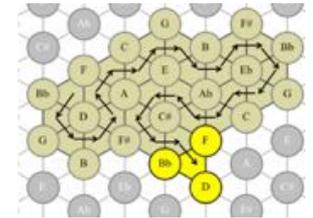
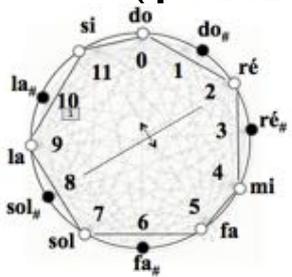


# Modèles mathématiques et computationnels dans la chanson

Analyse de la musique et des répertoire III :  
Musiques actuelles

(partie IV: cycles hamiltoniens et espaces généralisés)



Moreno Andreatta

IRMA & ITI CREAA, Université de Strasbourg

Equipe Représentations Musicales

IRCAM / CNRS UMR 9912 / Sorbonne Université

# Le jeu des modulations dans *Madeleine* de Paolo Conte

Pyrrhella Moderato

Lab→Réb/Fa→Sib<sup>7</sup>→Mib<sup>7</sup>/Réb

The image displays a musical score for the song 'Madeleine' by Paolo Conte. It includes a piano introduction and three systems of vocal and piano accompaniment. The key signature is B-flat major. The score is annotated with modulation points: Lab→Réb/Fa→Sib<sup>7</sup>→Mib<sup>7</sup>/Réb. Four specific sections of the score are highlighted with yellow boxes, corresponding to these modulation points. The vocal line includes lyrics in Italian, and the piano part shows the harmonic progression.

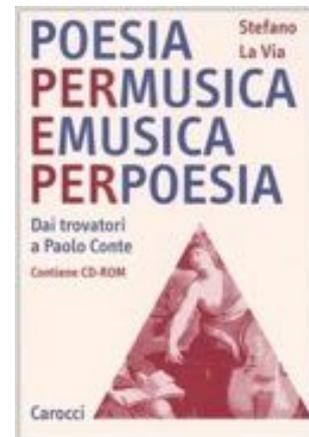
Lab→Réb/Fa→Sib<sup>7</sup>→Mib<sup>7</sup>/Réb

Si/Ré#→Mi→Do#→Fa#

Ré/La→Sol→Mi<sup>7</sup>→La<sup>7</sup>

Ré→Lab<sup>7</sup>→Réb→Do<sup>7</sup>→Mib<sup>7</sup>

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



# La place de l'harmonie dans la musique de Paolo Conte

Manuela Furnari

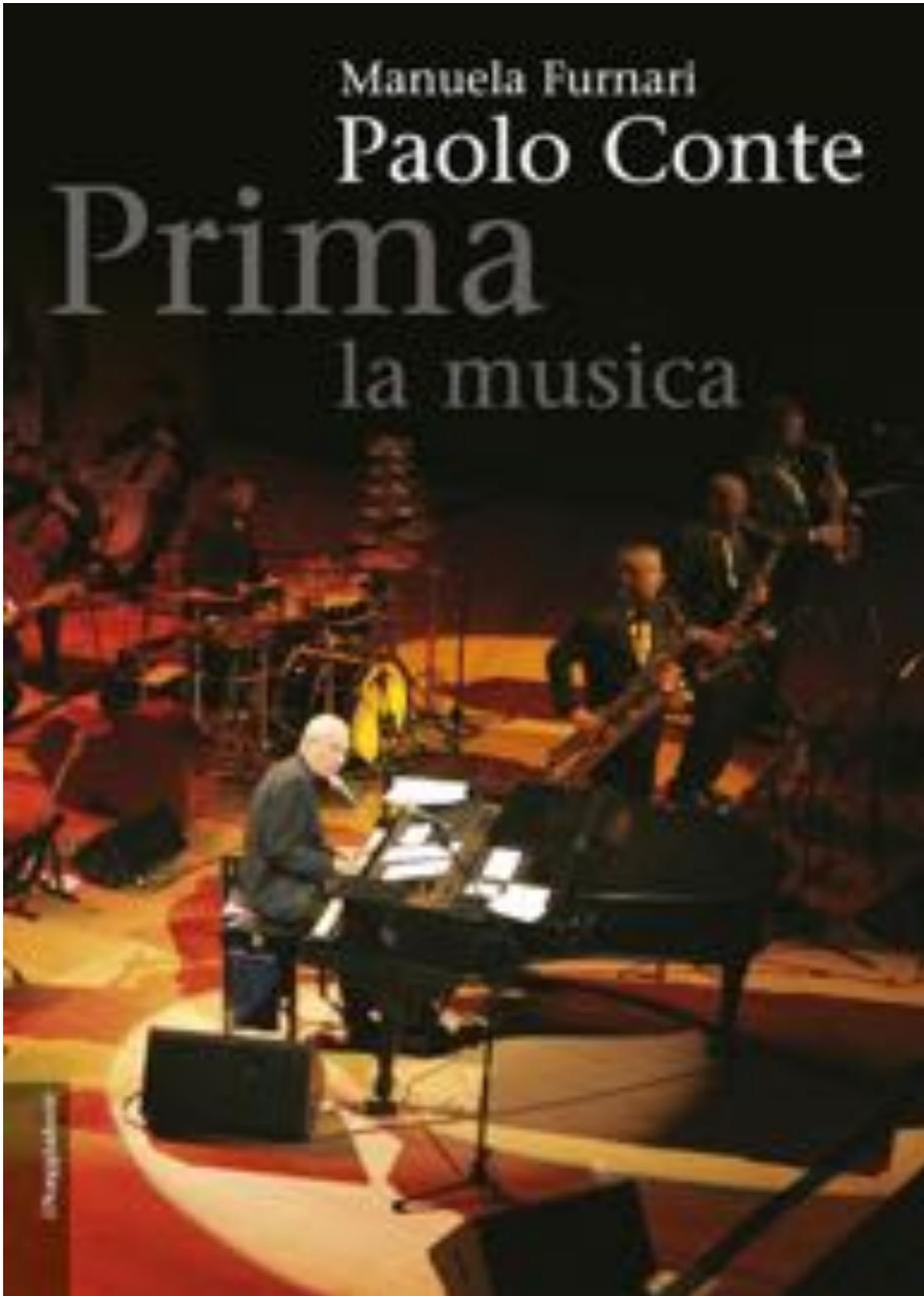
Paolo Conte

Prima

la musica

J'ai toujours déclaré de composer selon la vieille façon américaine, tout d'abord la musique et après les textes. Cette prééminence de la musique par rapport aux paroles ce n'est pas uniquement une question de méthode, c'est quelque chose de plus profond : c'est la technique de celui qui a la conviction que c'est la composition musicale à faire la page, à conduire en grande partie le jeu dynamique, ad exercer, en définitive, ses droits qui sont prioritaires d'un point de vue architectonique.

Ho sempre dichiarato di comporre secondo la vecchia maniera americana, **prima la musica, poi i testi**. Questa preminenza della musica rispetto alle parole non riguarda però semplicemente una questione di metodo, è qualcosa di più profondo: è la tecnica di chi ha la convinzione che sia la **composizione musicale** a "fare la pagina", a condurre in gran parte il gioco dinamico, a esercitare, in definitiva, i suoi diritti, che dal punto di vista architettonico sono prioritari.

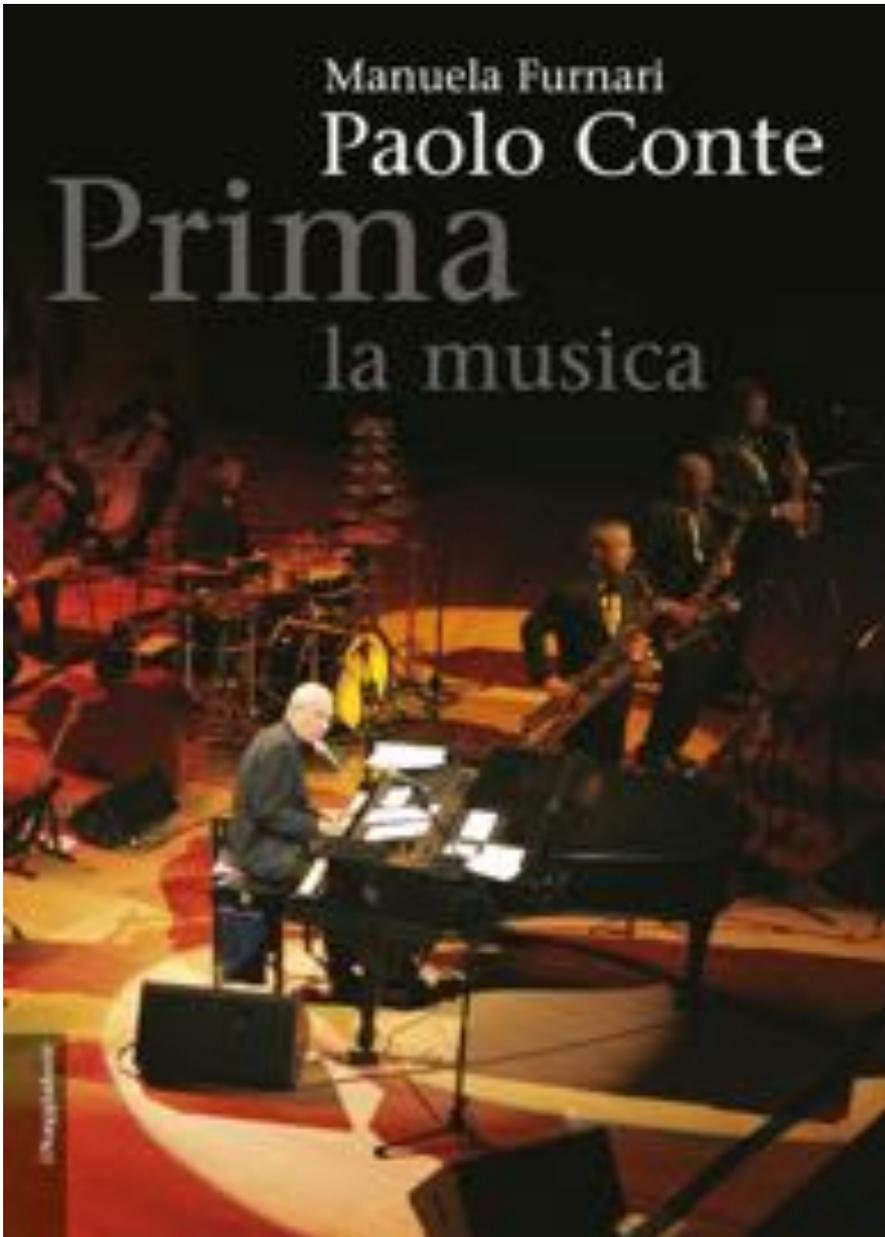


# La place de l'harmonie dans la musique de Paolo Conte

Manuela Furnari  
Paolo Conte  
Prima  
la musica

La composition musicale, avec son parcours harmonique, son dessein mélodique, les mouvements et les accords rythmiques, a une potentialité expressive intrinsèque, dans le sens qu'une musique mène avec elle une littérature entière : certaines cadences musicales appartiennent désormais à un code expressif, un code qui affecte également le choix des mots. Non seulement, les musiques ont des couleurs dans leurs fonds qui conditionnent aussi tout ce qui est le chromatisme de l'imaginaire à travers lequel, ensuite, je travaille sur les mots.

La **composizione musicale**, con il suo **percorso armonico**, il **disegno melodico**, le movenze e gli **accordi ritmici**, ha un'intrinseca potenzialità espressiva, nel senso che una musica si porta dietro, a sua volta, tutta una letteratura: certe cadenze musicali appartengono ormai a un codice espressivo e in questo codice le parole finiscono per cadere. Non solo, le musiche hanno dei colori nel loro fondo che condizionano anche tutto quello che è il **cromatismo dell'immaginazione** attraverso il quale, poi, lavoro sulle parole.



# La place de l'harmonie dans la musique de Paolo Conte

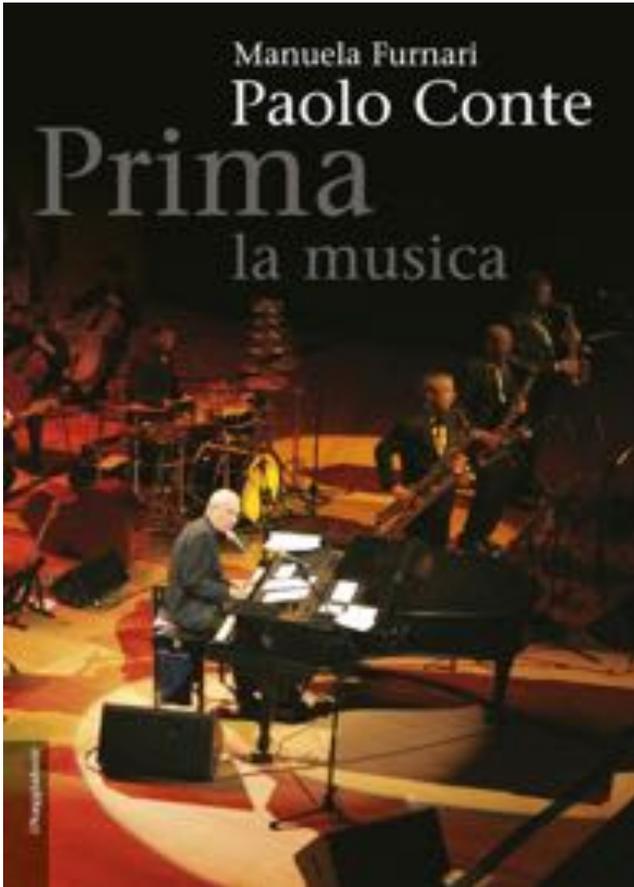
---

Le fait d'écrire tout d'abord la musique et ensuite le texte m'oblige à un procédé emprunté du cinéma. **Une chanson** est peut-être plus cinéma que poésie ou musique : elle est le rêve de quelque chose qui aimerait se mouvoir. La promenade horizontale de l'harmonie.

Scrivere prima la musica e poi il testo mi obbliga ad un procedimento preso in prestito dal cinema. **Una canzone** è forse più cinema che poesia o musica: è il sogno di qualcosa che vorrebbe muoversi. La camminata orizzontale dell'armonia.

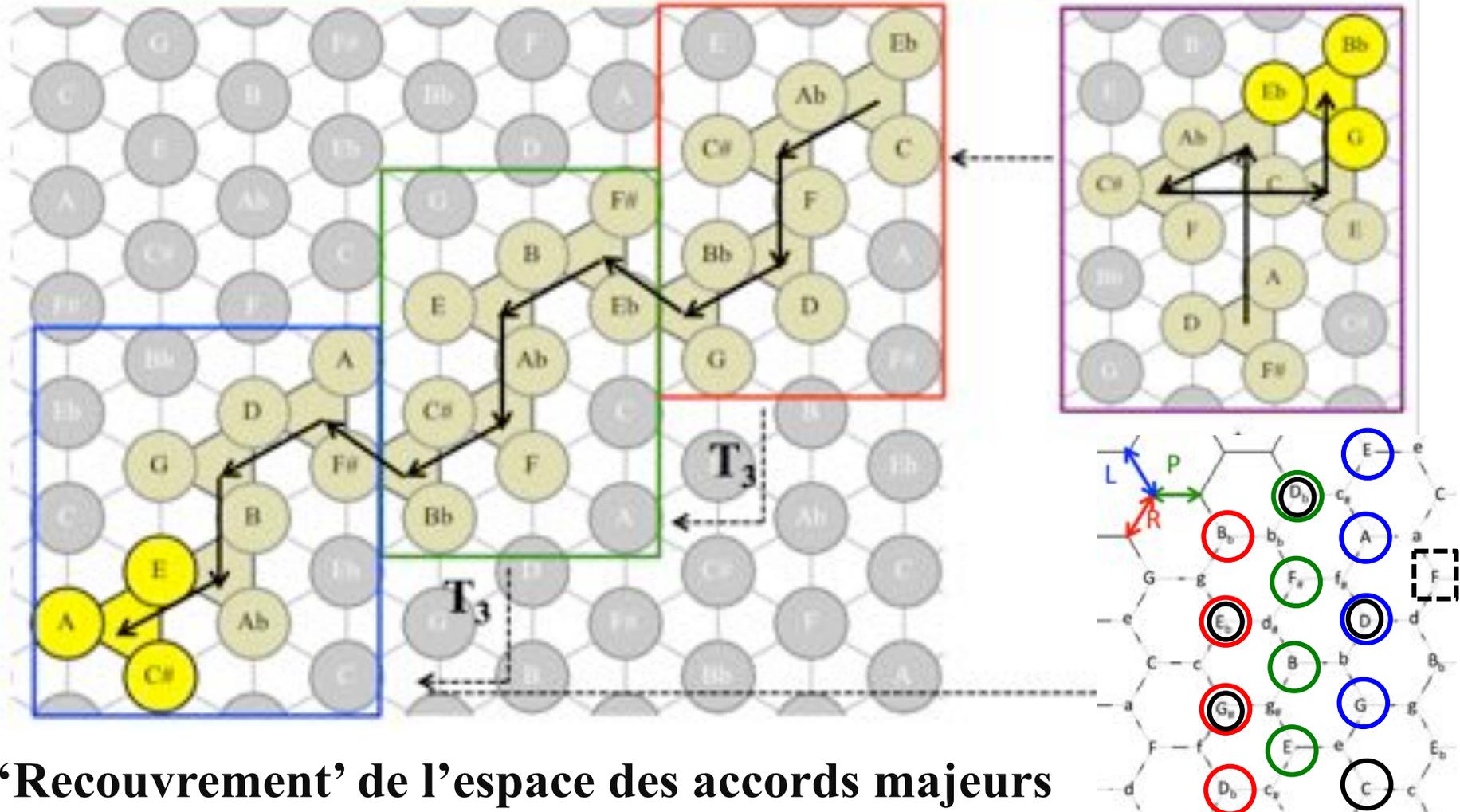
L'abilità de se mouvoir harmoniquement et enharmoniquement appartient à toute forme de musique. L'un des limites du jazz est celui d'insister toujours sur le même parcours harmonique. Je pense que l'oreille a besoin de s'éloigner de cette attention constante sur une tonalité

L'abilità nel muoversi armonicamente e enarmonicamente appartiene a tutta la musica. Uno dei limiti del jazz è quello di insistere sempre sullo stesso giro armonico. Io penso che l'orecchio dopo un po' [...] abbia bisogno di spostarsi [...] da questa continua attenzione sulla stessa tonalità.



