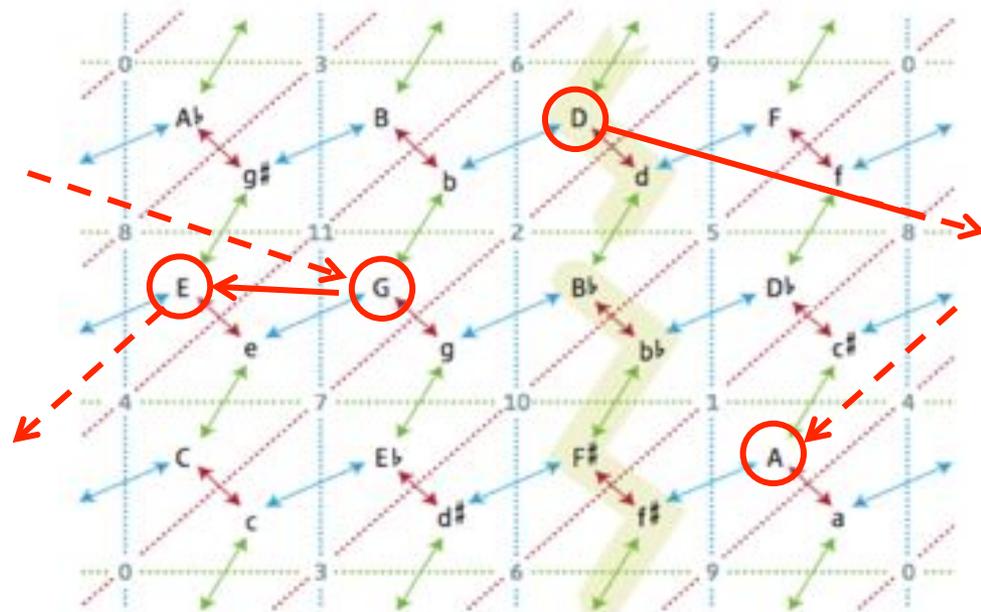
S. La Via, Poesia per musica e musica per poesia. Dai trovatori a Paolo Conte, Carocci, 2006

→ **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*

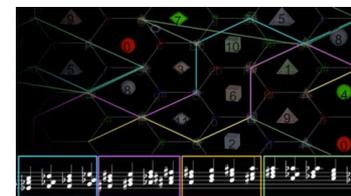
Chorus *Lab* → *Réb/Fa* → *Sib⁷* → *Mib⁷/Réb*

Lab → Réb/Fa → Sib⁷ → Mib⁷/Réb

Si/Ré# → Mi → Do# → Fa#

Ré/La → Sol → Mi⁷ → La⁷

Ré → Lab⁷ → Réb → Do⁷ → Mib



www.mathemusic.net

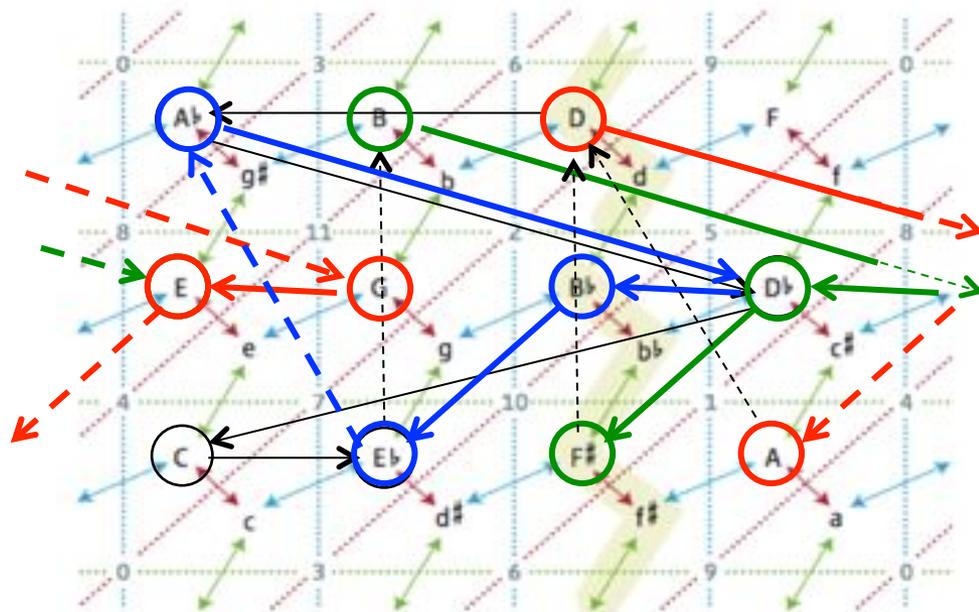
S. La Via, Poesia per musica e musica per poesia. Dai trovatori a Paolo Conte, Carocci, 2006

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

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

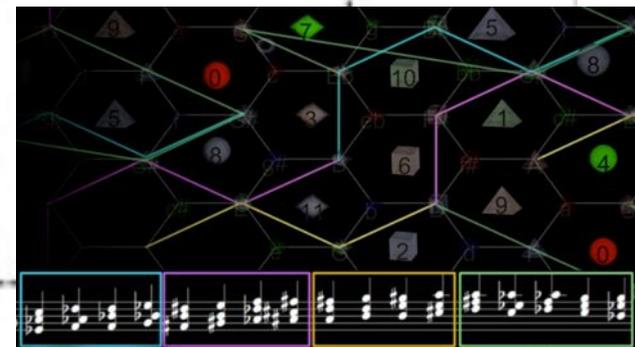
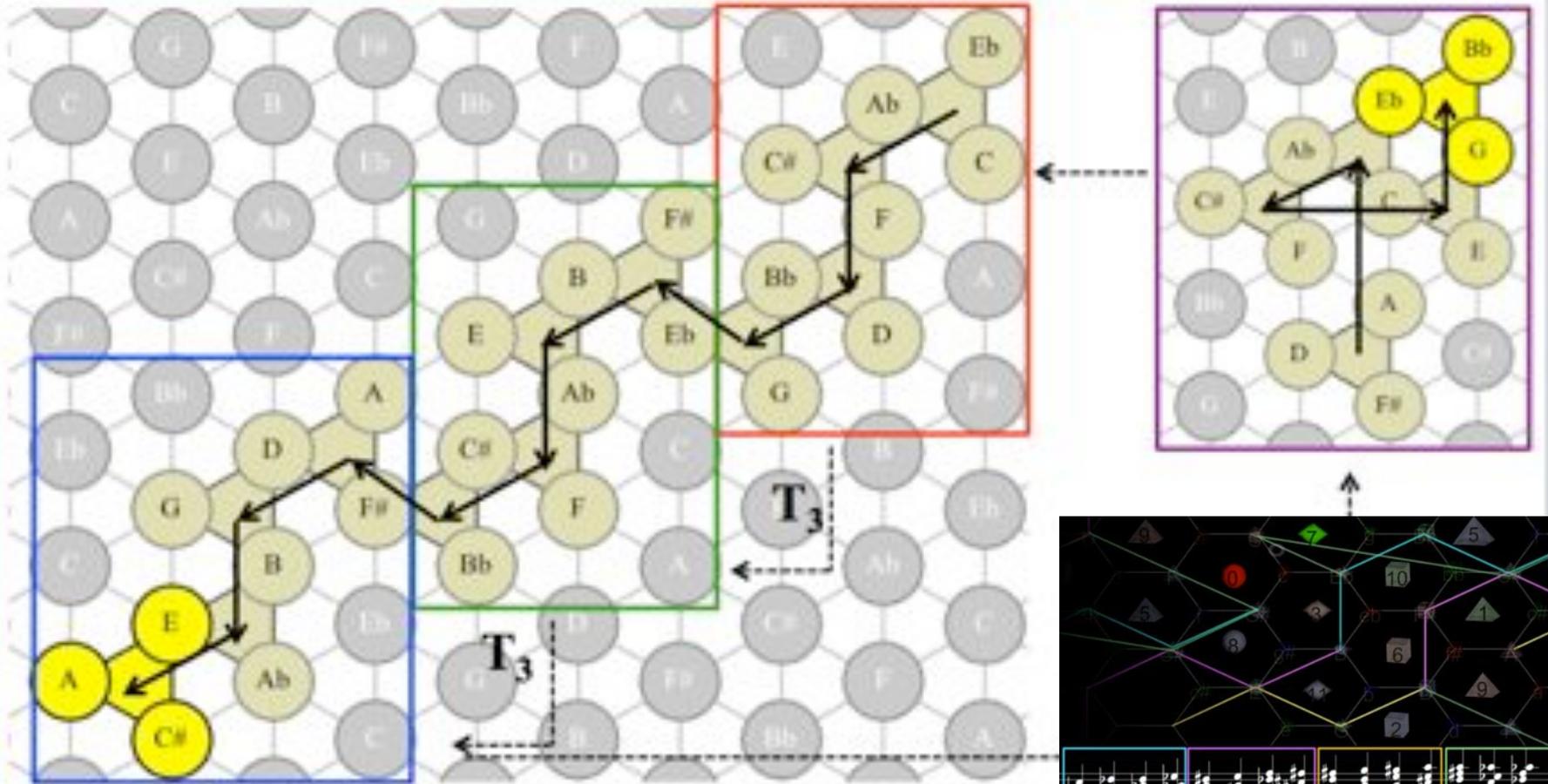
→ **Ré/La** → **Sol** → **Mi⁷** → **La⁷**

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



Harmonies géométriques dans « Madeleine » (Paolo Conte)

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*

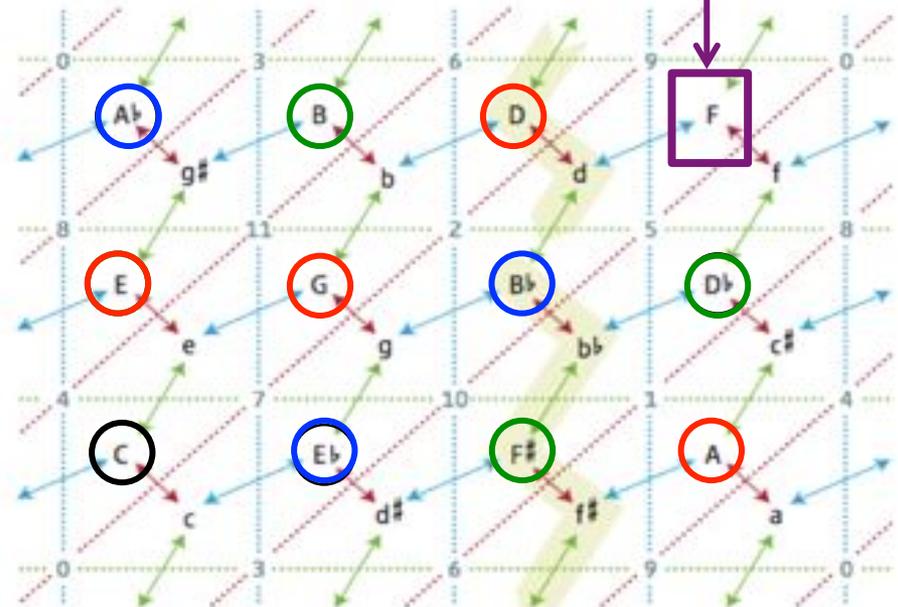
Lab → **Réb/Fa** → **Sib⁷** → **Mib⁷/Réb**

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#**

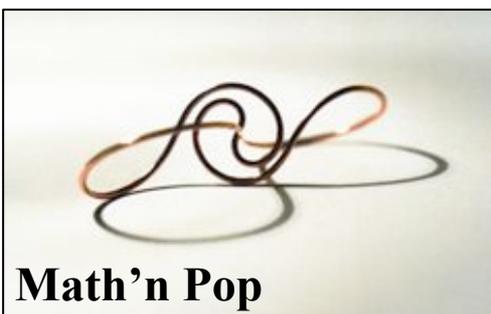
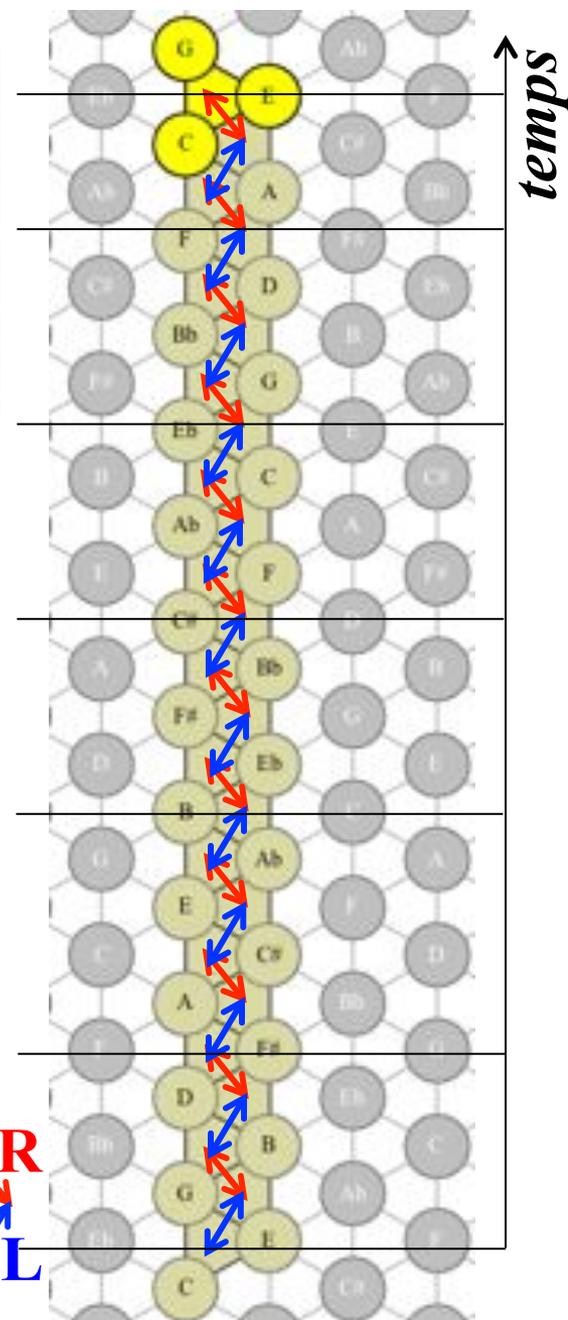
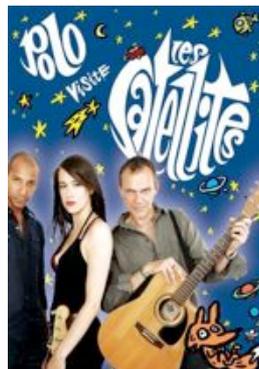
→ **Ré/La** → **Sol** → **Mi⁷** → **La⁷**