# Le jeu des modulations dans *Madeleine* de Paolo Conte

La<sub>b</sub> Re<sub>b</sub> Si<sub>b</sub> Mi<sub>b</sub> Si Mi Re<sub>b</sub> Fa<sub>#</sub> Re Sol Mi La Re La<sub>b</sub> Re<sub>b</sub> Do Mi<sub>b</sub>

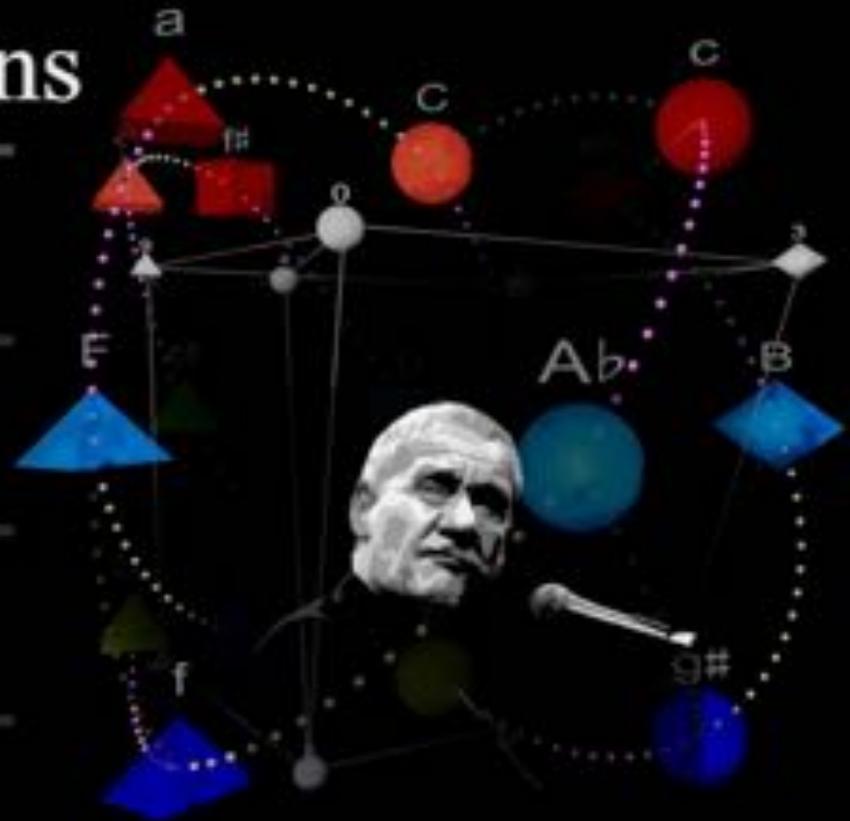


‘Recouvrement’ de l’espace des accords majeurs

# Harmonic Progressions

In Paolo Conte

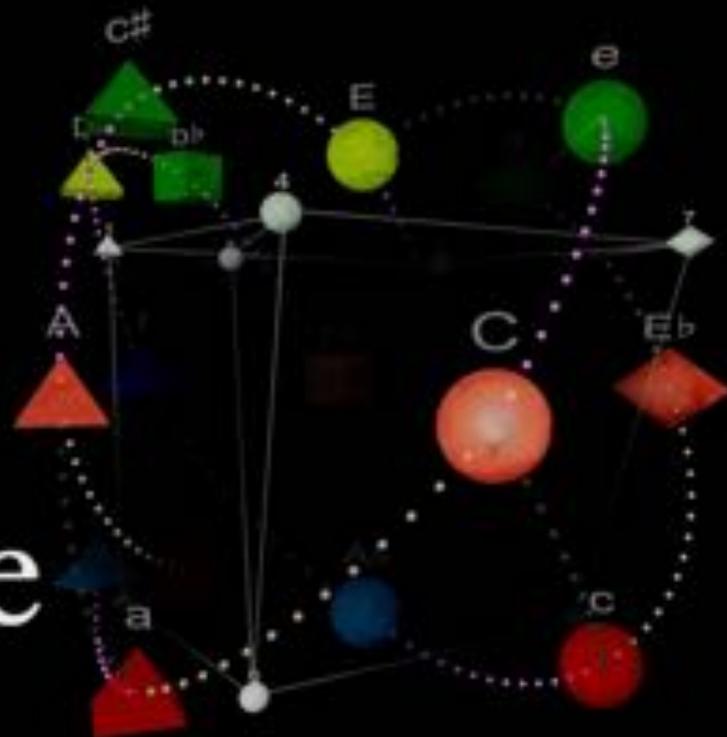
*Madeleine*



Supervision Moreno Andreatta  
Modelisation Gilles Baroin 2016

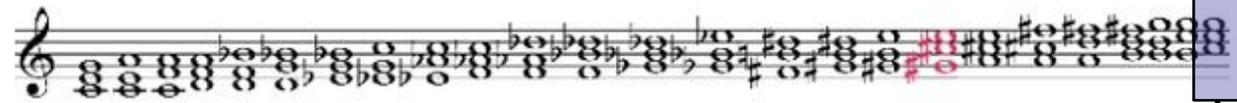
# Beethoven and the Hypersphere

*(and the Tonnetz)*



Gilles Baroin 2016  
[www.MatheMusic.net](http://www.MatheMusic.net)

# Zig-zag et cycles hamiltoniens dans le Tonnetz



← time

## Le Blé en Herbe

(Polo/Moreno/Dieu)

Plonger comme un enfant, cheveux au vent  
 Sous l'océan du blé en herbe  
 Marée d'épis couleur d'amande  
 Qui tendent à caresser le ciel

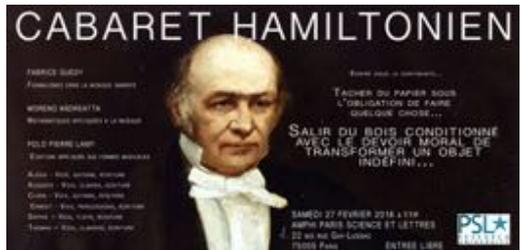
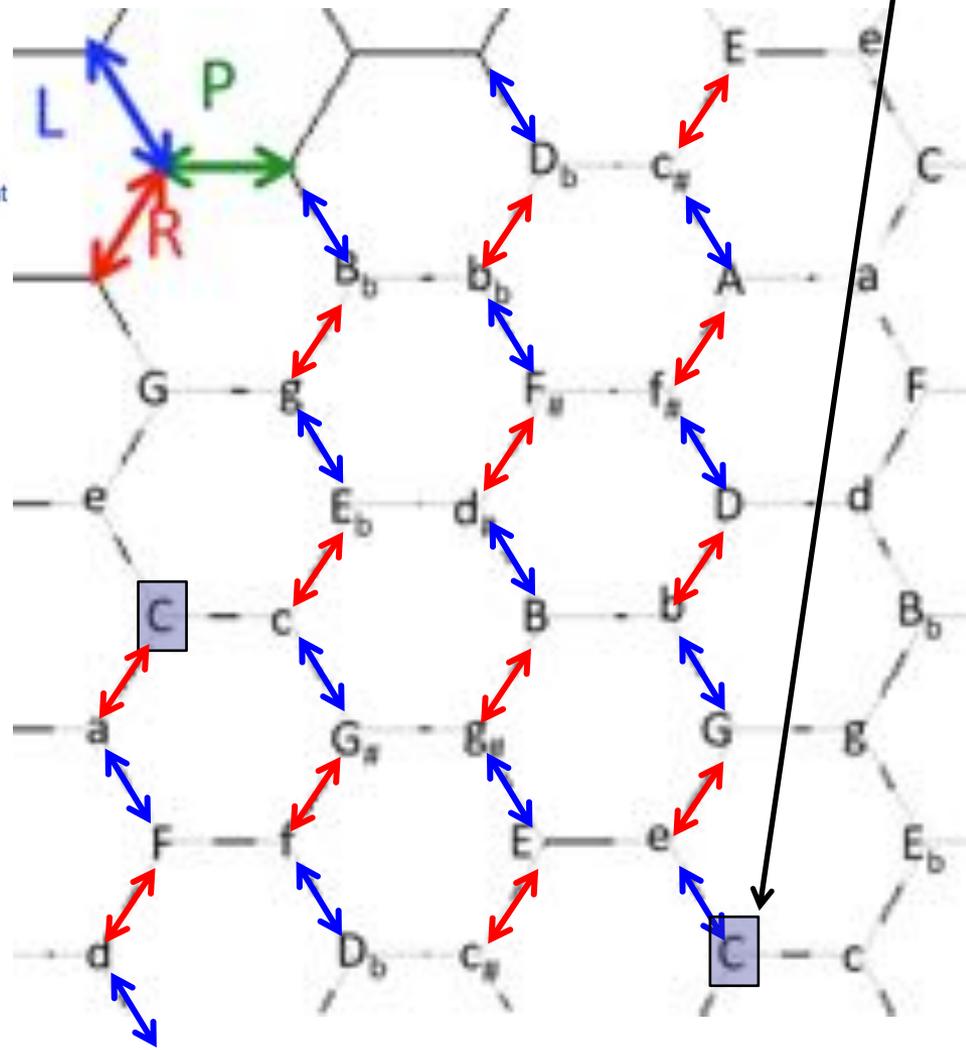
Algues tendres de mille plages  
 Frôlant le ventre des nuages  
 Cheveux de pluie, dos de poissons  
 Qui frissonnent à l'unisson

Suivre le bord des continents  
 Dans l'océan du blé en herbe  
 Pêcher le corail du pavot  
 Dans le sang des coquelicots

Croiser matin dans l'herbe folle  
 Deux tourterelles qui s'envolent  
 Suivre les jeux des hirondelles  
 Sur le paysage éternel  
 Nager comme un enfant, cheveux au vent  
 Sous l'océan  
 Du blé en herbe

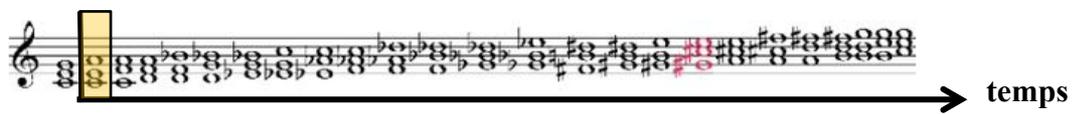
Marée de fruits au goût amer  
 Acide et salée comme la mer

Vers l'îlot d'un petit village  
 Vers un château d'eau sur la plage  
 Quand tout s'éteint avant l'orage  
 Quand se lève le vent du large  
 Sur le blé vert





# Choix de la tonalité à partir du zig-zag



**A part** (Andrée Chédid, poème tiré du recueil *Rythmes* Collection Poésie/Gallimard (n. 527), Gallimard, 2018)

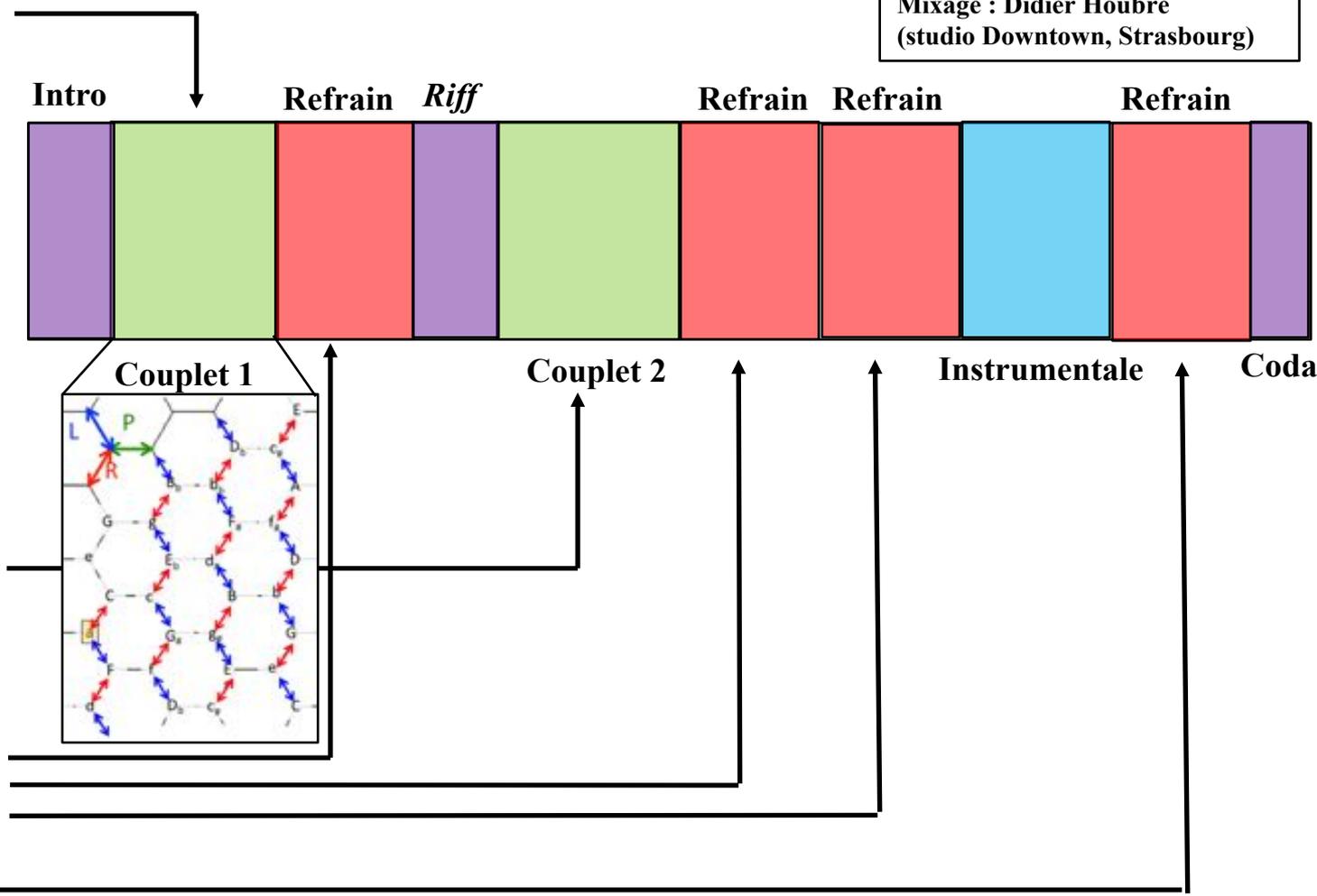
➔ [http://repmus.ircam.fr/\\_media/moreno/prix\\_chédid\\_2018\\_moreno.mp3](http://repmus.ircam.fr/_media/moreno/prix_chédid_2018_moreno.mp3)

Composition : Moreno Andreatta  
Arrangement : Benoît Messinger  
Mixage : Didier Houbre  
(studio Downtown, Strasbourg)

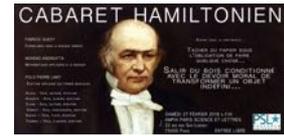
À part le temps  
Et ses rouages  
À part la terre  
En éruptions  
À part le ciel  
Pétrisseur de nuages  
À part l'ennemi  
Qui génère l'ennemi

À part le désamour  
Qui rongé l'illusion  
À part la durée  
Qui moisit nos visages  
  
À part les fléaux  
À part la tyrannie  
À part l'ombre et le crime  
Nos batailles nos outrages

Je te célèbre ô Vie  
Entre cavités et songes  
Intervalle convoité  
Entre le vide et le rien



# BALLADE MARABOUT COLLECTIVE



A lire de haut en bas, puis de bas en haut, sans pause.

C-e-E-a<sub>b</sub>-A<sub>b</sub>-c-E<sub>b</sub>-g-G-b-B-e<sub>b</sub>-F<sub>#</sub>-b<sub>b</sub>-B<sub>b</sub>-d-D-f<sub>#</sub>-A-c<sub>#</sub>-C<sub>#</sub>-f-F-a  
**LPLPLR-LPLPLR-LPLPLR-LPLPLR**

Lassitudes enfantines  
 Enfantine arithmétique  
 Arithmétique enchantée  
 Chante le flot de nos vies

La dorure d'un matin  
 D'un matin tombé du lit  
 D'un lit bleu décoloré  
 Colorié comme un oiseau

Miséreux trappeur des bois  
 Dans les bois poison mortel  
 Mortel ennui qui te scie  
 Qui te scie jusques au sang

Si tu crois, pense à ta tombe  
 Ta tombe est à profaner  
 Fanée comme une fleur morte  
 Morte qui pourras rêver

Silencieux miroirs des cimes  
 Décimes tes vains espoirs  
 Poire juteuse presque pourrie  
 Risques-toi à te goûter

Fabrique un monde arc en ciel  
 Ton ciel est plein de lueurs  
 De lueurs et de clameurs  
 Meurs comme crèvent les chiens



# Cycles hamiltoniens avec périodicité interne

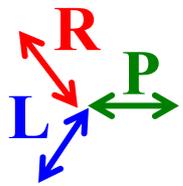
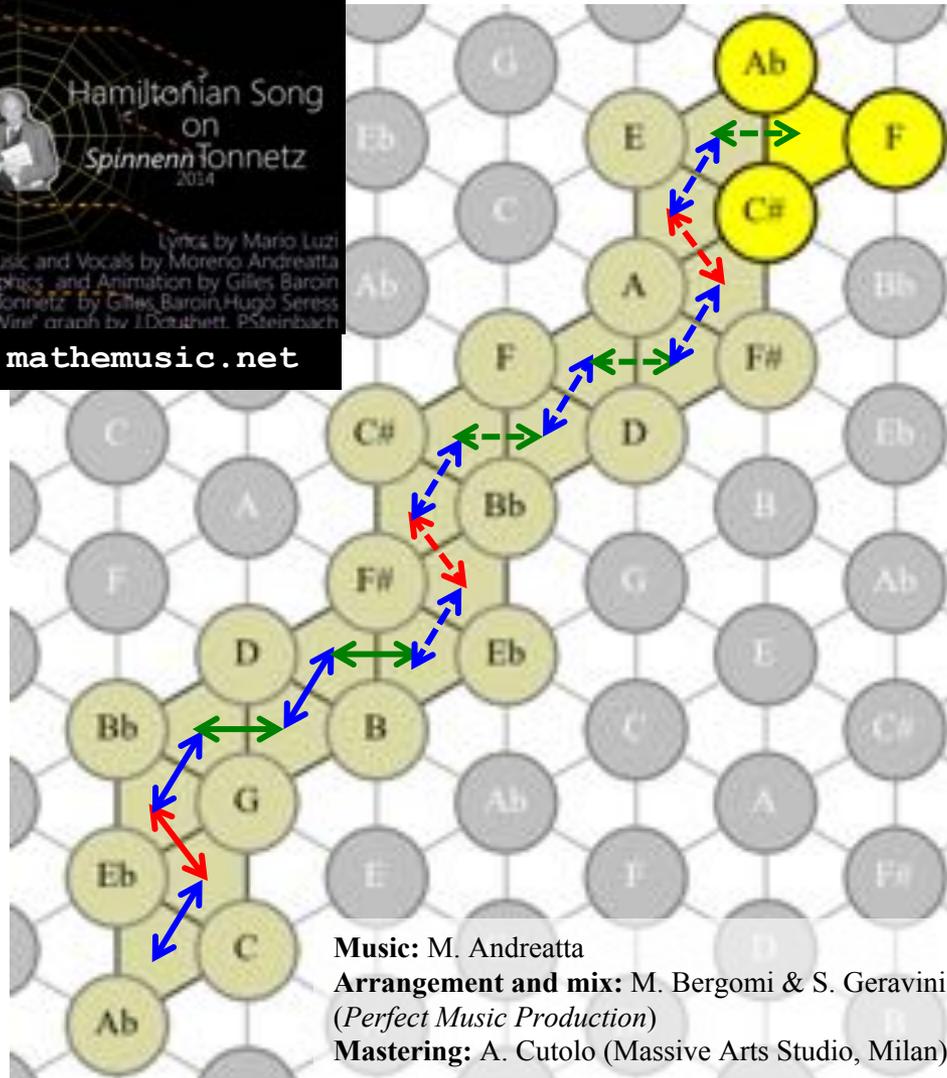
8. C-Cm-Eb-Gm-Bb-Dm-F-Fm-Ab-Abm-B-Ebm-F#-Bbm-C#-C#m-E-Em-G-Bm-D-F#m-A-Am--PRLRLRPR
9. C-Em-E-Abm-Ab-Cm-Eb-Gm-G-Bm-B-Ebm-F#-Bbm-Bb-Dm-D-F#m-A-C#m-C#-Fm-F-Am--LPLPLR
10. C-Em-E-Abm-B-Ebm-Eb-Gm-G-Bm-D-F#m-F#-Bbm-Bb-Dm-F-Am-A-C#m-C#-Fm-Ab-Cm--LPLRLP
11. C-Em-G-Gm-Bb-Bbm-C#-C#m-E-Abm-B-Bm-D-Dm-F-Fm-Ab-Cm-Eb-Ebm-F#-F#m-A-Am--LRPRRPR
12. C-Em-G-Gm-Bb-Bbm-C#-Fm-Ab-Cm-Eb-Ebm-F#-F#m-A-C#m-E-Abm-B-Bm-D-Dm-F-Am--LRPRRLR

L P L P L R ...  
 P L P L R L ...  
 L P L R L P ...  
 P L R L P L ...