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

Le Blé en Herbe

(Pola/Morena/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



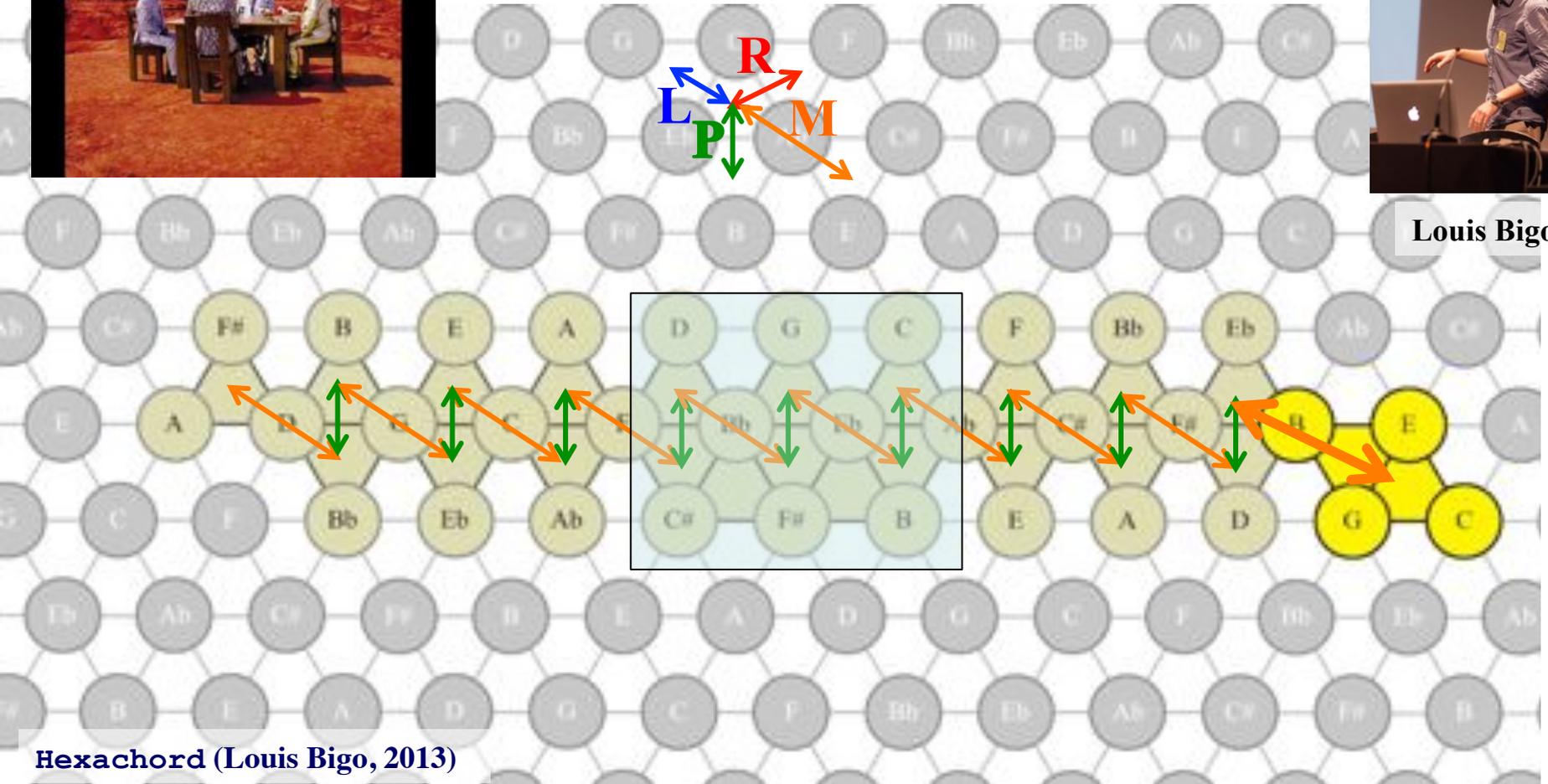
Symmetries and algorithmic processes in *Muse*



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



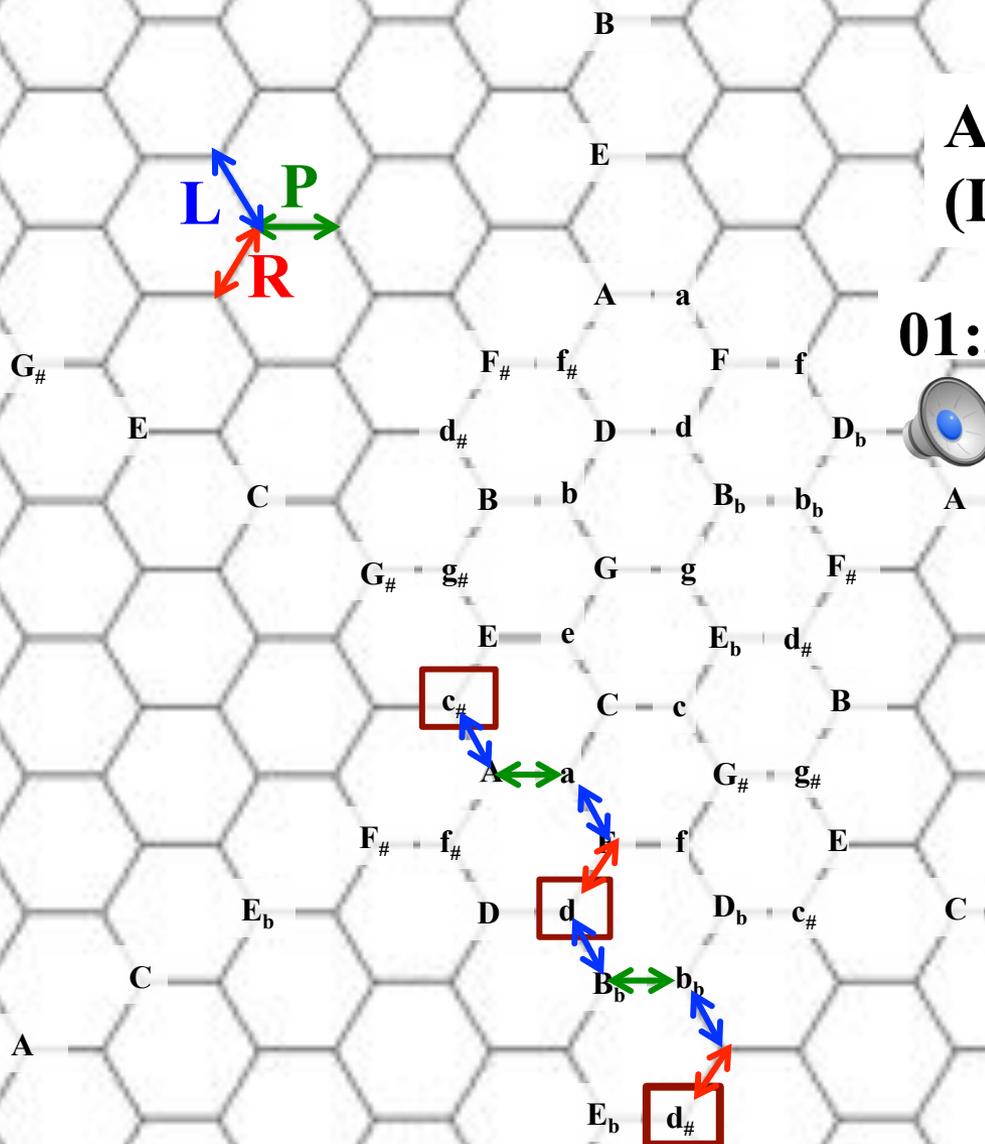
Louis Bigo



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

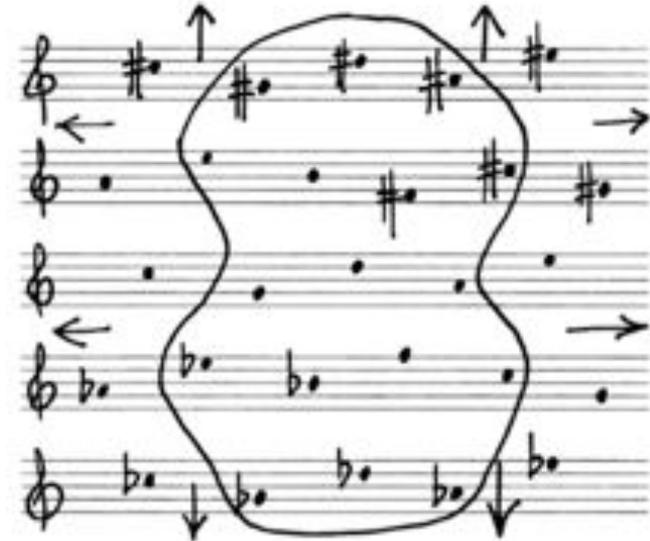
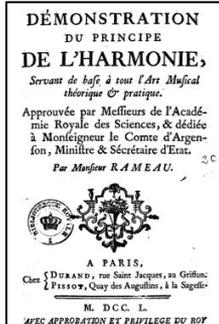
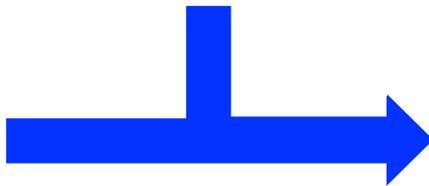
PROGRESSIONS TRIPLES ET QUINTUPLES

si b.....	31	re. ⁱⁱ	51	fa. m.....	25	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. #.....	10935				
fa. #.....	6561	la. #.....	32805				
ut. #.....	19683						
Sol. #.....	59049						
re. #.....	177247						
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



La théorie des réseaux chez Henri Pousseur et ses origines ramistes

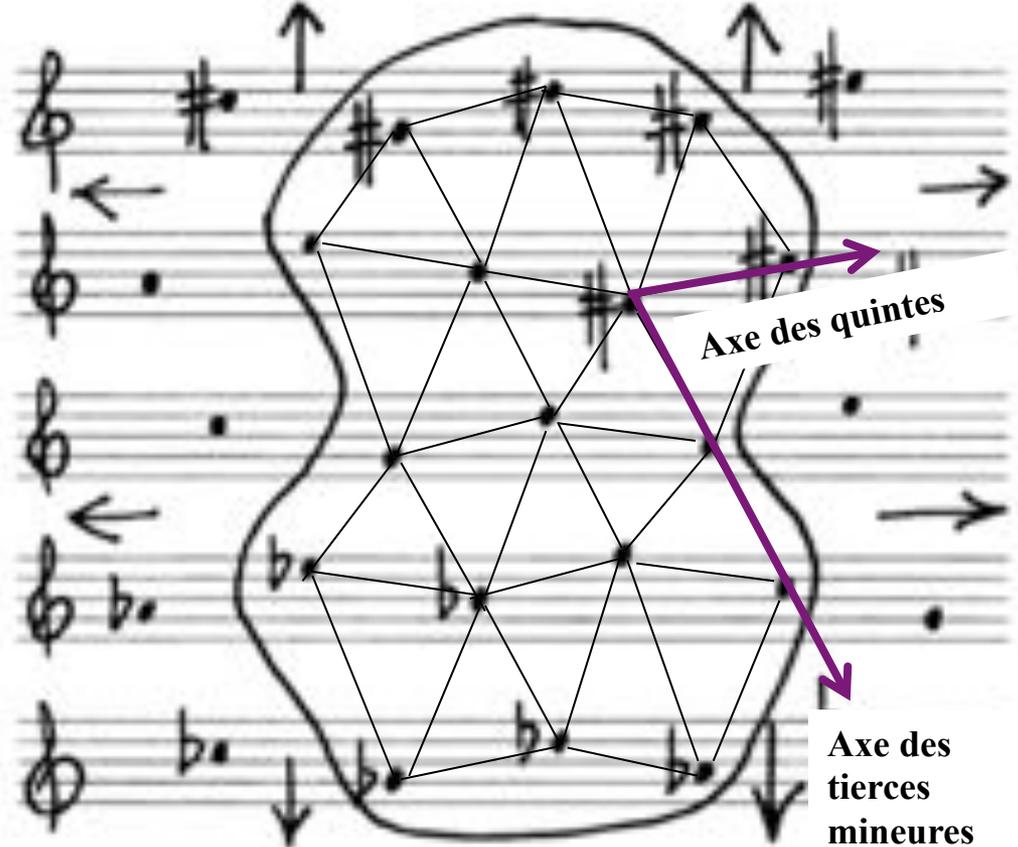
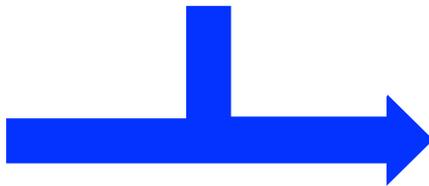
PROGRESSIONS TRIPLES ET QUINTUPLES