**L R L P L P ...**  
 R L P L P L ...



<http://www.mathemusic.net>  
 min. 1'02"



Music: M. Andreatta  
 Arrangement and mix: M. Bergomi & S. Geravini  
 (Perfect Music Production)  
 Mastering: A. Cutolo (Massive Arts Studio, Milan)

La sera non è più la tua canzone  
 (Mario Luzi, 1945, in *Poesie sparse*)

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.

Luzi



Hamiltonian Song  
on  
*Spinnennetz*  
2014

Lyrics by Mario Luzi  
Music and Vocals by Moreno Andreatta  
Graphics and Animation by Gilles Baroin  
*SpinnenNetz* by Gilles Baroin, Hugò Seress  
Original "Chicken Wire" graph by J.Douthett, P.Steinbach

# La collection des 28 cycles hamiltoniens « redondants »

1. C-Cm-Ab-Abm-E-C#m-A-Am-F-Fm-C#-Bbm-F#-F#m-D-Dm-Bb-Gm-Eb-Ebm-B-Bm-G-Em--PLPLRL
2. C-Cm-Ab-Fm-C#-C#m-A-Am-F-Dm-Bb-Bbm-F#-F#m-D-Bm-G-Gm-Eb-Ebm-B-Abm-E-Em--PLRLPL
3. C-Cm-Eb-Ebm-F#-F#m-A-C#m-E-Em-G-Gm-Bb-Bbm-C#-Fm-Ab-Abm-B-Bm-D-Dm-F-Am--PRPRRLR
4. C-Cm-Eb-Ebm-F#-Bbm-C#-C#m-E-Em-G-Gm-Bb-Dm-F-Fm-Ab-Abm-B-Bm-D-F#m-A-Am--PRRLRPR
5. C-Cm-Eb-Ebm-F#-Bbm-C#-Fm-Ab-Abm-B-Bm-D-F#m-A-C#m-E-Em-G-Gm-Bb-Dm-F-Am--PRPRLRLR
6. C-Cm-Eb-Gm-Bb-Bbm-C#-C#m-E-Em-G-Bm-D-Dm-F-Fm-Ab-Abm-B-Ebm-F#-F#m-A-Am--PRLRPRPR
7. C-Cm-Eb-Gm-Bb-Bbm-C#-Fm-Ab-Abm-B-Ebm-F#-F#m-A-C#m-E-Em-G-Bm-D-Dm-F-Am--PRLR
8. C-Cm-Eb-Gm-Bb-Dm-F-Fm-Ab-Abm-B-Ebm-F#-Bbm-C#-C#m-E-Em-G-Bm-D-F#m-A-Am--PRLRLRPR
9. C-Em-E-Abm-Ab-Cm-Eb-Gm-G-Bm-B-Ebm-F#-Bbm-Bb-Dm-D-F#m-A-C#m-C#-Fm-F-Am--LPLPLR
10. C-Em-E-Abm-B-Ebm-Eb-Gm-G-Bm-D-F#m-F#-Bbm-Bb-Dm-F-Am-A-C#m-C#-Fm-Ab-Cm--LPLRLP
11. C-Em-G-Gm-Bb-Bbm-C#-C#m-E-Abm-B-Bm-D-Dm-F-Fm-Ab-Cm-Eb-Ebm-F#-F#m-A-Am--LRPRPRPR
12. C-Em-G-Gm-Bb-Bbm-C#-Fm-Ab-Cm-Eb-Ebm-F#-F#m-A-C#m-E-Abm-B-Bm-D-Dm-F-Am--LRPRRLR
13. C-Em-G-Gm-Bb-Dm-F-Fm-Ab-Cm-Eb-Ebm-F#-Bbm-C#-C#m-E-Abm-B-Bm-D-F#m-A-Am--LRPR
14. C-Em-G-Bm-B-Ebm-Eb-Gm-Bb-Dm-D-F#m-F#-Bbm-C#-Fm-F-Am-A-C#m-E-Abm-Ab-Cm--LRLPLP
15. C-Em-G-Bm-D-Dm-F-Fm-Ab-Cm-Eb-Gm-Bb-Bbm-C#-C#m-E-Abm-B-Ebm-F#-F#m-A-Am--LRLRPRPR
16. C-Em-G-Bm-D-F#m-A-C#m-E-Abm-B-Ebm-F#-Bbm-C#-Fm-Ab-Cm-Eb-Gm-Bb-Dm-F-Am--LR
17. C-Am-A-F#m-F#-Ebm-Eb-Cm-Ab-Fm-F-Dm-D-Bm-B-Abm-E-C#m-C#-Bbm-Bb-Gm-G-Em--RPRPRRL
18. C-Am-A-F#m-F#-Ebm-B-Abm-Ab-Fm-F-Dm-D-Bm-G-Em-E-C#m-C#-Bbm-Bb-Gm-Eb-Cm--RPRPRLRP
19. C-Am-A-F#m-F#-Ebm-B-Abm-E-C#m-C#-Bbm-Bb-Gm-Eb-Cm-Ab-Fm-F-Dm-D-Bm-G-Em--RPRPRLRL
20. C-Am-A-F#m-D-Bm-B-Abm-Ab-Fm-F-Dm-Bb-Gm-G-Em-E-C#m-C#-Bbm-F#-Ebm-Eb-Cm--RPRLRPRP
21. C-Am-A-F#m-D-Bm-B-Abm-E-C#m-C#-Bbm-F#-Ebm-Eb-Cm-Ab-Fm-F-Dm-Bb-Gm-G-Em--RPRL
22. C-Am-A-F#m-D-Bm-G-Em-E-C#m-C#-Bbm-F#-Ebm-B-Abm-Ab-Fm-F-Dm-Bb-Gm-Eb-Cm--RPRLRLRP
23. C-Am-F-Fm-C#-C#m-A-F#m-D-Dm-Bb-Bbm-F#-Ebm-B-Bm-G-Gm-Eb-Cm-Ab-Abm-E-Em--RLPLPL
24. C-Am-F-Dm-D-Bm-B-Abm-Ab-Fm-C#-Bbm-Bb-Gm-G-Em-E-C#m-A-F#m-F#-Ebm-Eb-Cm--RLRPRPRP
25. C-Am-F-Dm-D-Bm-B-Abm-E-C#m-A-F#m-F#-Ebm-Eb-Cm-Ab-Fm-C#-Bbm-Bb-Gm-G-Em--RLRPRPRL
26. C-Am-F-Dm-D-Bm-G-Em-E-C#m-A-F#m-F#-Ebm-B-Abm-Ab-Fm-C#-Bbm-Bb-Gm-Eb-Cm--RLRP
27. C-Am-F-Dm-Bb-Gm-G-Em-E-C#m-A-F#m-D-Bm-B-Abm-Ab-Fm-C#-Bbm-F#-Ebm-Eb-Cm--RLRLRPRP
28. C-Am-F-Dm-Bb-Gm-Eb-Cm-Ab-Fm-C#-Bbm-F#-Ebm-B-Abm-E-C#m-A-F#m-D-Bm-G-Em--RL



Le Blé en Herbe



Listing complet à l'adresse :

[http://repmus.ircam.fr/\\_media/moreno/list\\_hamiltonian\\_cycles\\_bigo\\_andreatta\\_2016.pdf](http://repmus.ircam.fr/_media/moreno/list_hamiltonian_cycles_bigo_andreatta_2016.pdf)



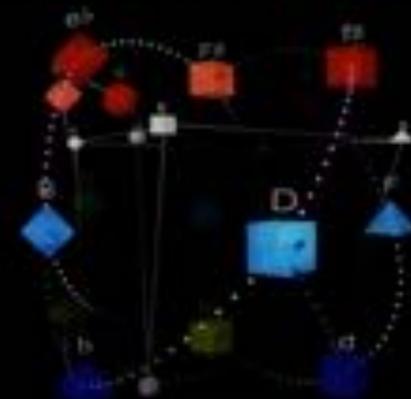




# Aprile

Hamiltonian Song

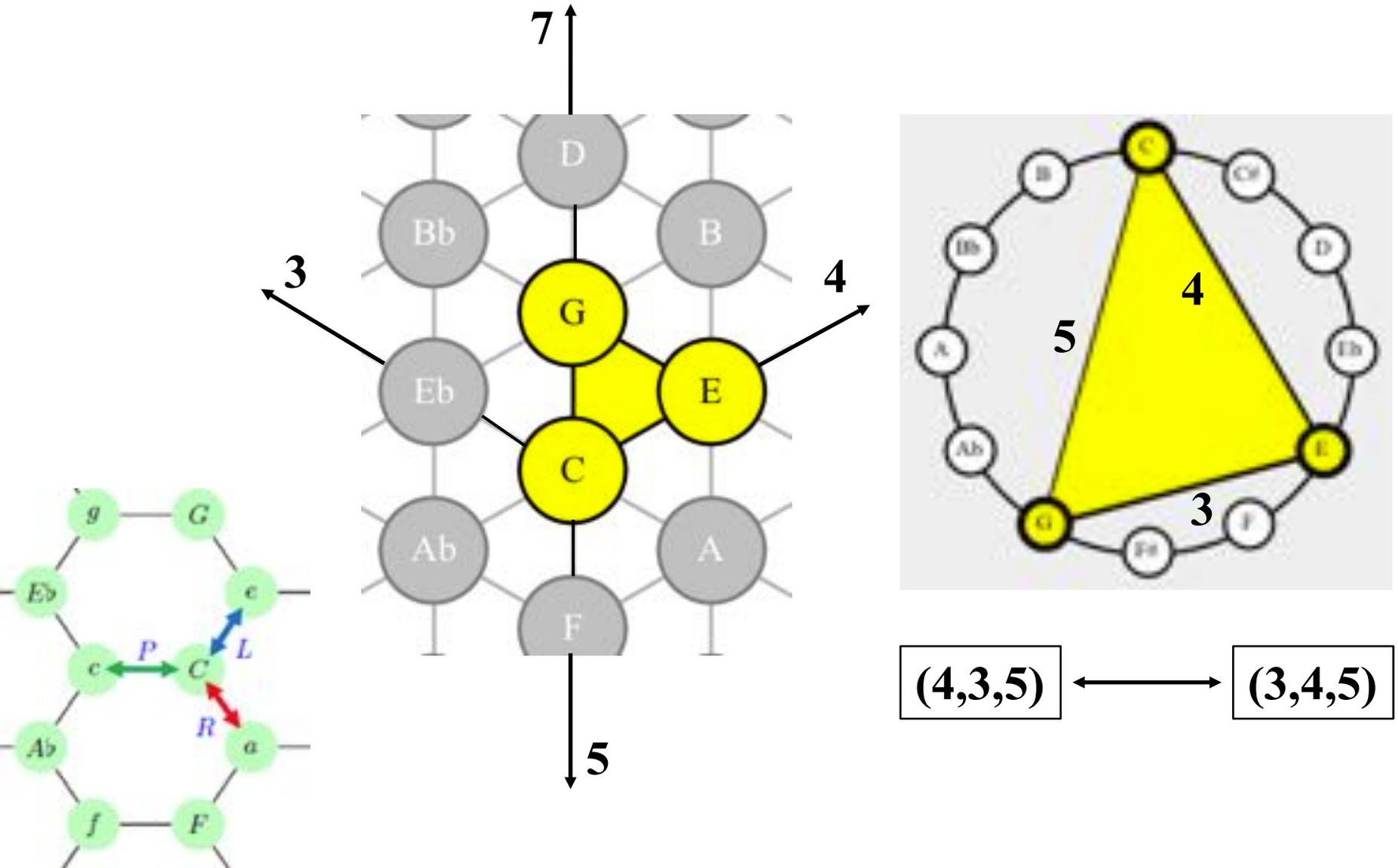
Mathemusical  
2D & 4D Visualizations



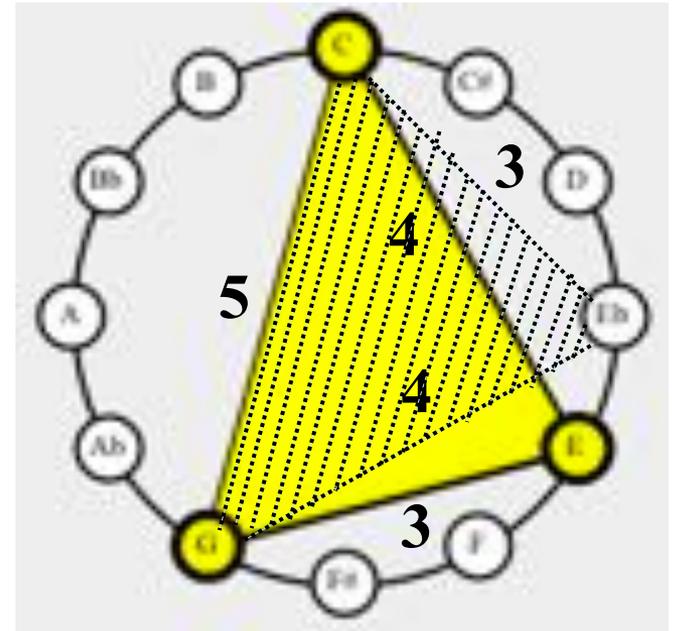
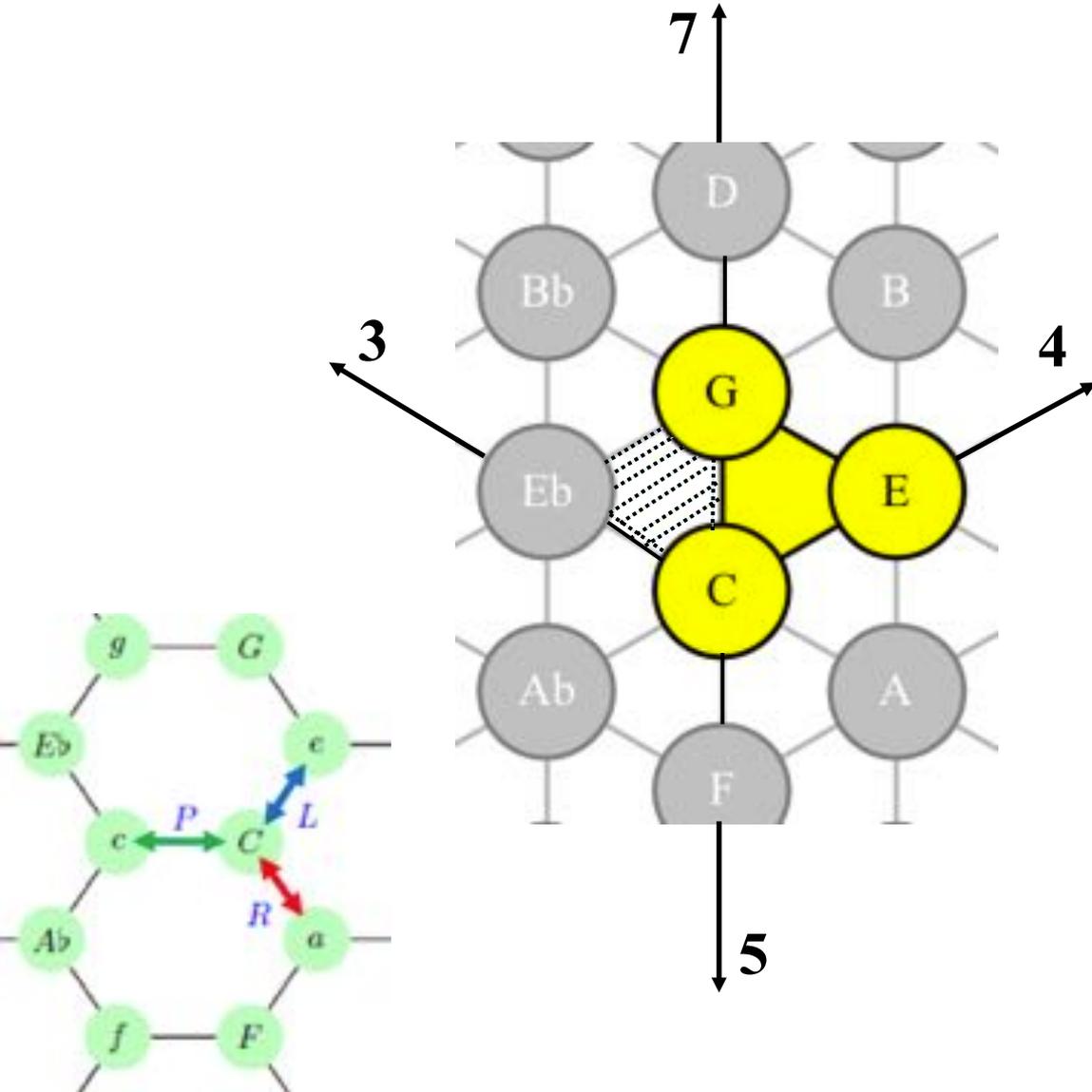
Composition, Performance: Moreno Andreatta  
Hyperspheres & Animations: Gilles Baroin  
Spinnen-Tonnetz: Hugò Seress & G.B  
Lyrics by Gabriele D'Annunzio  
[www.MatheMusic.net](http://www.MatheMusic.net)



# Du *Tonnetz* aux *Tonnetze*

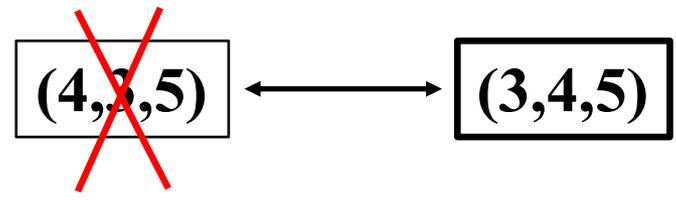
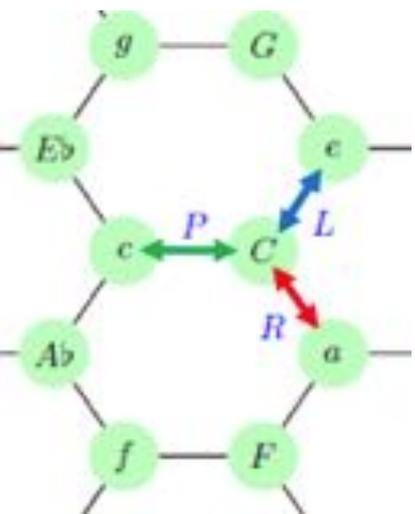
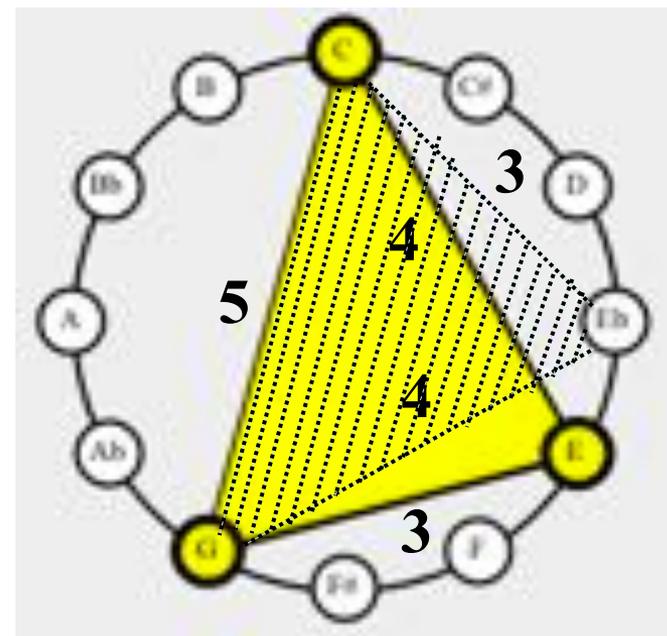
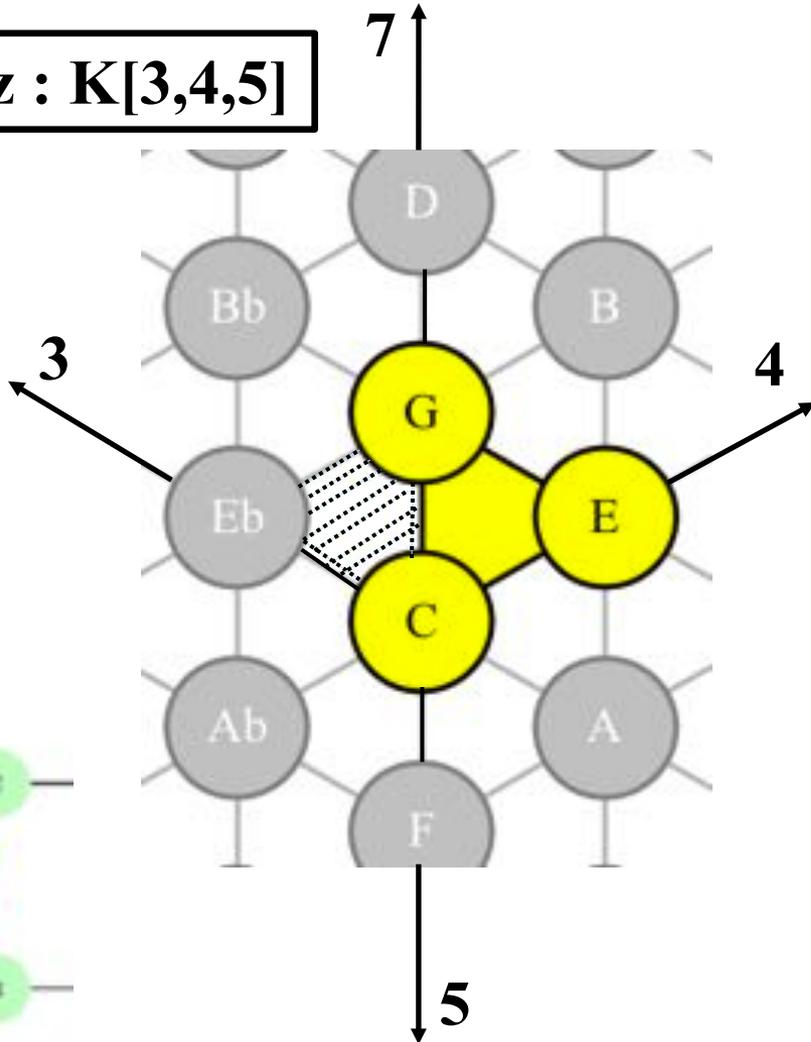


# Du *Tonnetz* aux *Tonnetze*



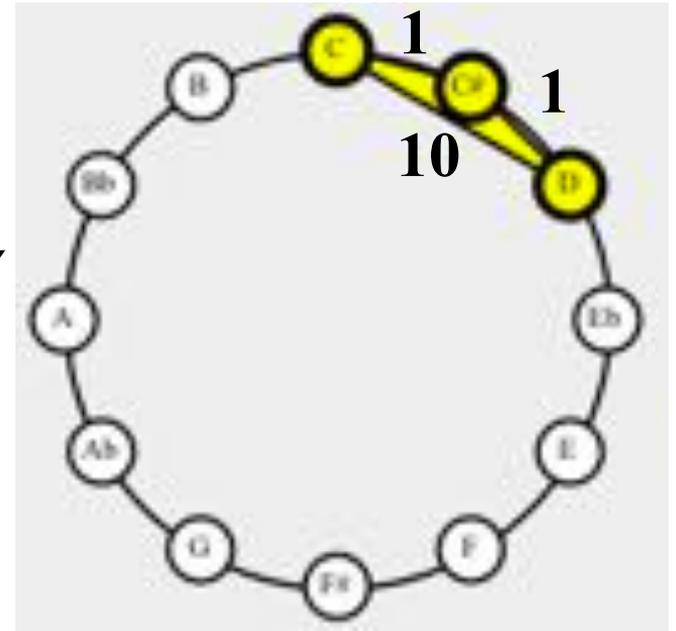
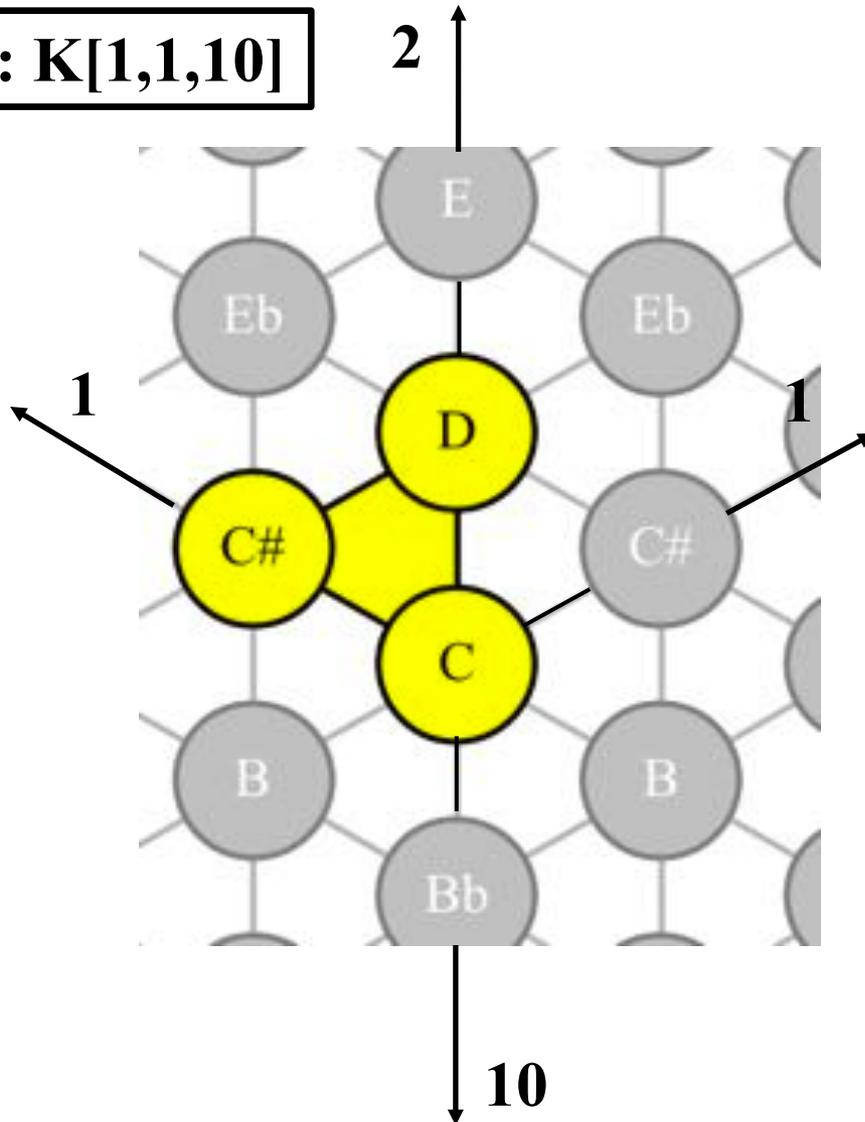
# Du *Tonnetz* aux *Tonnetze*