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						

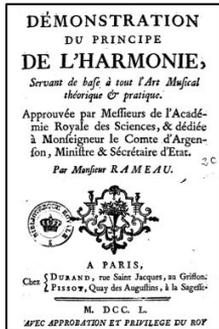
Axe des tierces majeures

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

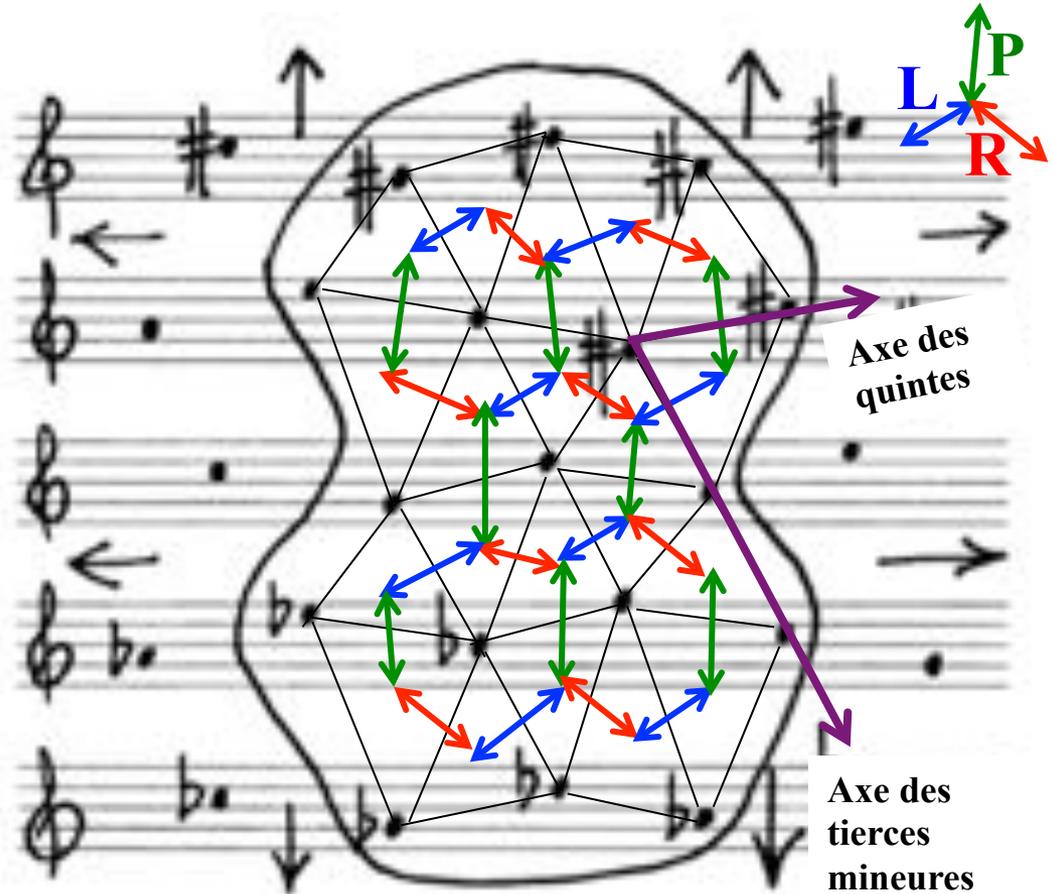
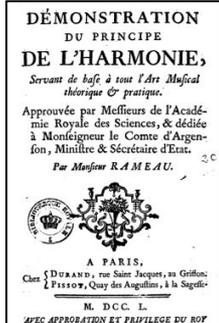
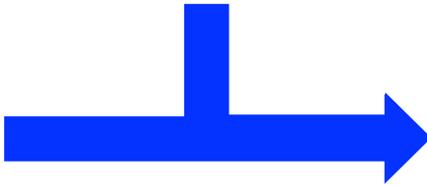
PROGRESSIONS TRIPLES ET QUINTUPLES

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



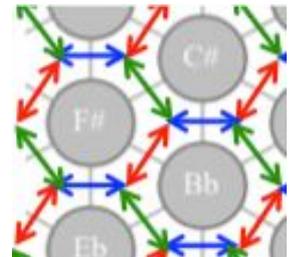
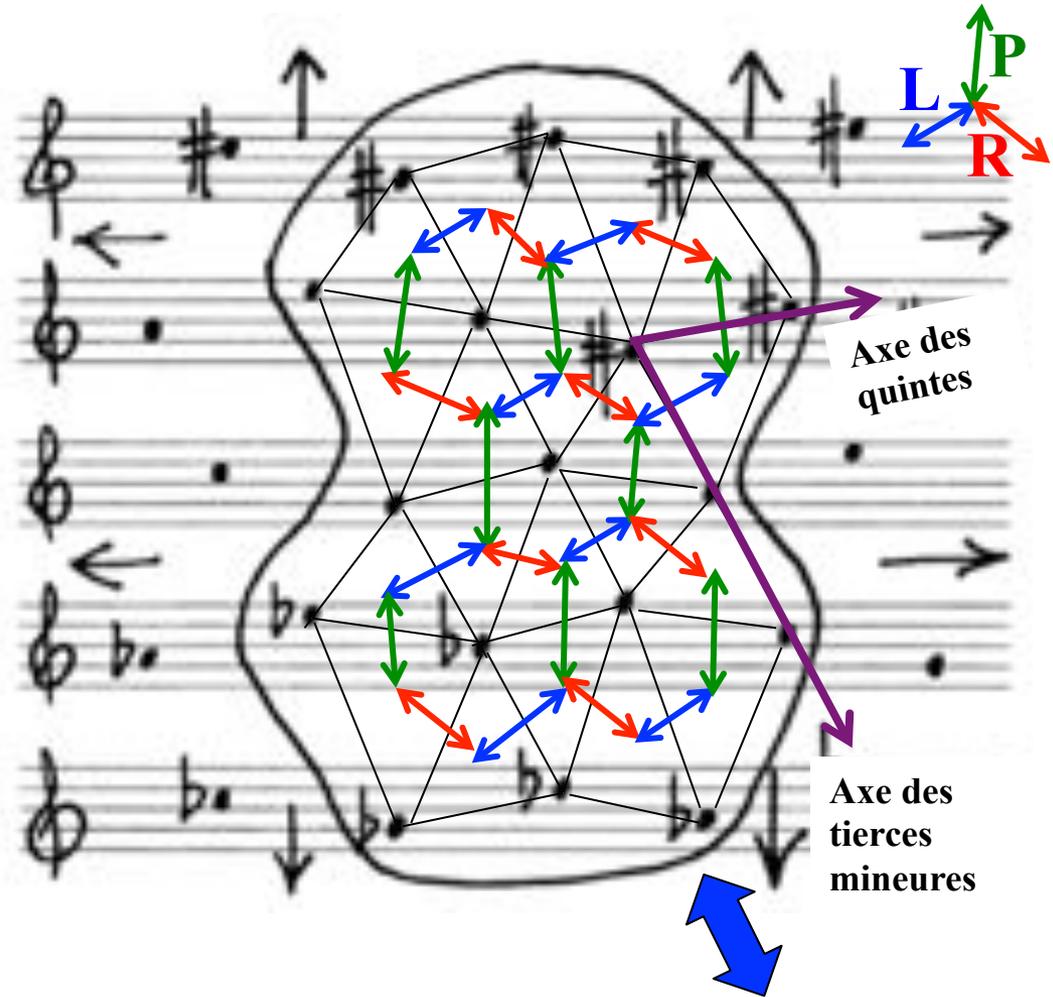
- « L'apothéose de Rameau. Essai sur la question harmonique, *Musiques Nouvelles. Revue d'esthétique*, 21, 105-172, 1968
- « Applications Analytiques de la 'technique des réseaux' », *Revue belge de Musicologie*, Vol. 52, pp. 247-298, 1998

• 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 ».