**Tonnetz :  $K[3,4,5]$**



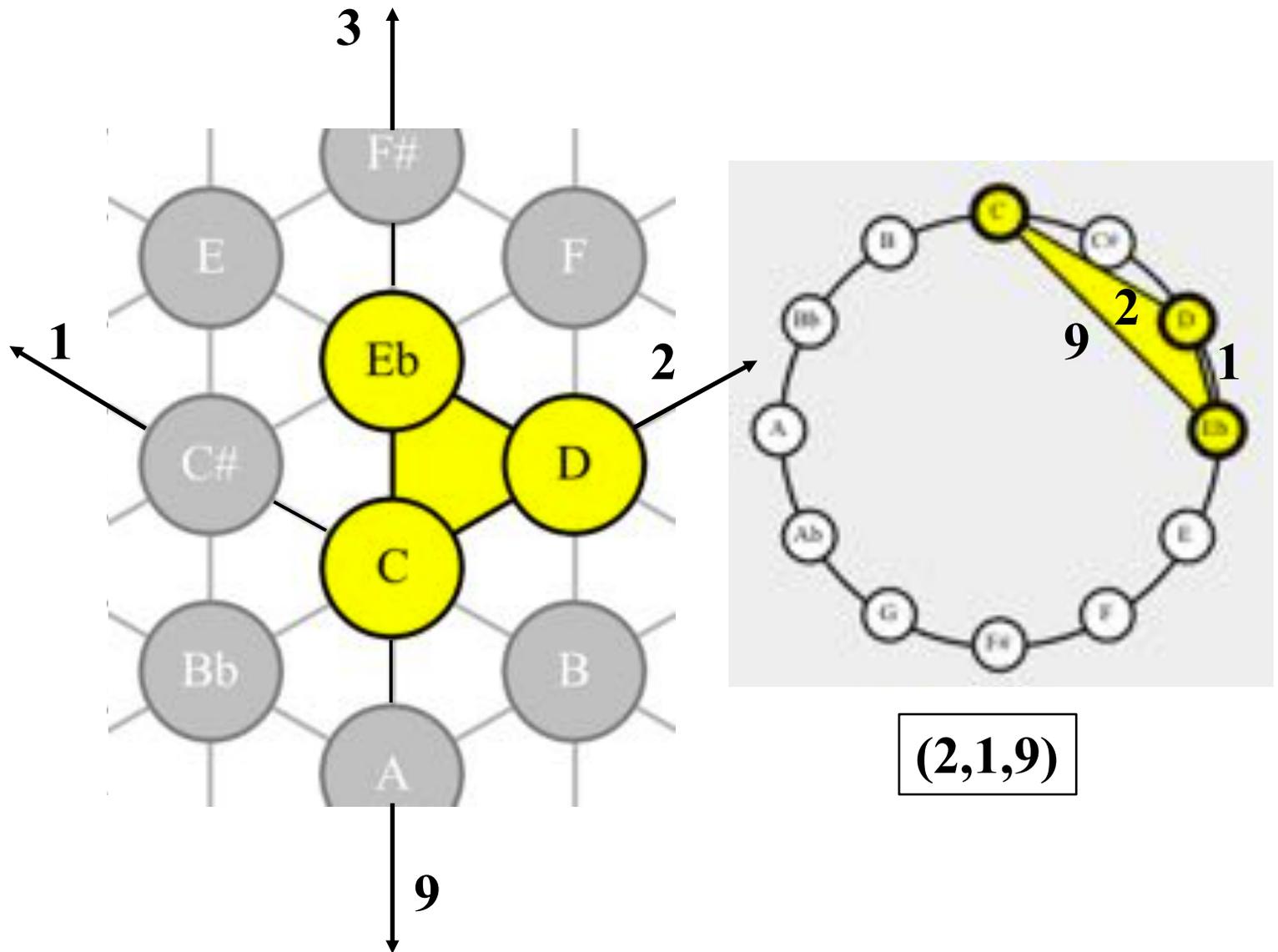
# Du Tonnetz aux Tonnetze

**Tonnetz :  $K[1,1,10]$**

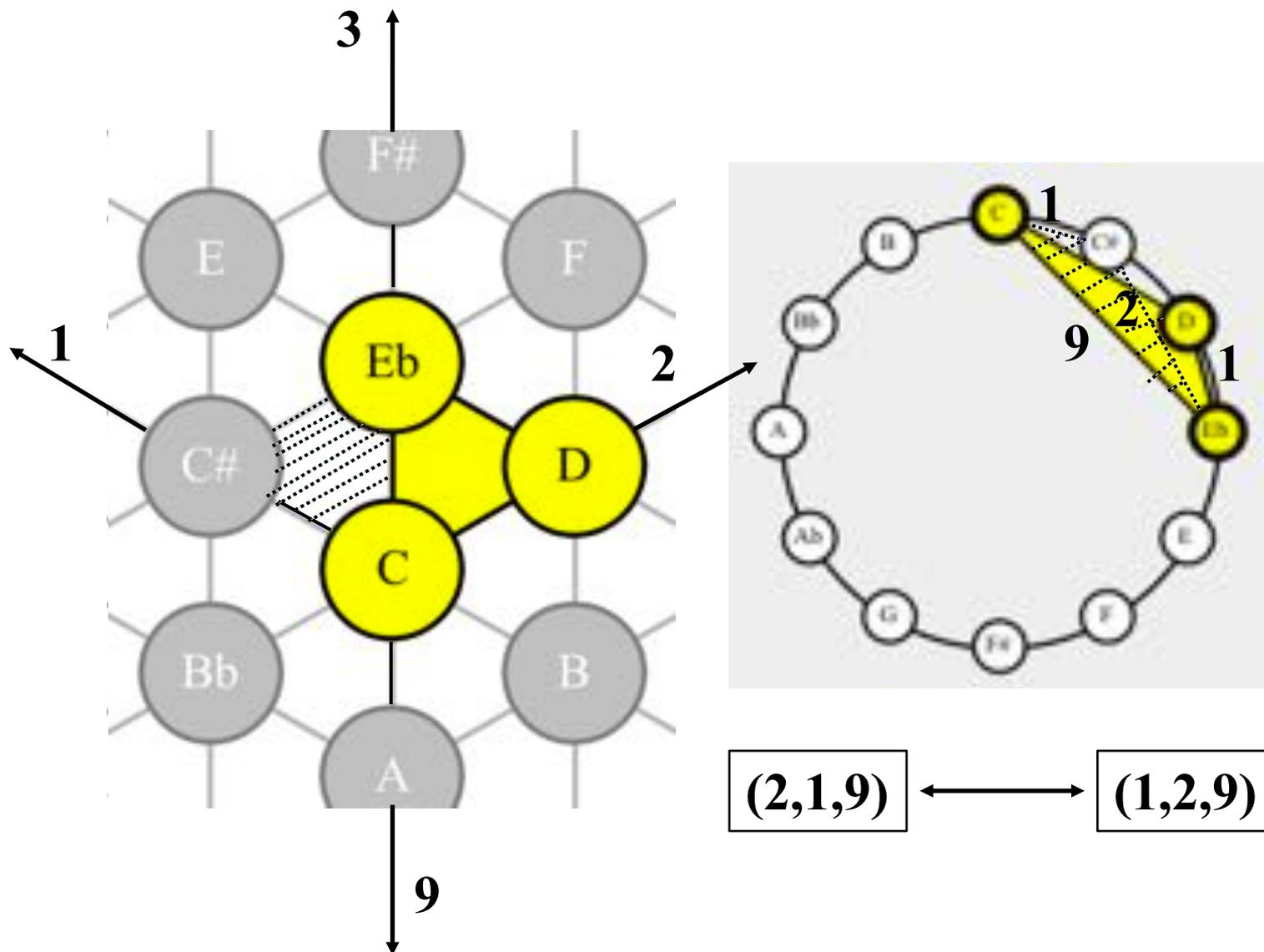


**(1,1,10)**

# Du Tonnetz aux Tonnetze

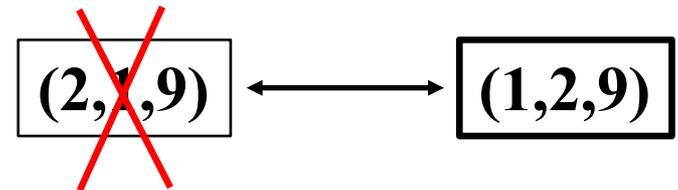
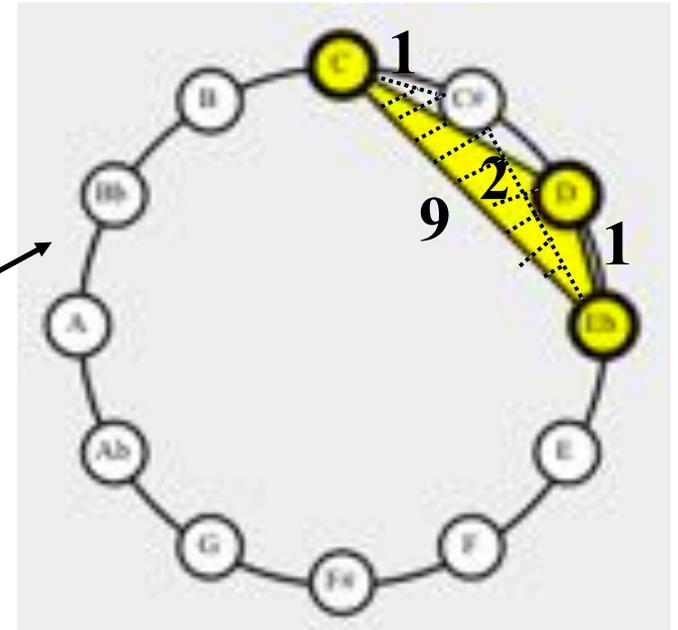
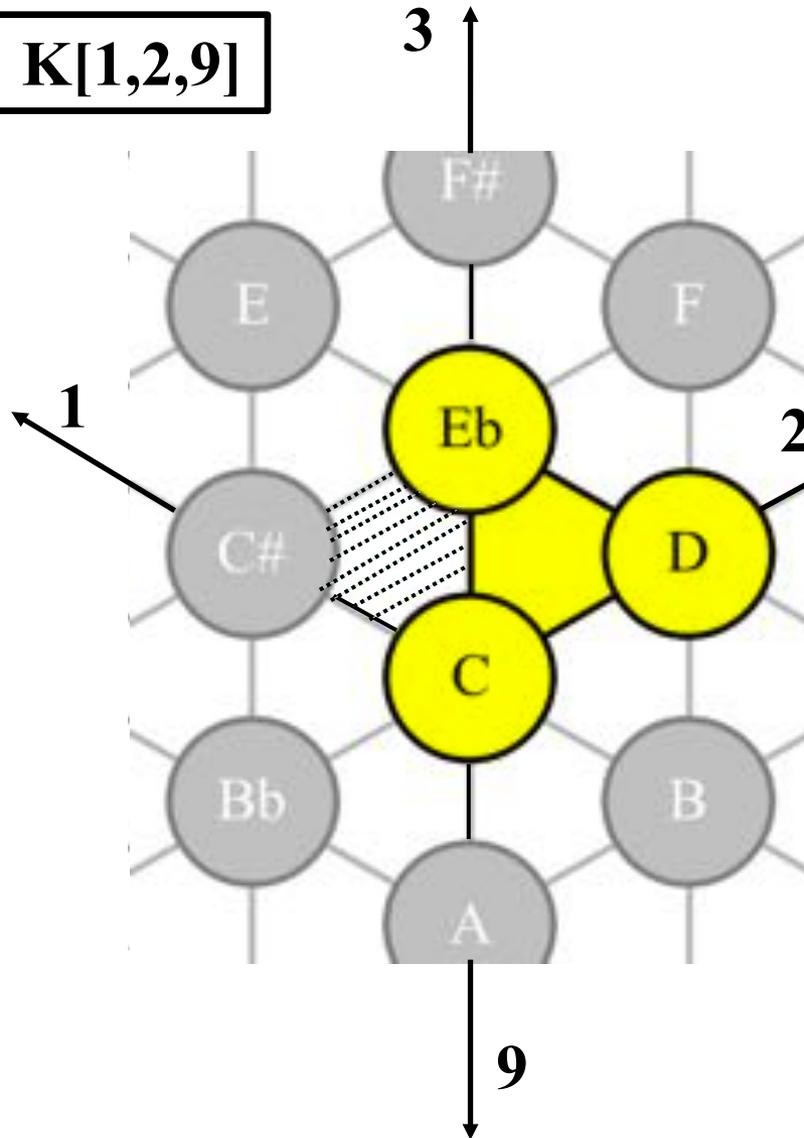


# Du Tonnetz aux Tonnetze



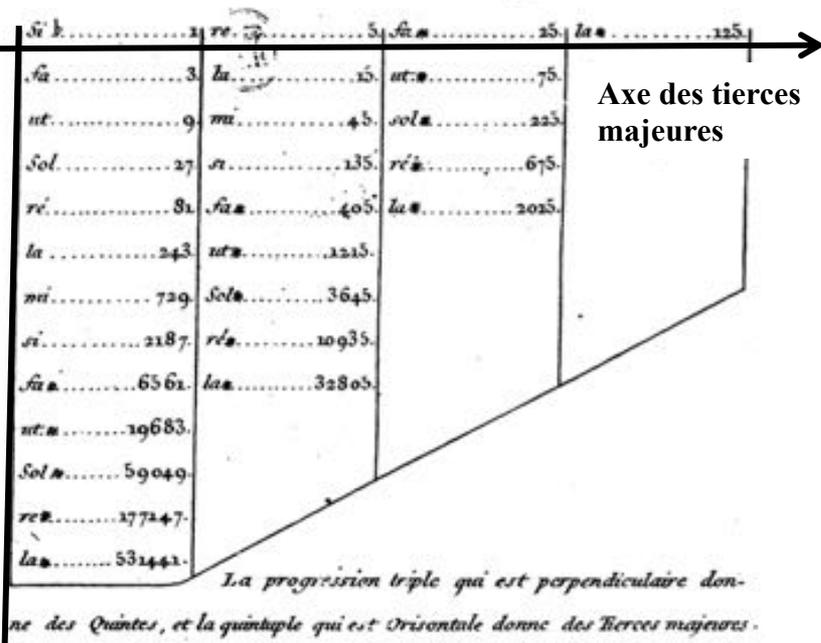
# Du Tonnetz aux Tonnetze

Tonnetz :  $K[1,2,9]$



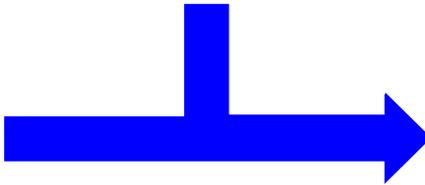
# Les origines ramistes du *Tonnetz* (selon Henri Pousseur)

## PROGRESSIONS TRIPLES ET QUINTUPLES



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

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



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

# Les origines ramistes du *Tonnetz* (selon Henri Pousseur)

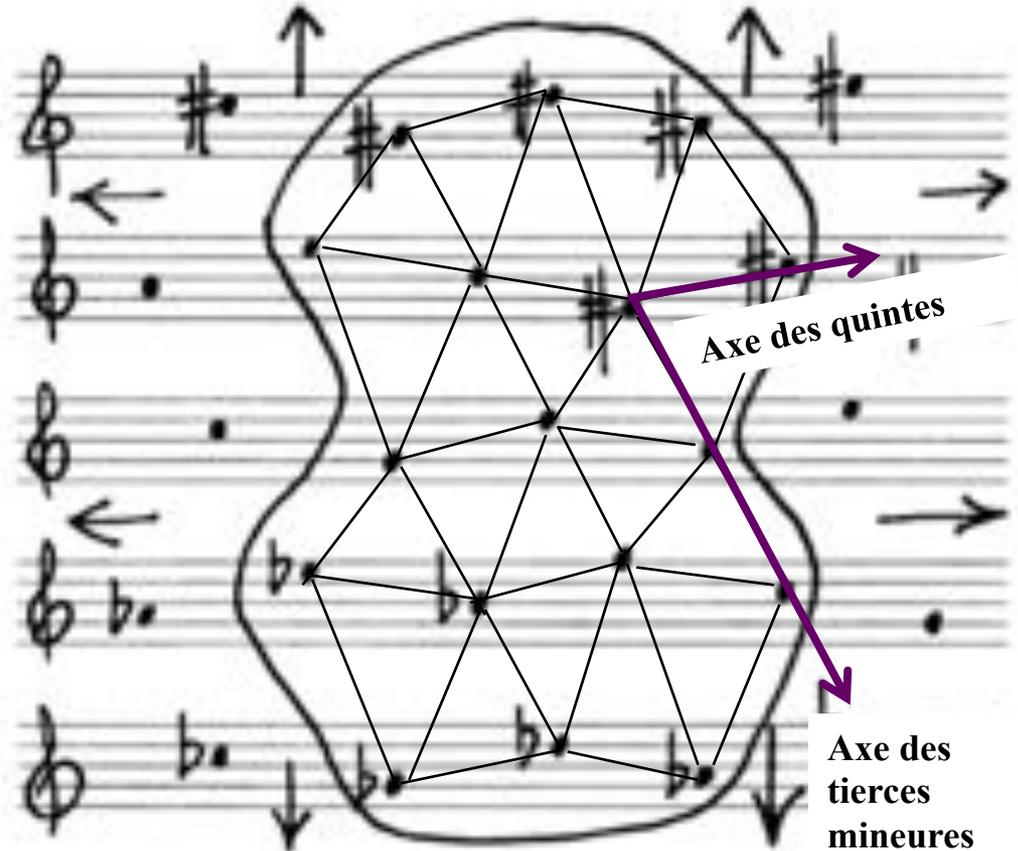
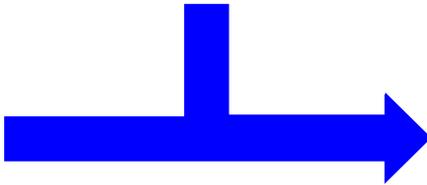
## PROGRESSIONS TRIPLES ET QUINTUPLES

ré ♭	3	ré	5	fa ♯	15	la ♯	25	la ♯	125
fa	3	la	15	ut ♯	75				
ut	9	mi	45	sol ♯	225				
Sol	27	si	135	ré ♯	675				
ré	81	fa ♯	405	la ♯	2025				
la	243	ut ♯	1215						
mi	729	Sol ♯	3645						
si	2187	ré ♯	10935						
fa ♯	6561	la ♯	32805						
ut ♯	19683								
Sol ♯	59049								
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 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

# Les origines ramistes du *Tonnetz* (selon Henri Pousseur)

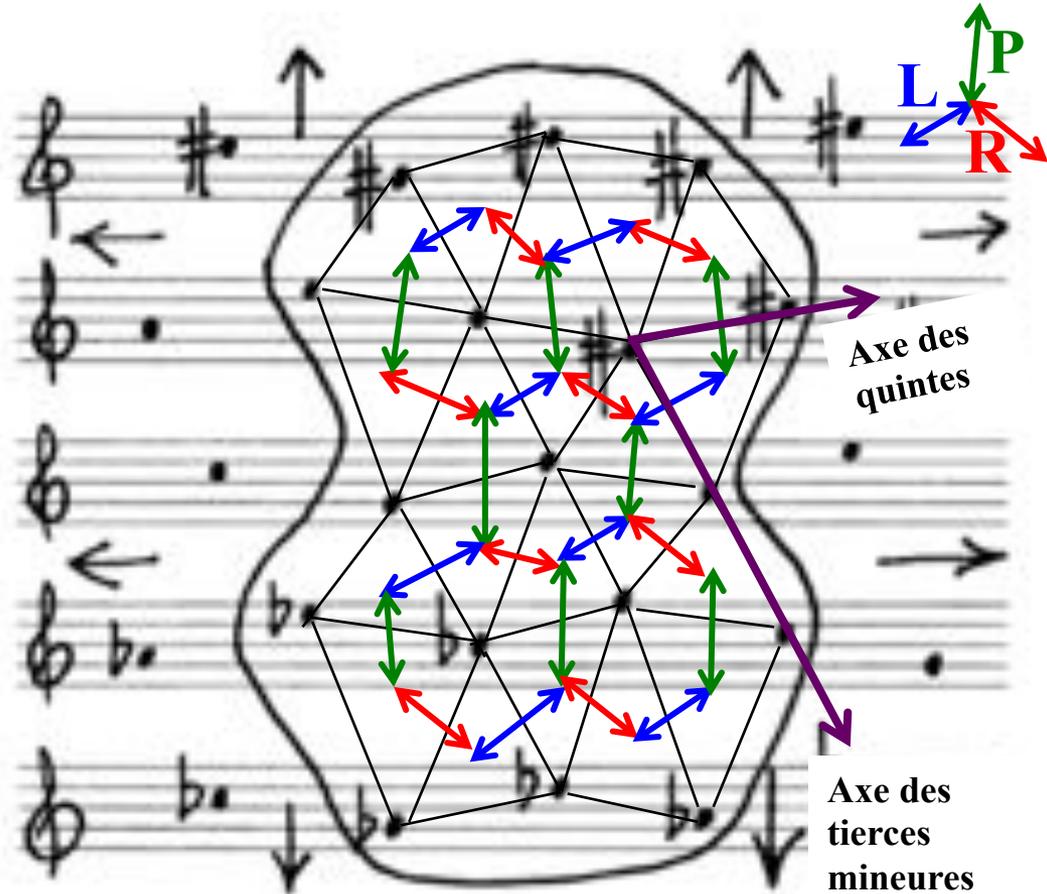
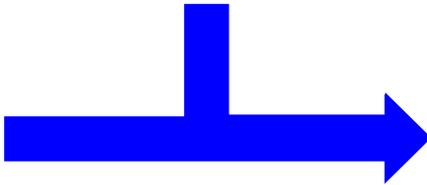
## PROGRESSIONS TRIPLES ET QUINTUPLES

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

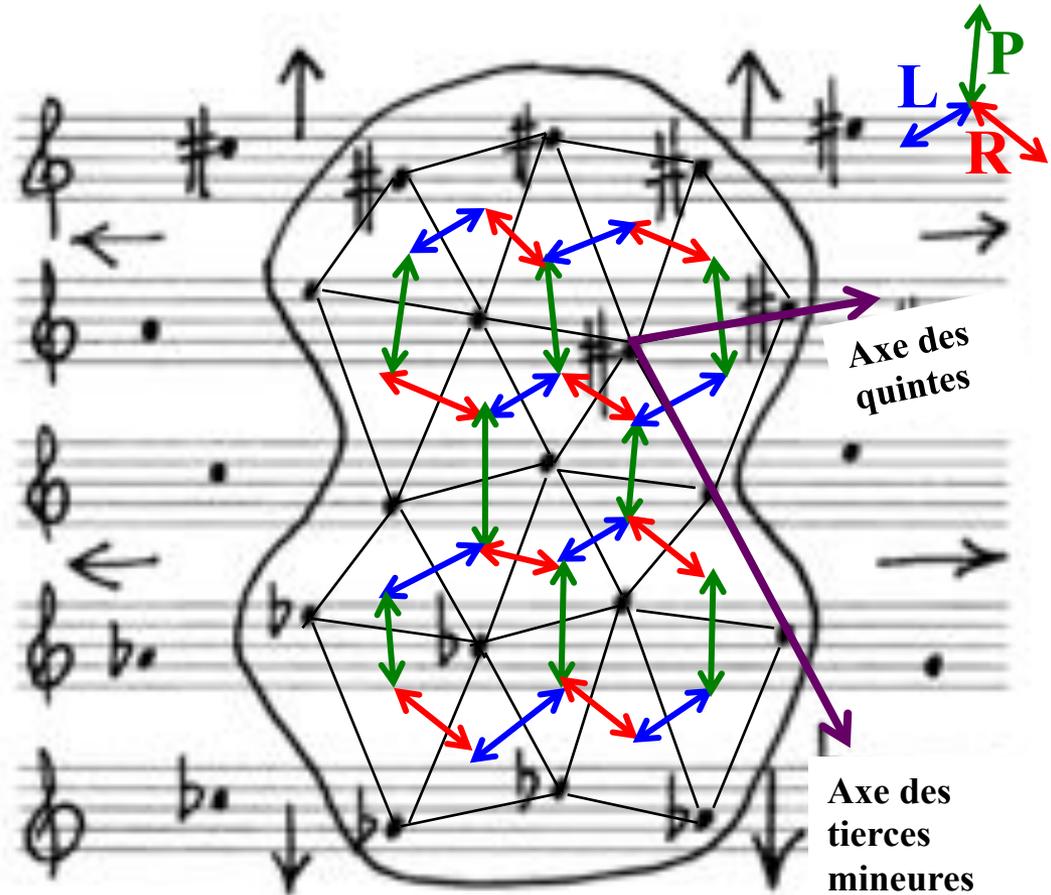
- « L'apothéose de Rameau. Essai sur la question harmonique, *Musiques Nouvelles. Revue d'esthétique*, 21, 105-172, 1968
- « Applications Analytiques de la 'technique des réseaux' », *Revue belge de Musicologie*, Vol. 52, pp. 247-298, 1998

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

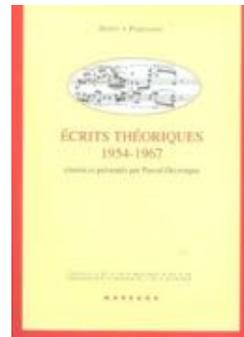
# Les origines ramistes du *Tonnetz* (selon Henri Pousseur)

« 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.

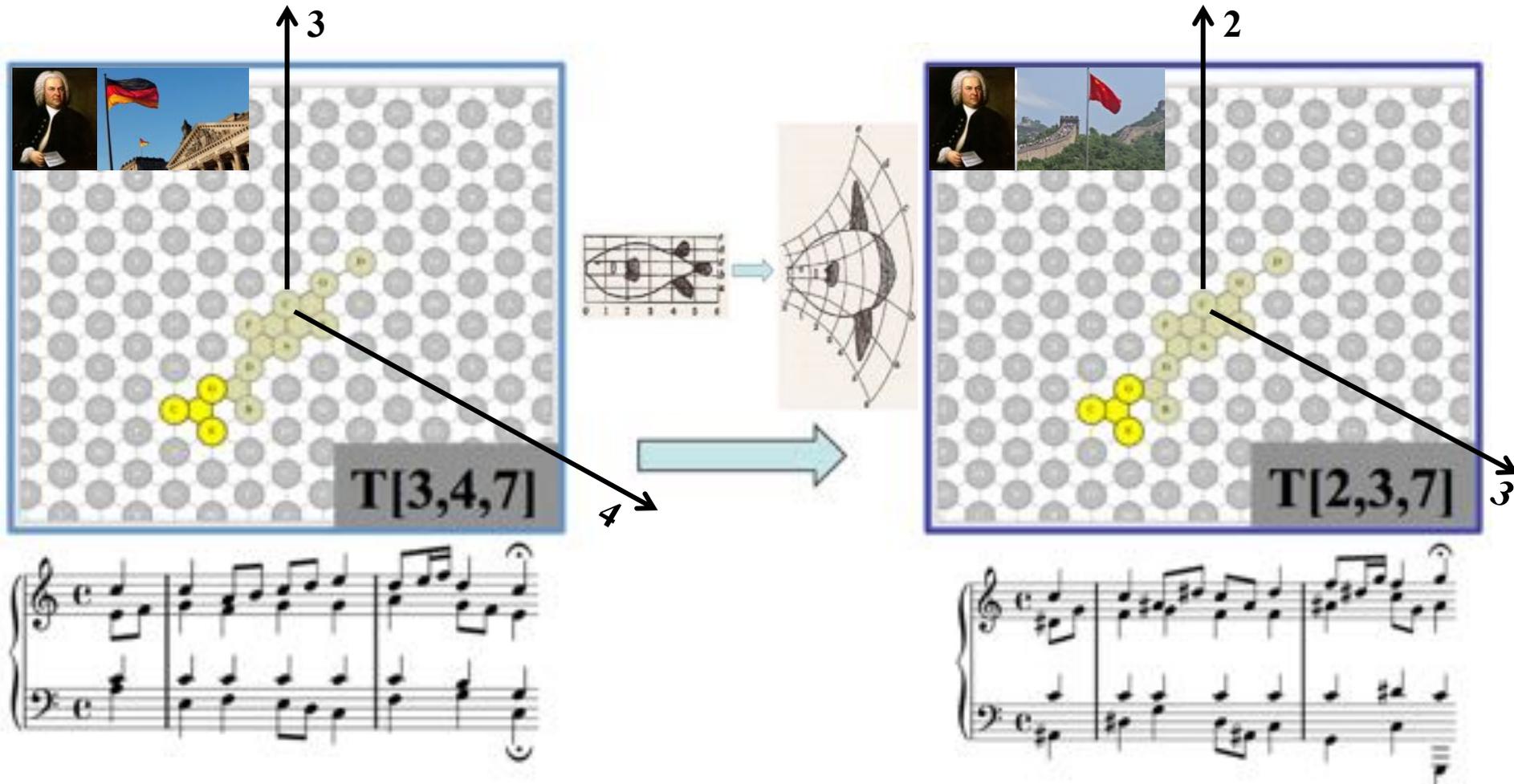
Ajoutons encore que l’on peut passer de certains réseaux à certains autres en faisant simplement ‘basculer’ les axes [...] ce qui modifie les rapports de proximité structurelle entre les notes et donc la hiérarchie de leurs intervalles ».



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

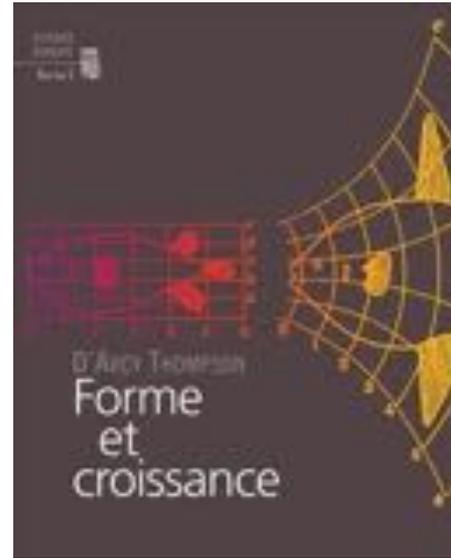
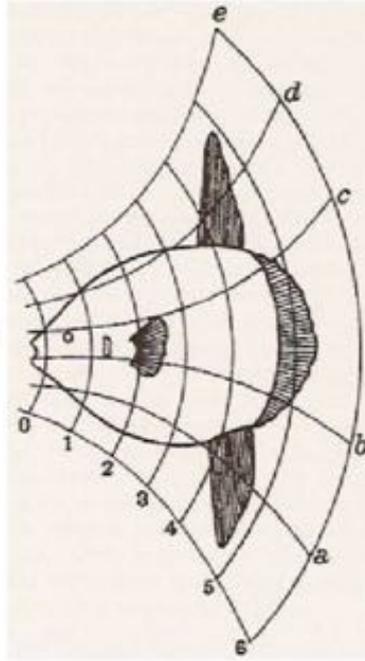
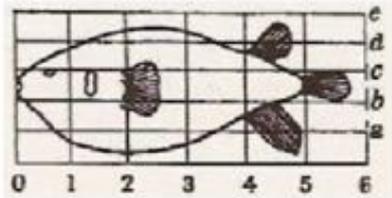


# Transformations géométriques et transformations musicales



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

# Transformations géométriques et transformations musicales



« [La notion de **transformation**] me vient d'un ouvrage qui a joué pour moi un rôle décisif et que j'ai lu pendant la guerre aux États Unis: *On Growth and Form*, en deux volumes, de D'Arcy Wentworth Thompson, paru pour la première fois en 1917. L'auteur, naturaliste écossais, (...) interprétait comme des transformations les différences visibles entre les espèces ou organes animaux ou végétaux au sein d'un même genre. Ce fut une illumination, d'autant que j'allais vite m'apercevoir que cette façon de voir s'inscrivait dans une longue tradition: derrière Thompson, il y avait la botanique de Goethe, et derrière Goethe, Albert Dürer avec son *Traité de la proportion du corps humain* » (Lévi-Strauss et Eribon, 1988).

# Choix de l'espace de représentation dans *Hexachord*

The screenshot displays the Hexachord software interface, which is used for analyzing and visualizing musical structures. The interface is divided into several panels:

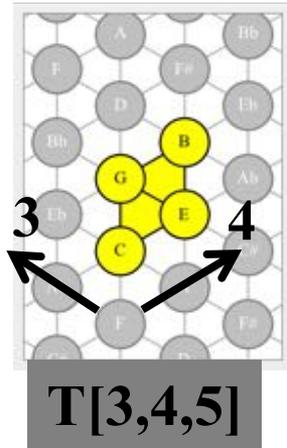
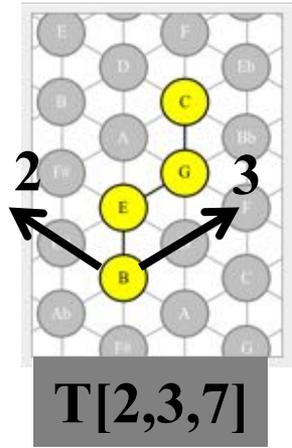
- File Viewer:** Shows a 3D visualization of a hexachord as a polyhedron with green and blue faces.
- Tomsetti: K[3,4,5]:** A grid of circles representing notes, with a path of yellow circles forming a hexachord.
- Controls:** Includes a tempo slider (0 to 20), Play and Stop buttons, and a "Select midi file" button.
- Complexes:** A section with checkboxes for "Chromatic complexes" (checked, K[2,3,7]) and "Heptatonic complexes" (CM). It also has "Trace off" and "Harmonization ON" buttons, and a "Display graph" button.
- Vertical compactness:** A section with "compactness dimension" and "complexes dimension" set to 2, and a "compute compactness" button.
- Path Transformation:** A section with "Origin complex" (K[3,4,5]) and "Destination complex" (K[3,4,5]), and "Rotation", "North translation", and "North-east translation" sliders, all set to 0. A "Path Transformation" button is at the bottom.
- Chart:** A bar chart titled "2-compactness : bwv0281" showing the 2-compactness of various complexes. The y-axis is labeled "2-compactness" and ranges from 0 to 10. The x-axis lists complexes: K[1,1,0], K[1,2,0], K[1,3,0], K[1,4,7], K[1,5,0], K[2,2,0], K[2,3,7], K[2,4,0], K[2,5,0], K[3,3,0], K[3,4,5], and K[4,4,0]. The K[3,4,5] complex has the highest value, around 10.
- Chart:** A bar chart titled "2-compactness : bwv0281" showing the 2-compactness of various complexes over time. The y-axis is labeled "Complex compactness" and ranges from 0 to 1. The x-axis is labeled "time" and ranges from 0 to 25,000. The chart shows a series of vertical bars of different colors representing different complexes.

A small inset image shows a man, Louis Bigo, sitting at a desk with a laptop, presenting the software.

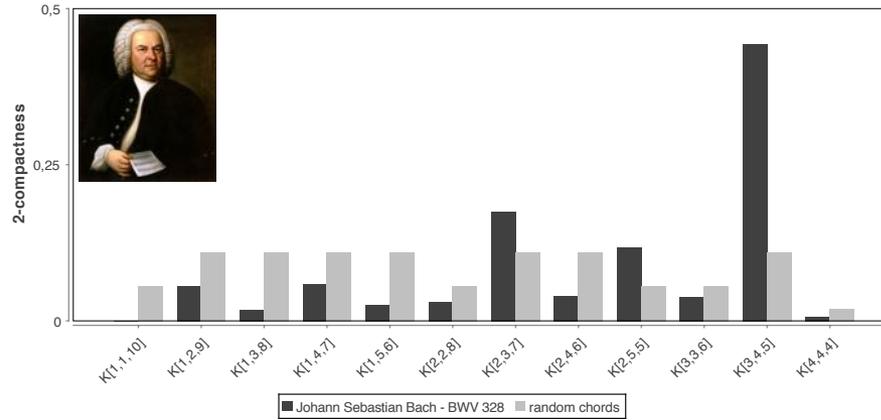
Louis Bigo

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

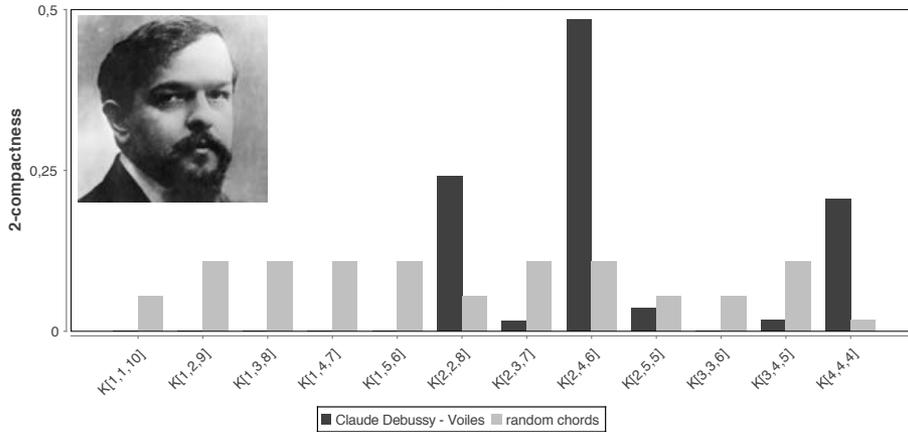
# Le caractère spatial du « style musical »



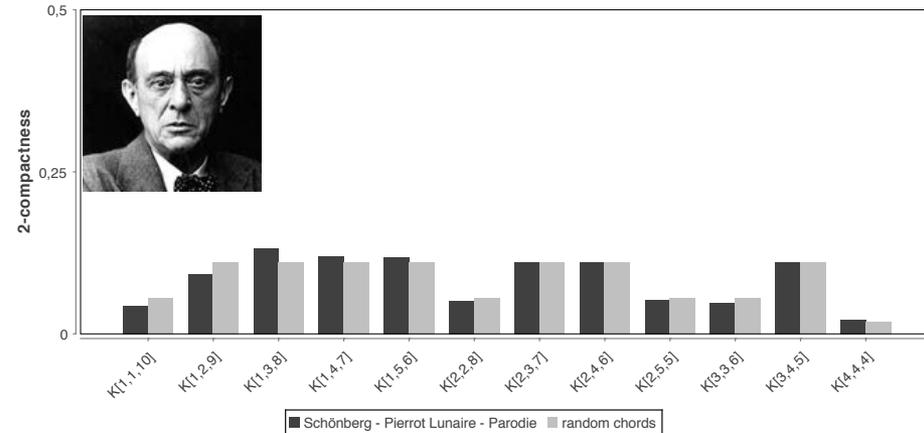
Johann Sebastian Bach - BWV 328



Claude Debussy - Voiles



Schönberg - Pierrot Lunaire - Parodie



# Le permutohédre d'Estrada comme espace combinatoire

Julio Estrada, *Théorie de la composition : discontinuum – continuum*, université de Strasbourg II, 1994

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7

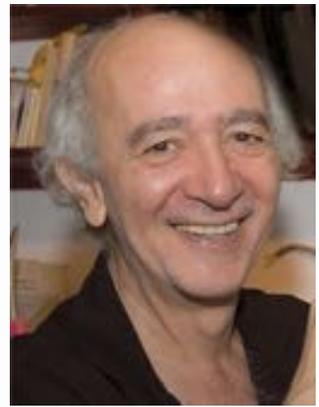
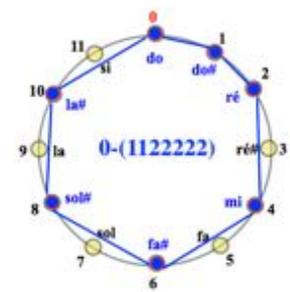
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34

35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47

48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77

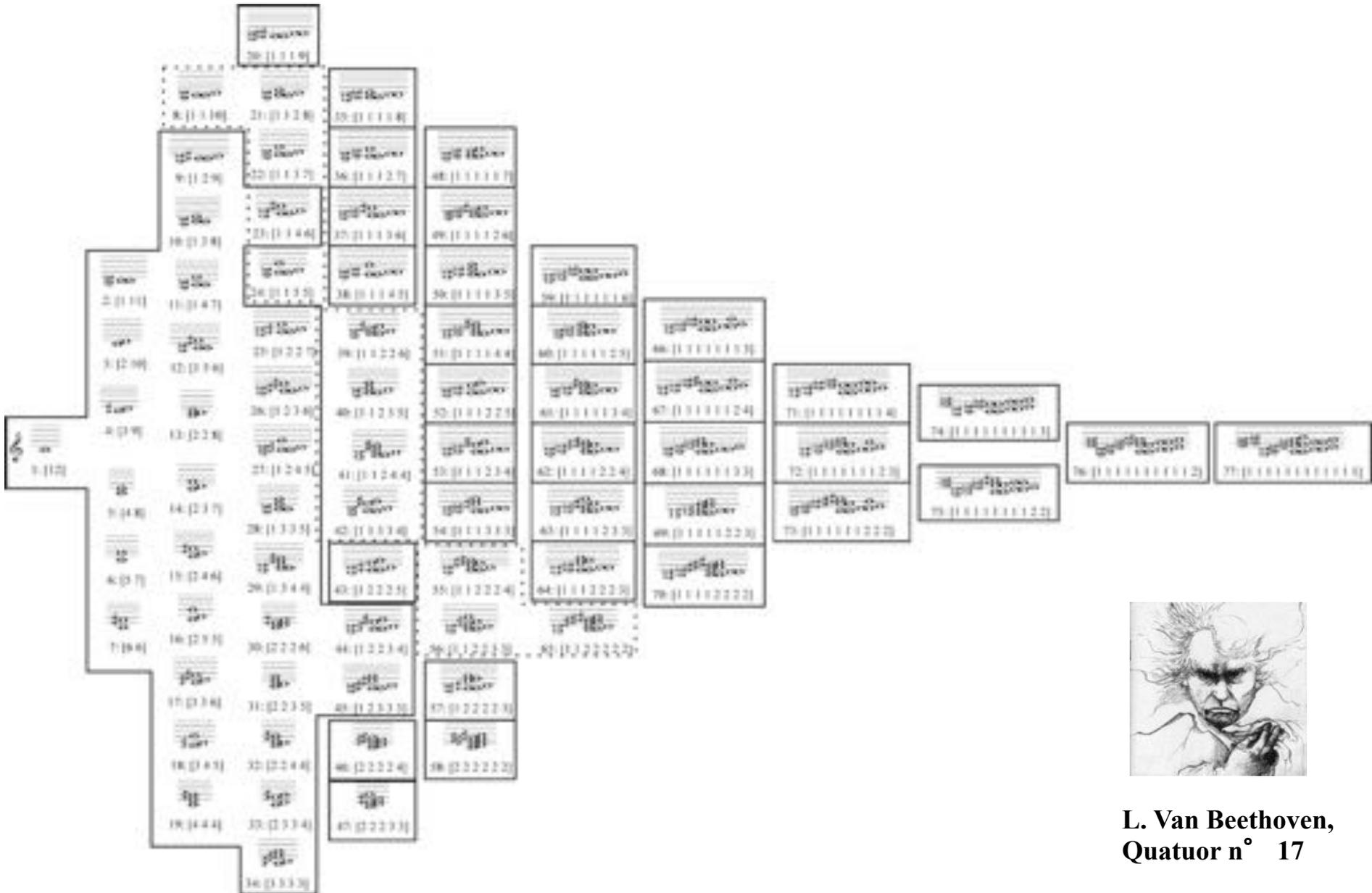
ILLUSTRATION III. REPRESENTATION EN NOTATION MUSICALE DE L'ENSEMBLE DE PARTITIONS DE L'ECHELE DE HAUTEURS D12 : 12 NIVEAUX DE DENSITE, 77 IDENTITES.

$$DIA_E = (1,1,2,2,2,2,2)$$



J. Estrada

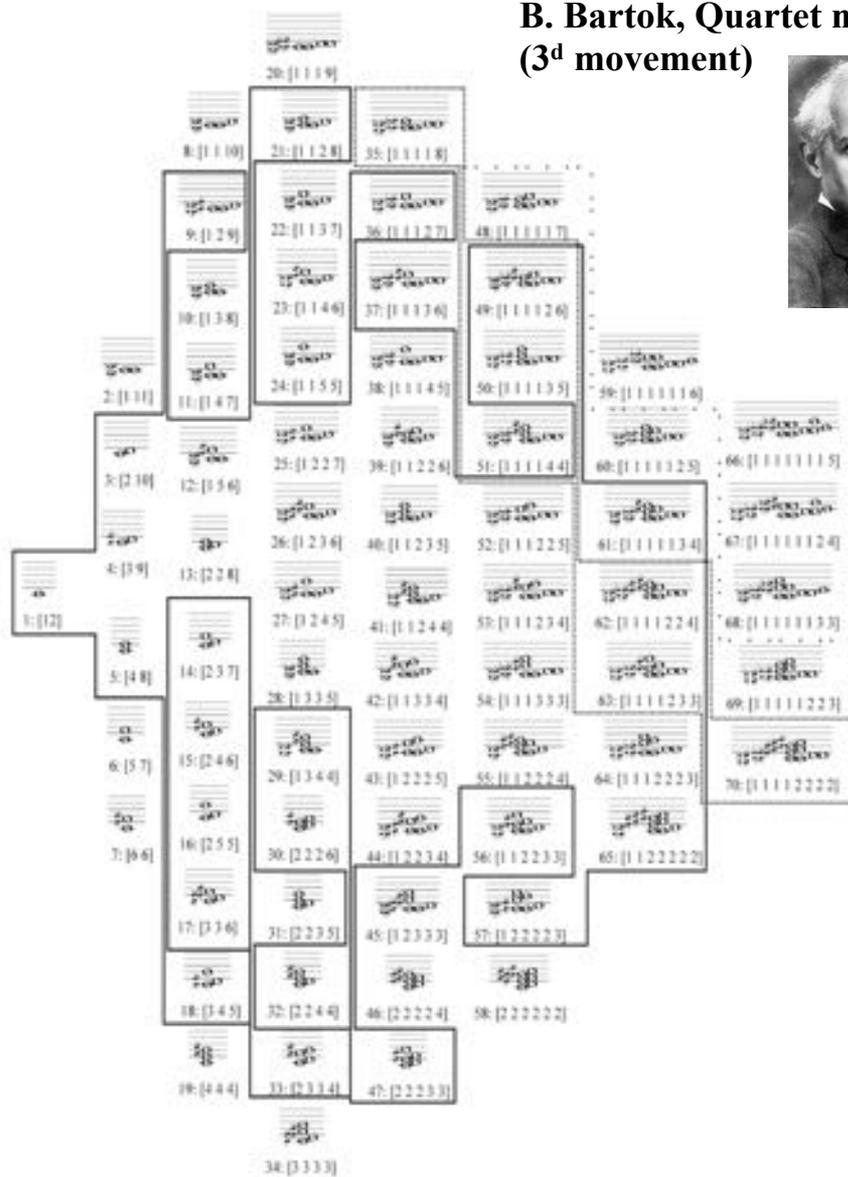
# Le permutohédre d'Estrada comme espace *conceptuel*