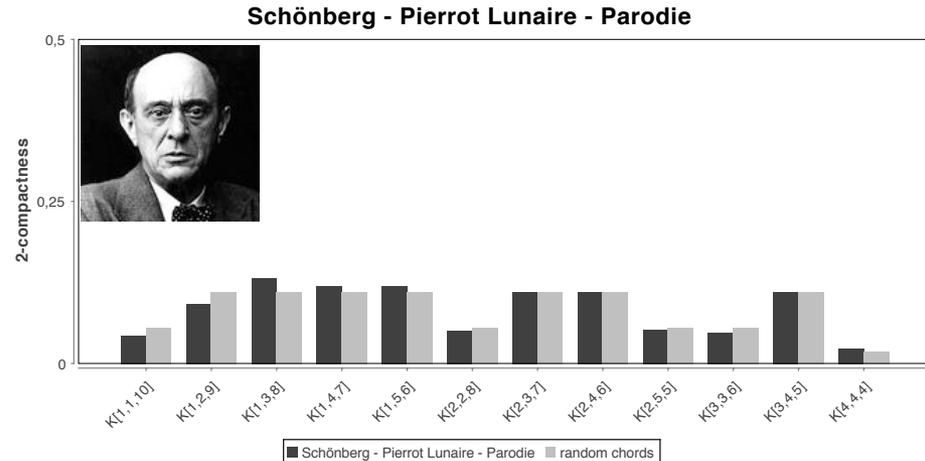
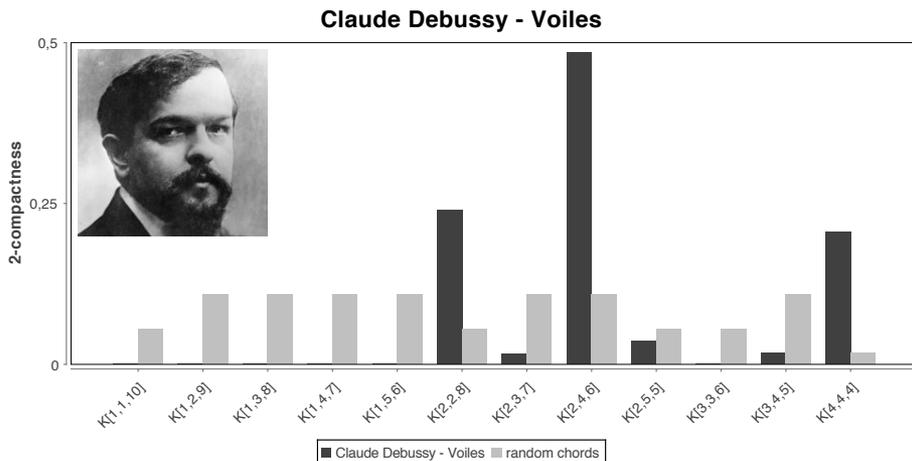
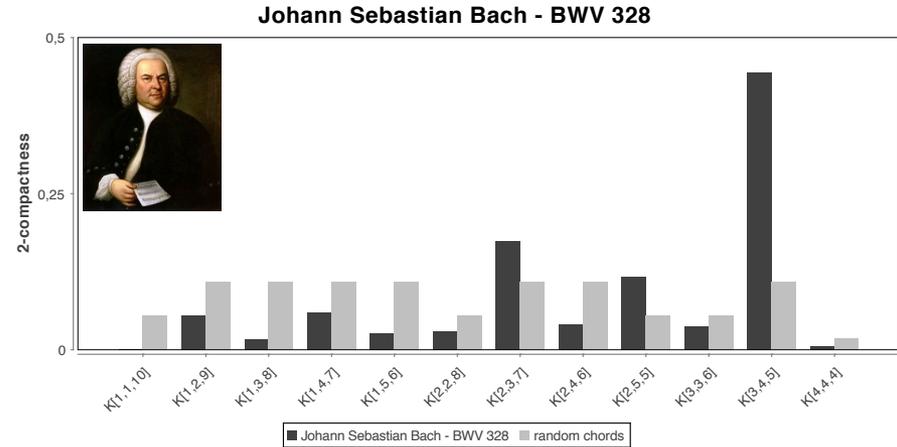
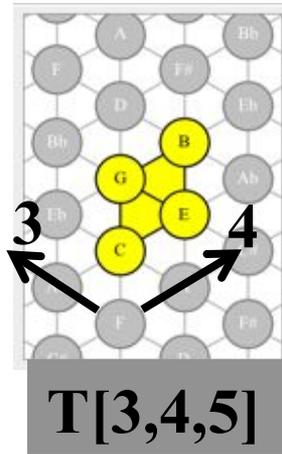
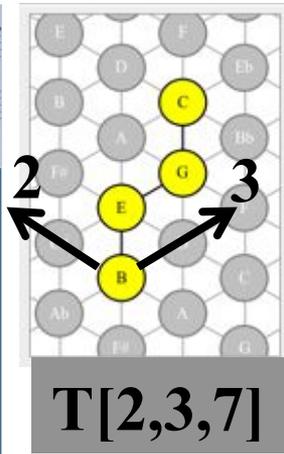
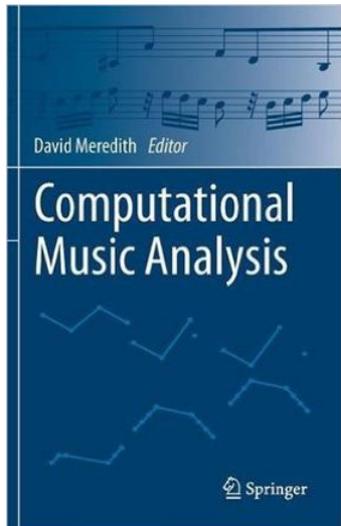
- « Applications Analytiques de la 'technique des réseaux' », *Revue belge de Musicologie*, Vol. 52, pp. 247-298, 1998

Le caractère spatial de la « logique musicale »

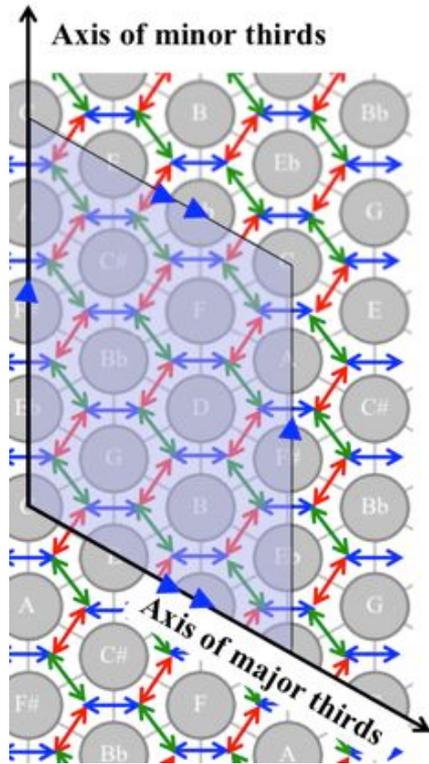
Bigo L., M. Andreatta, « Musical analysis with simplicial chord spaces », in D. Meredith (ed.), *Computational Music Analysis*, Springer, 2015