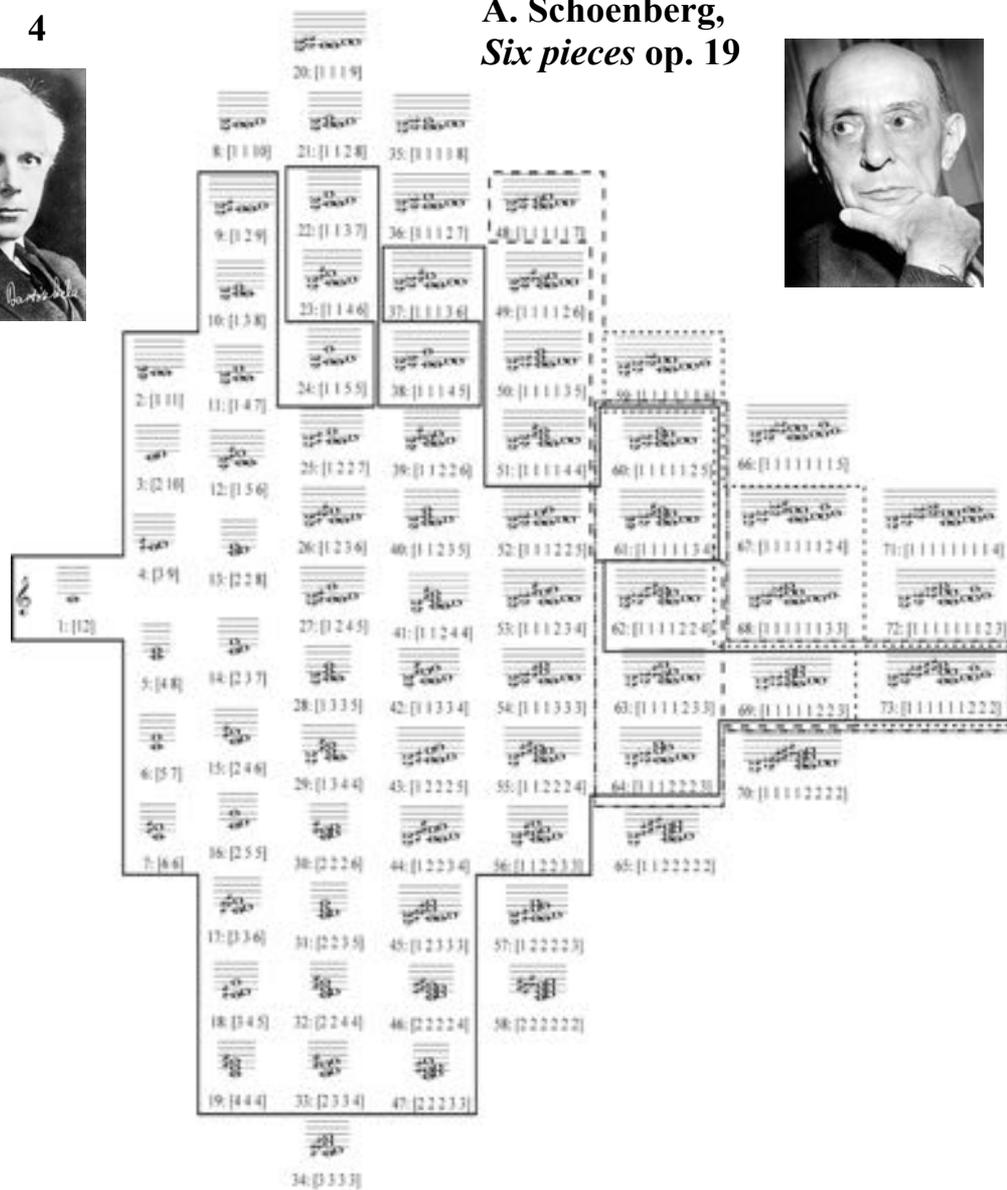
L. Van Beethoven,  
Quatuor n° 17

# Le permutohédre d'Estrada comme espace *conceptuel*

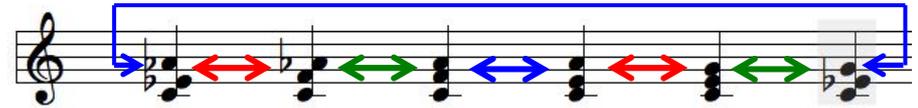
B. Bartok, Quartet n° 4  
(3<sup>d</sup> mouvement)



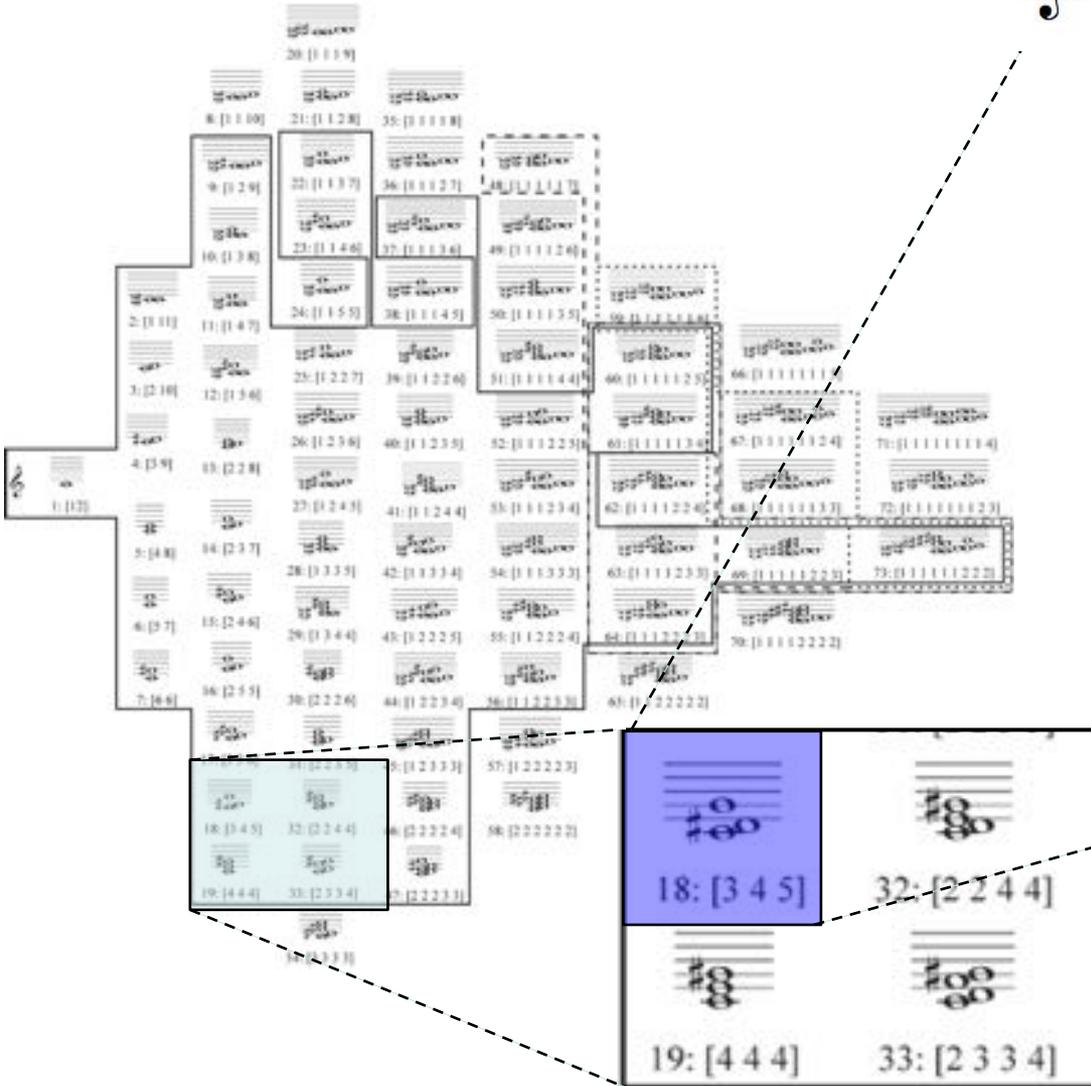
A. Schoenberg,  
*Six pieces op. 19*



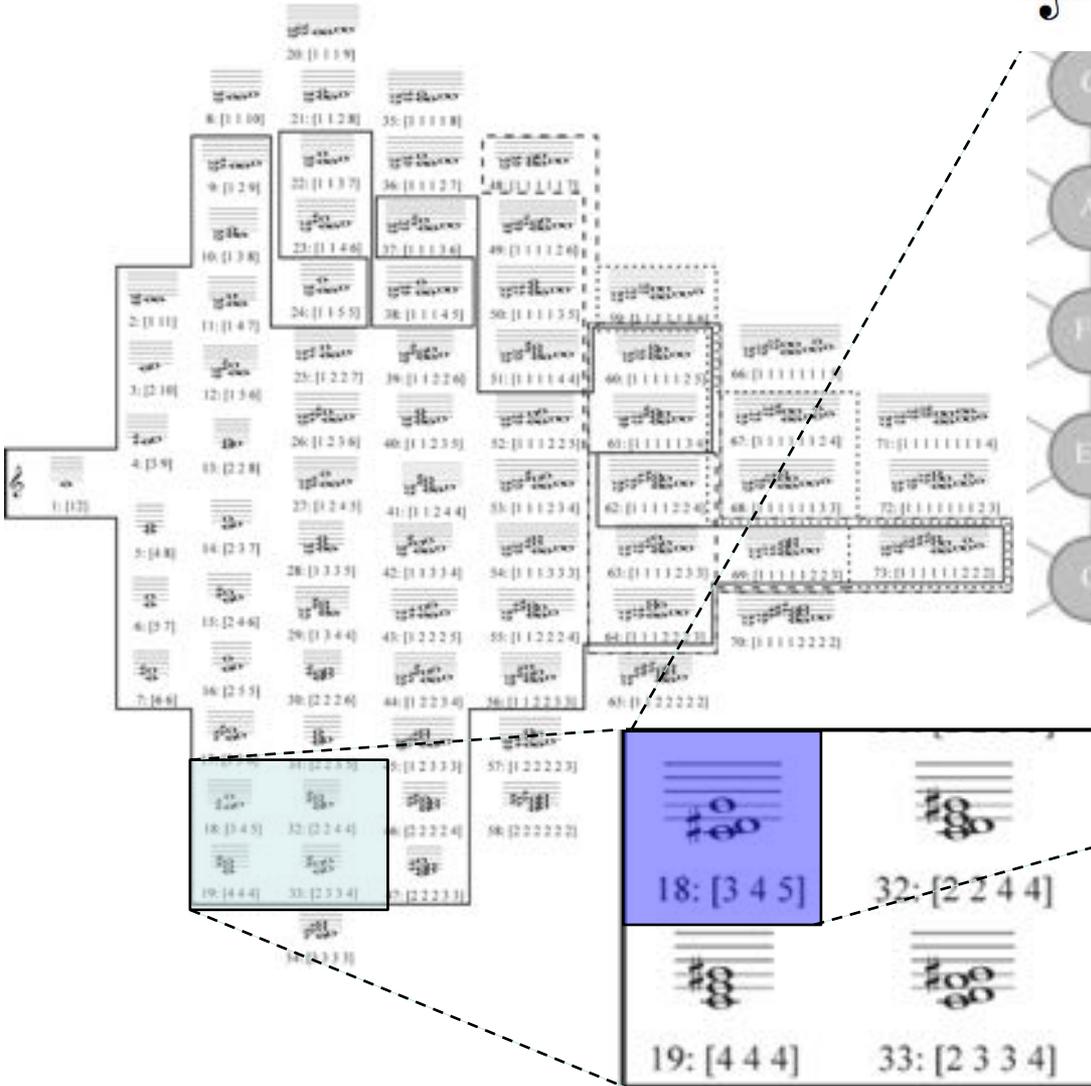
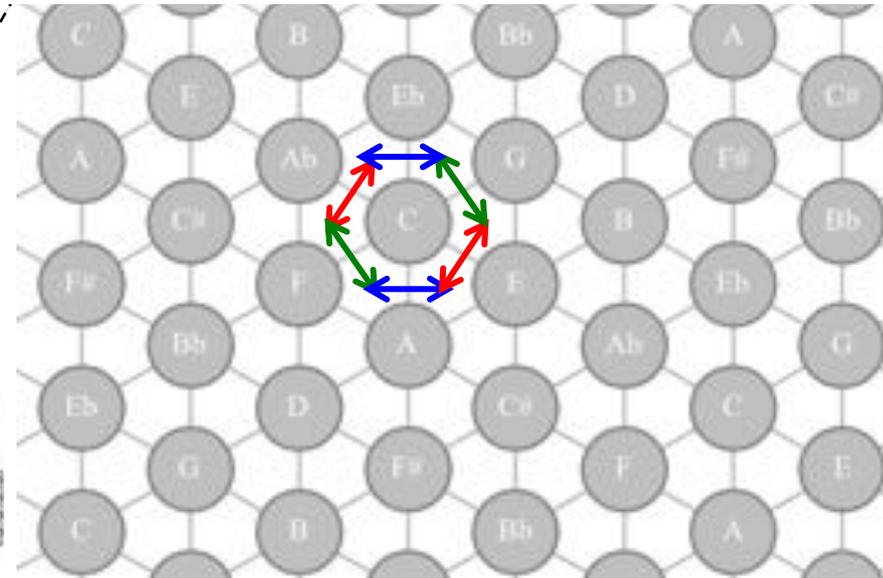
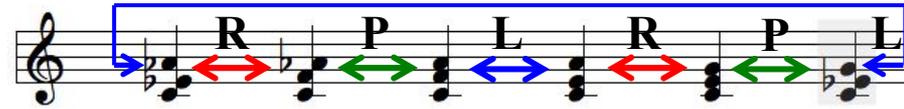
# Du permutohèdre au *Tonnetz*



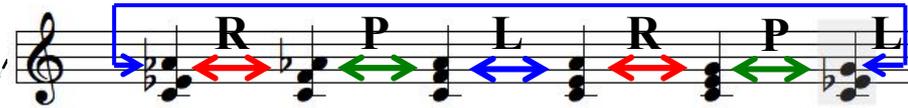
(3 5 4) (5 3 4) (5 4 3) (4 5 3) (4 3 5) (3 4 5)



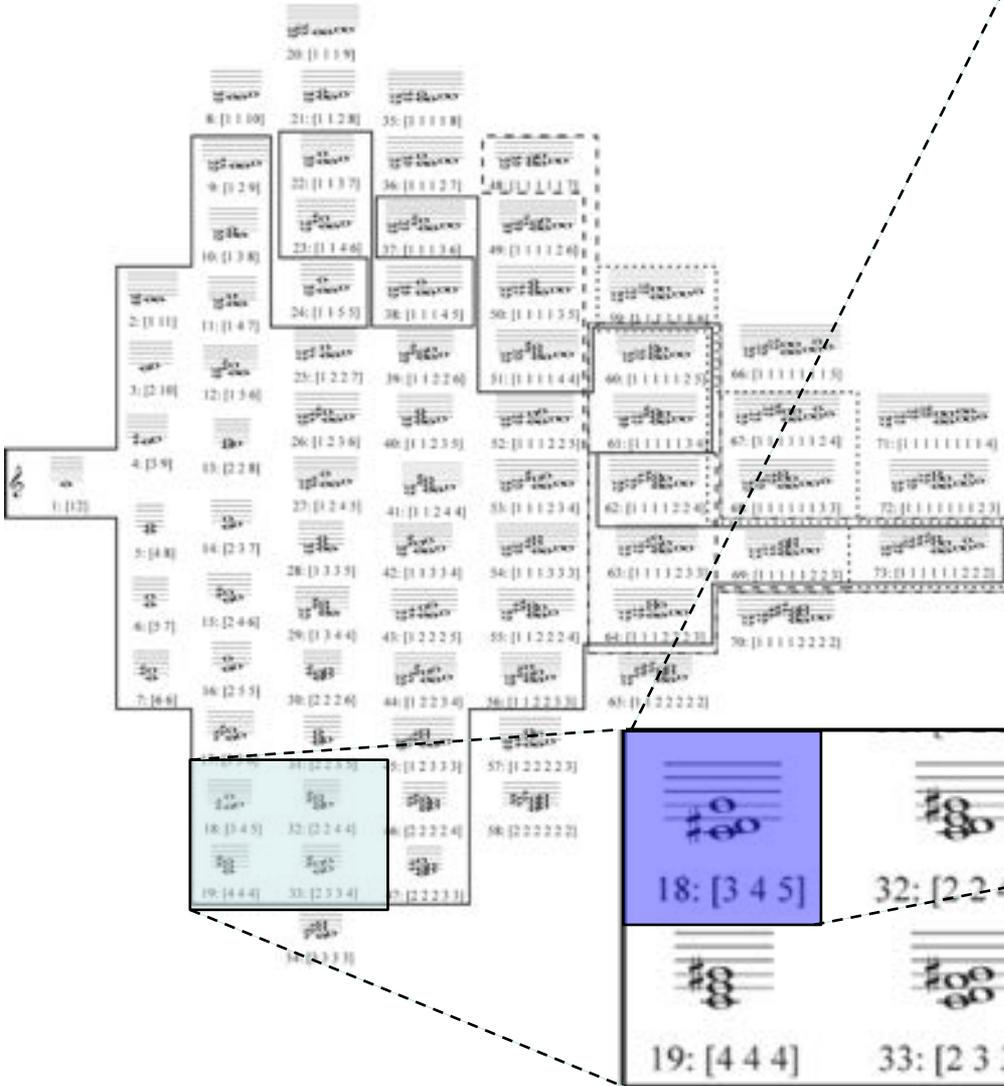
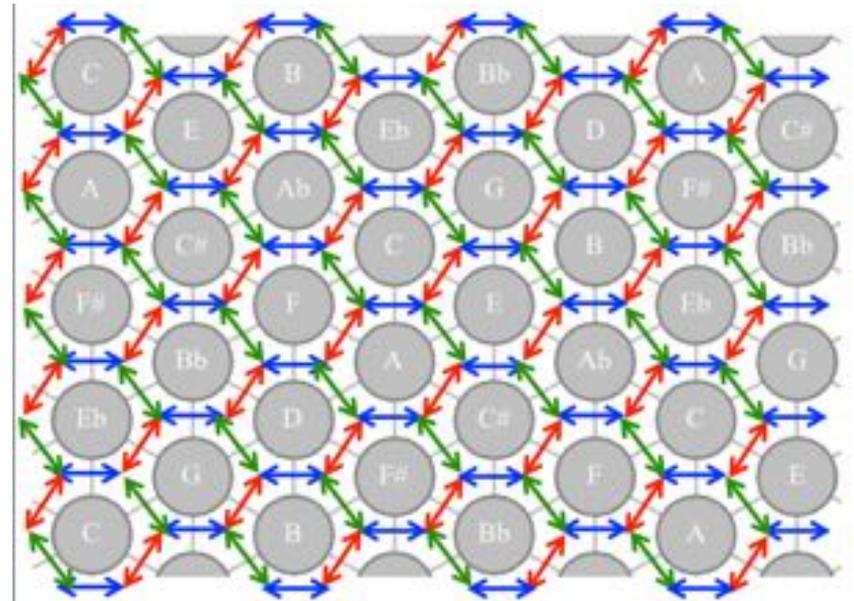
# Du permutohédre au *Tonnetz*