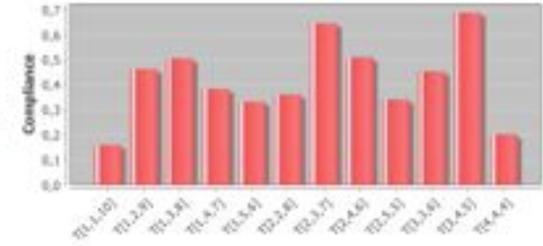
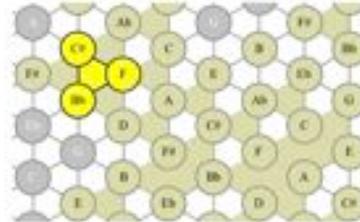
Louis Bigo



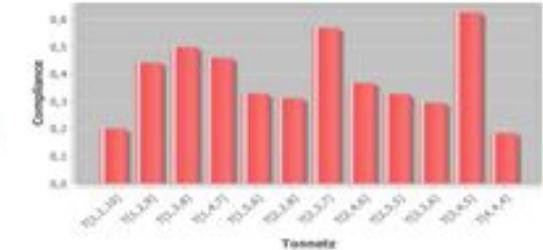
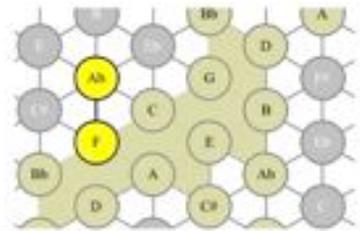
L'espace comme paramètre de style



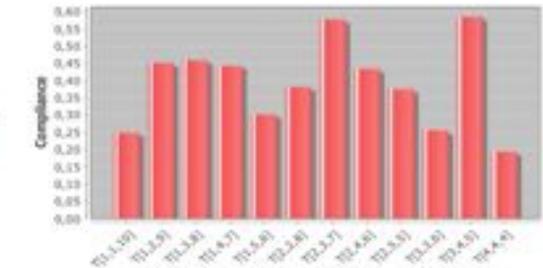
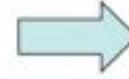
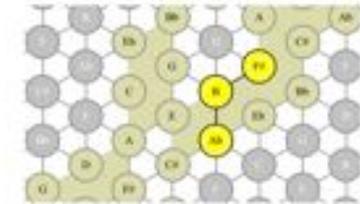
Thelonious Monk, *Brilliant Corners*



Chick Corea, *Eternal Child*



Bill Evans, *Turn Out the Stars*

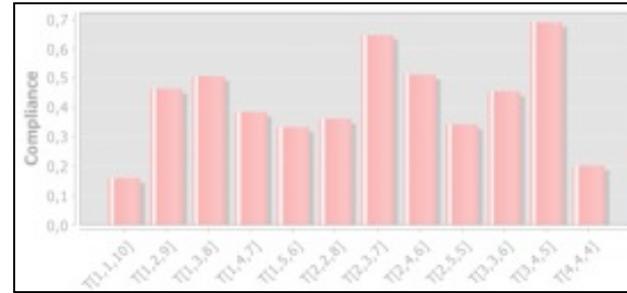
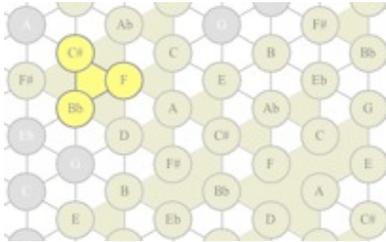


➔ Vers une classification automatique géométrique des genres musicaux?

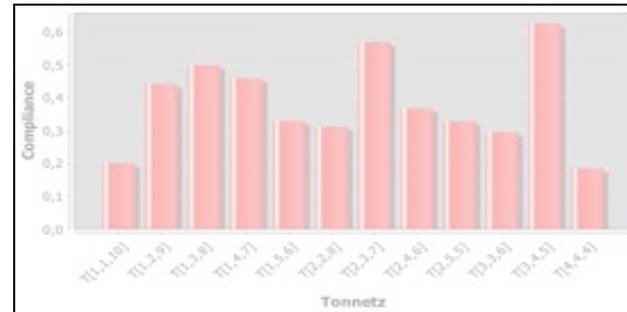
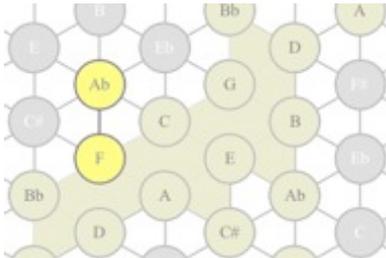
L'espace géométrique comme paramètre de style



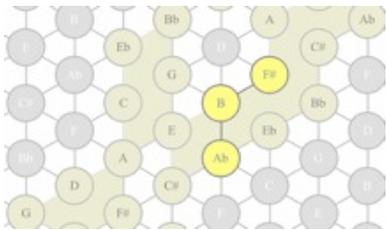
Thelonious Monk,
Brilliant Corners



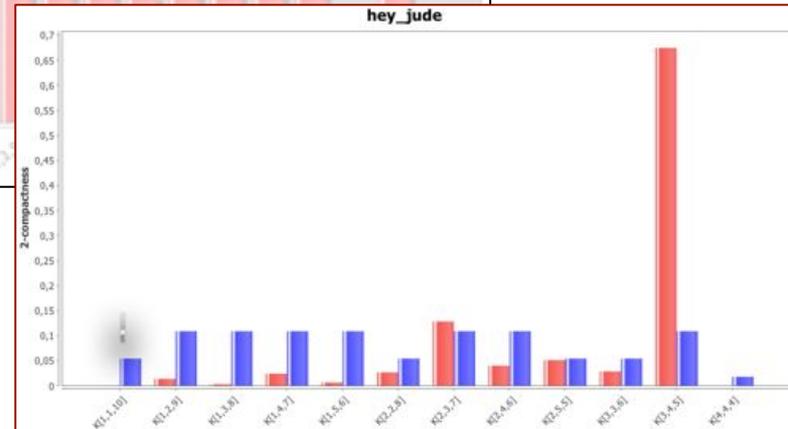
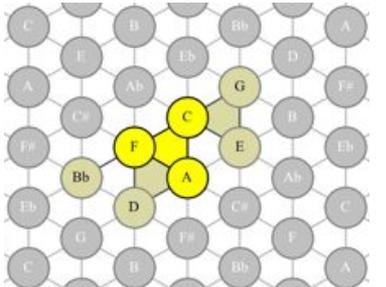
Chick Corea,
Eternal Child



Bill Evans,
Turn Out the Stars



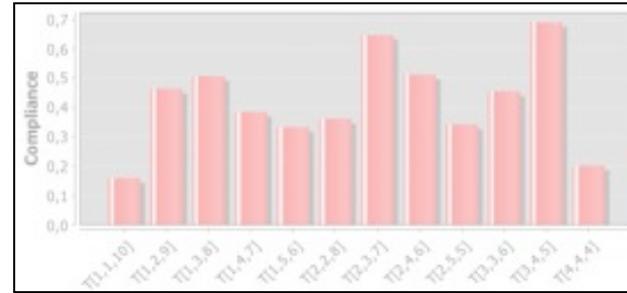
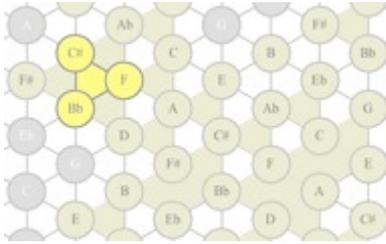
The Beatles,
Hey Jude



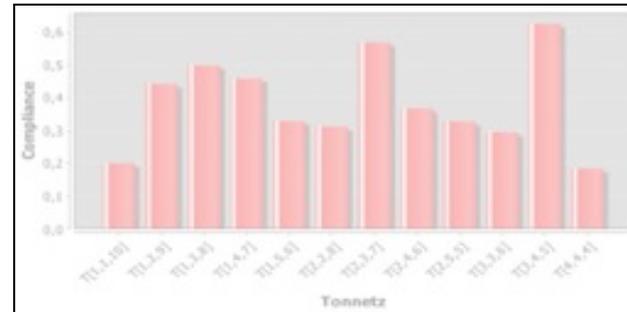
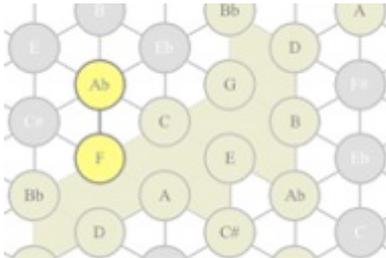
L'espace géométrique comme paramètre de style



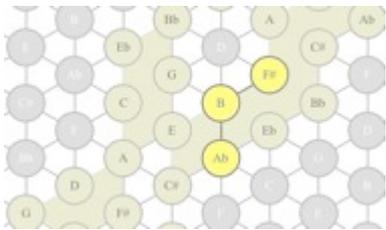
Thelonious Monk,
Brilliant Corners



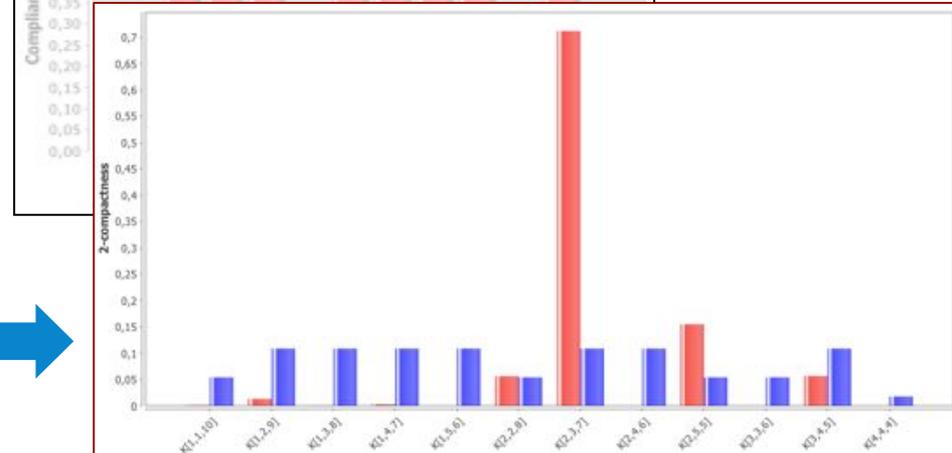
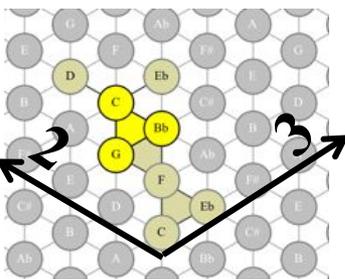
Chick Corea,
Eternal Child



Bill Evans,
Turn Out the Stars



'The Beatles',
Hey Jude



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

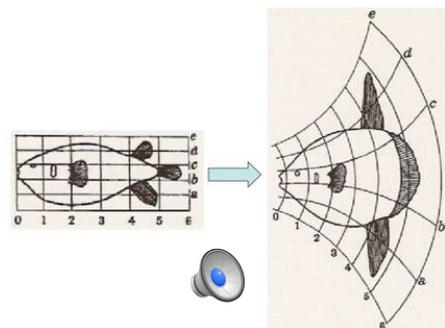
The diagram illustrates the concept of "style" as "space" in music. It shows two musical compositions, $T[3,4,7]$ and $T[2,3,7]$, each with a corresponding grid of notes and a musical score. The grid for $T[3,4,7]$ has a vertical arrow labeled "3" and a diagonal arrow labeled "4". The grid for $T[2,3,7]$ has a vertical arrow labeled "2" and a diagonal arrow labeled "3". A central diagram shows a transformation from a 2D grid to a 3D structure.



Transformations stylistiques sur les Beatles

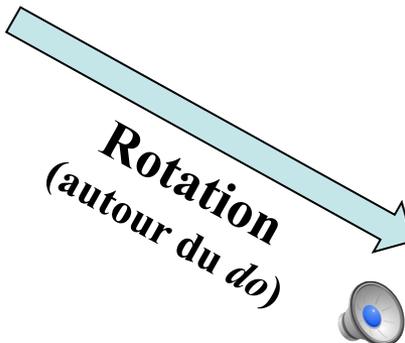
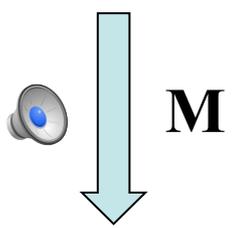
A chromatic scale grid with notes from B to C. A red circle highlights the note C, and a curved arrow points to the note F, representing a tritone shift. A small inset photo of the Beatles is in the top left corner.

T[3,4,7]



A chromatic scale grid with notes from B to C. A red circle highlights the note C, and a curved arrow points to the note F, representing a tritone shift. A small inset photo of the Beatles is in the top left corner.

T[2,3,7]



A chromatic scale grid with notes from B to C. A red circle highlights the note C, and a curved arrow points to the note F, representing a tritone shift. A small inset photo of the Beatles is in the top left corner.

T[3,4,7]

A chromatic scale grid with notes from B to C. A red circle highlights the note C, and a curved arrow points to the note F, representing a tritone shift. A small inset photo of the Beatles is in the top left corner.

T[3,4,7]



MERCI DE VOTRE ATTENTION !

Moreno Andreatta

Equipe Représentations Musicales

IRCAM/CNRS UMR 9912