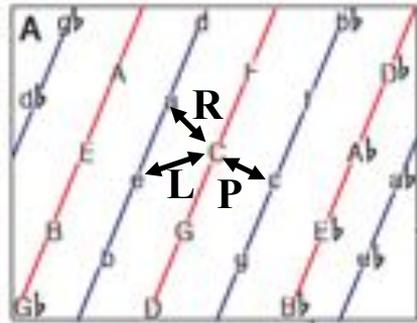
# Du permutohèdre au *Tonnetz*



(3 5 4) (5 3 4) (5 4 3) (4 5 3) (4 3 5) (3 4 5)



# Tonnetz et neurosciences cognitives

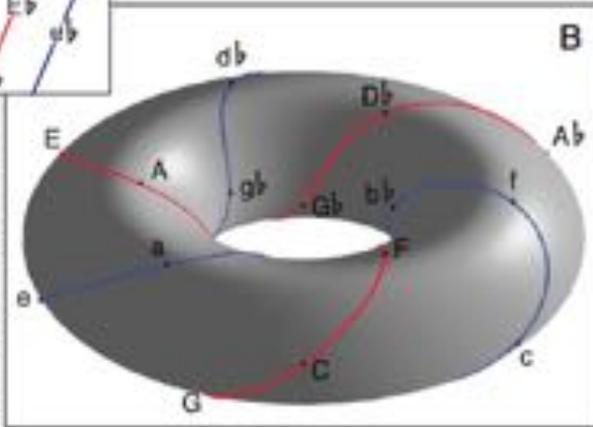


PERSPECTIVES: NEUROSCIENCE

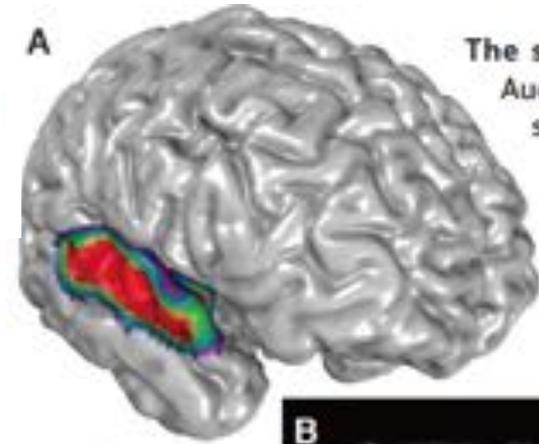
## Mental Models and Musical Minds

Robert J. Zatorre and Carol L. Krumhansl

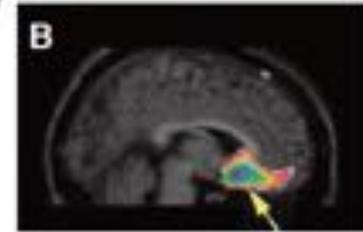
**Mental key maps.** (A) Unfolded version of the key map, with opposite edges to be considered matched. There is one circle of fifths for major keys (red) and one for minor keys (blue), each



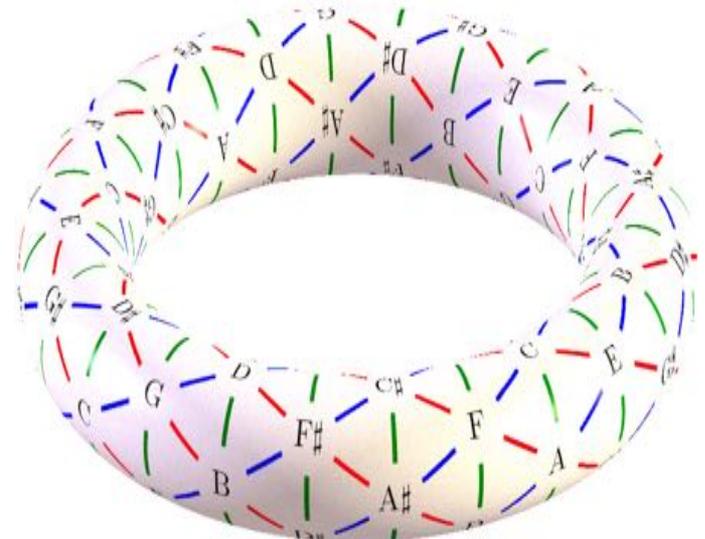
wrapping the torus three times. In this way, every major key is flanked by its relative minor on one side (for example, C major and a minor) and its parallel minor on the other (for example, C major and c minor). (B) Musical keys as points on the surface of a torus.



**The sensation of music.** (A) Auditory cortical areas in the superior temporal gyrus that respond to musical stimuli. Regions that are most strongly activated are shown in red. (B) Metabolic activity in the ventromedial region of the frontal lobe increases as a tonal stimulus becomes more consonant.



➔ **Projet ProAppMaMu (CNRS)**  
Processus et techniques d'apprentissages des savoirs 'mathémusicaux'  
<http://repmus.ircam.fr/moreno/proappmamu>









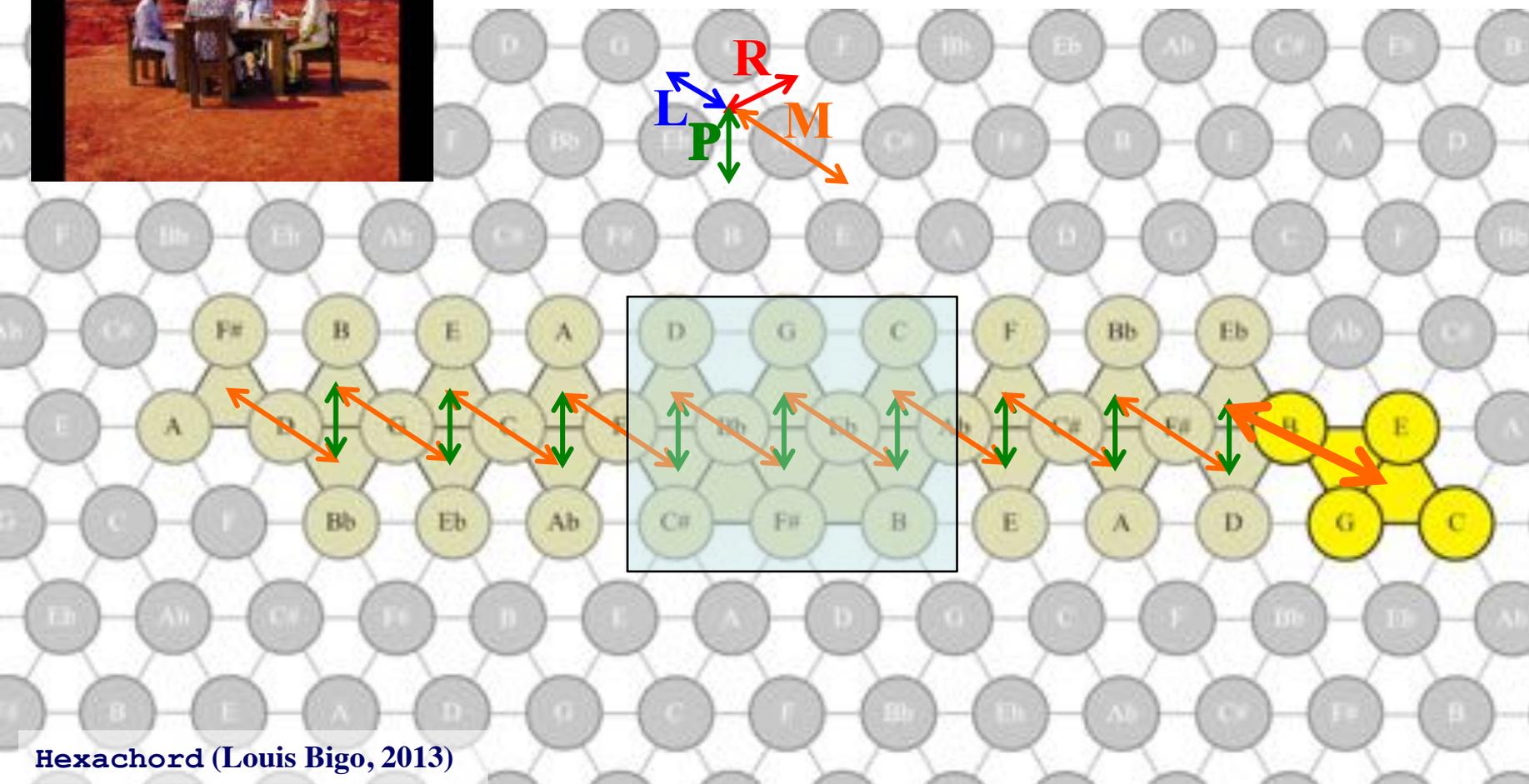




# Symétries et procédés algorithmiques chez *Muse*



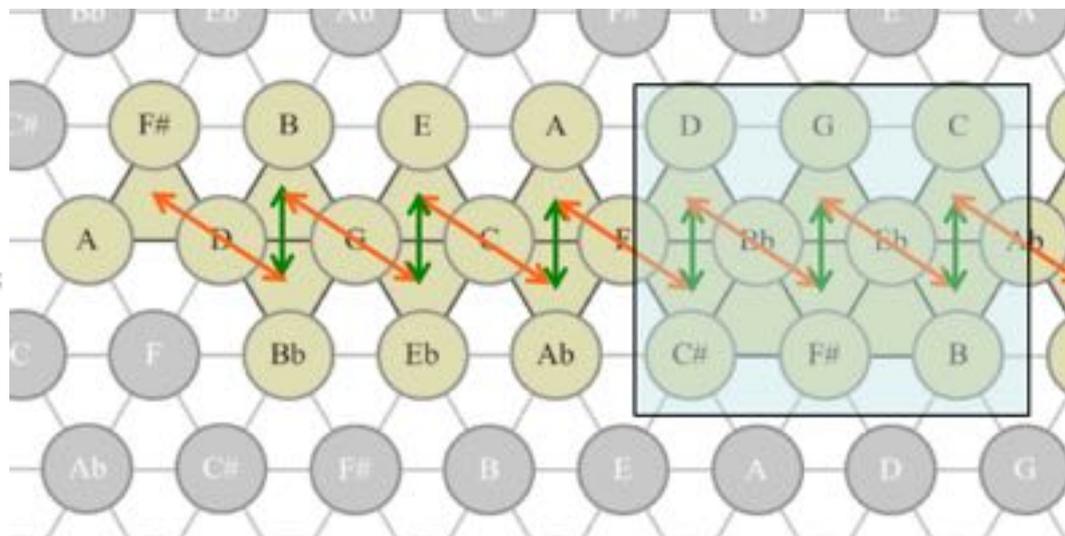
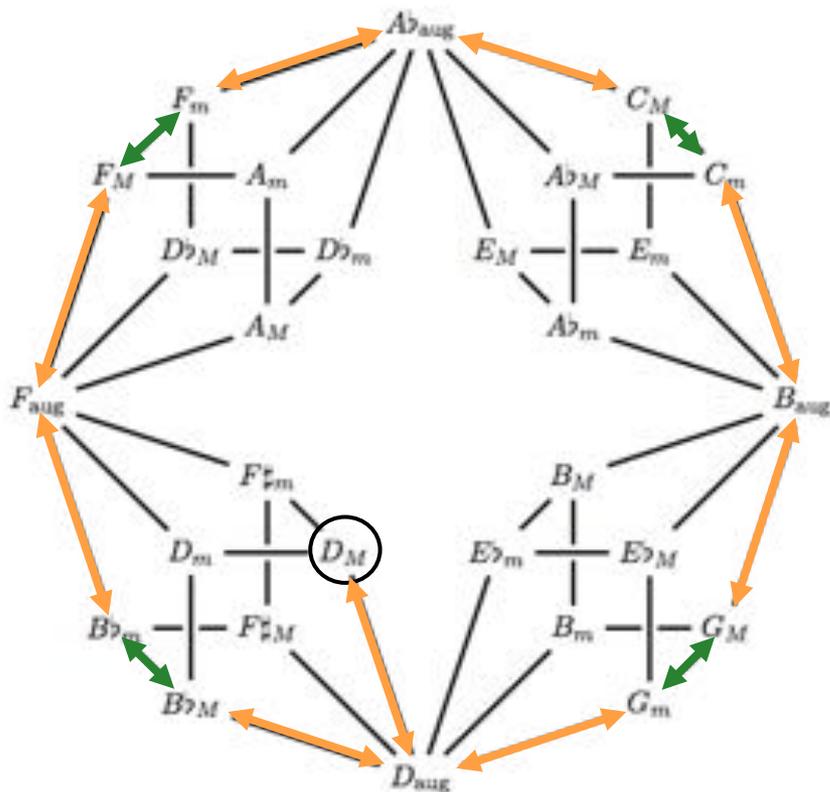
“Take a bow” (*Black Holes and Revelations*, 2006)



Hexachord (Louis Bigo, 2013)

axe temporel

# Autres espaces de représentations pour les progressions harmoniques



J. Douthett, P. Steinbach, Parsimonious Graphs: A Study in Parsimony, Contextual Transformation, and Modes of Limited Transposition, *Journal of Music Theory*, 42/2, 1998.

# The Gunner's Hamiltonian Dream (une expérience *oumupienne* autour de Pink-Floyd)

The Gunner's dream (R. Waters, 1983 / M. Andreatta, 2018)

(C) C+  
Floating down through the clouds  
Am F  
Memories come rushing up to meet me now.  
Fm  
In the space between the heavens  
C# C#m  
and in the corner of some foreign field  
A F+ Bbm  
I had a dream.  
F# F#m D Dm  
I had a dream.  
Bb  
Good-bye Max.  
D+  
Good-bye Ma.  
Ebm B  
After the service when you're walking slowly to the car  
Bm G  
And the silver in her hair shines in the cold November air  
Gm  
You hear the tolling bell  
Eb  
And touch the silk in your lapel  
G+ Em E G#m  
And as the tear drops rise to meet the comfort of the band  
G# Cm  
You take her frail hand  
(C)  
And hold on to the dream.



## Le rêve du canonnier

Flottant parmi les nuages

Des souvenirs se ruent à ma rencontre.

Dans l'espace entre les cieux

Et dans un recoin d'un lointain champ de bataille

J'ai fait un rêve,

J'ai fait un rêve.

Au revoir Max

Au revoir maman

Après le service, quand tu marches lentement vers la voiture

Et l'argent dans ses cheveux luit dans l'air froid de novembre

Tu entends sonner le glas

Et touche la soie sur ton revers

Et tandis que les larmes versées s'élèvent pour se fondre dans le confort du groupe

Tu prends sa frêle main

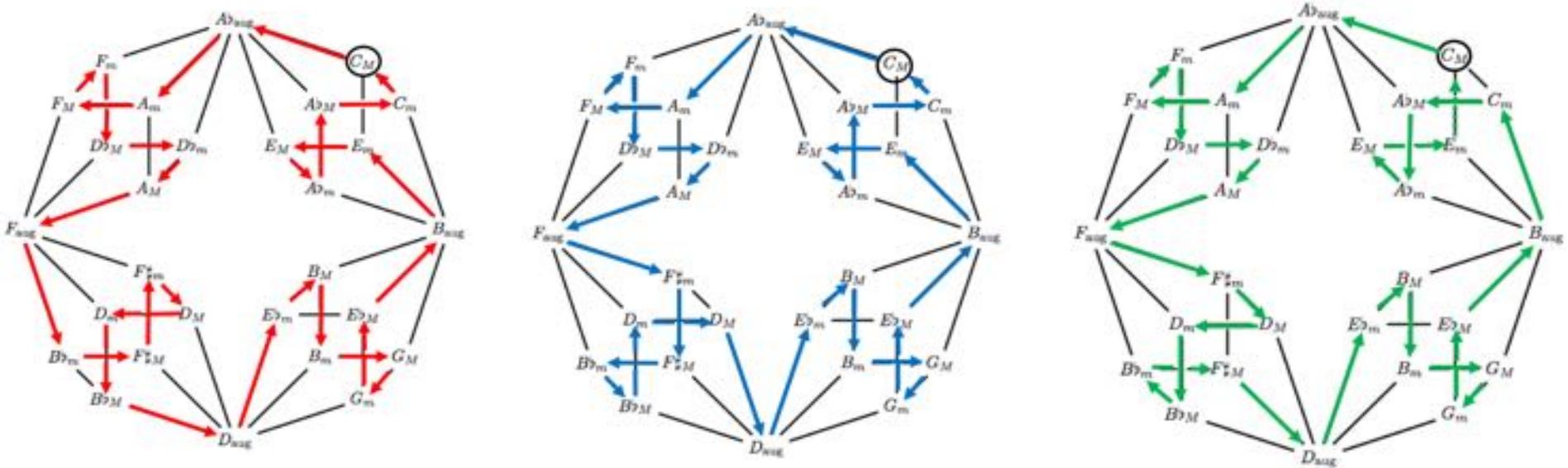
Et tu t'accroches au rêve.







# The Gunner's Hamiltonian Dream (an *oumoupien* experiment on a song by Pink-Floyd)



Les trois cycles hamiltoniens ( $C_M = C$ ,  $C_m = C_m$ ,  $C_{aug} = C+$ )

$C \rightarrow C+ \rightarrow A_m \rightarrow F \rightarrow F_m \rightarrow C \rightarrow C_m \rightarrow A \rightarrow F+ \rightarrow B_m \rightarrow F \rightarrow F_m \rightarrow D \rightarrow D_m \rightarrow B \rightarrow D+ \rightarrow E_m \rightarrow B \rightarrow B_m \rightarrow G \rightarrow G_m \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow E_m \rightarrow E \rightarrow G_m \rightarrow G \rightarrow C_m \rightarrow C$

$C \rightarrow C+ \rightarrow A_m \rightarrow F \rightarrow F_m \rightarrow C \rightarrow C_m \rightarrow A \rightarrow F+ \rightarrow F_m \rightarrow F \rightarrow B_m \rightarrow B \rightarrow D_m \rightarrow D \rightarrow D+ \rightarrow E_m \rightarrow B \rightarrow B_m \rightarrow G \rightarrow G_m \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow E_m \rightarrow E \rightarrow G_m \rightarrow G \rightarrow C_m \rightarrow C$

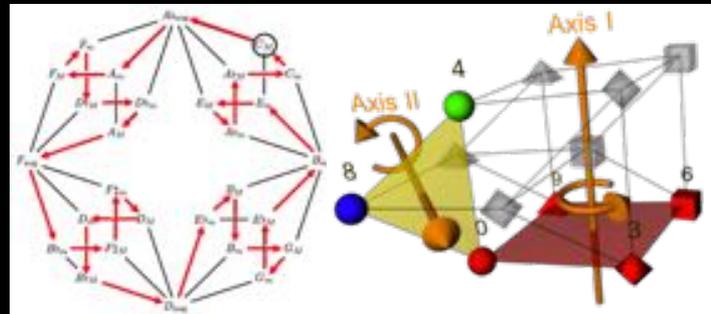
$C \rightarrow C+ \rightarrow A_m \rightarrow F \rightarrow F_m \rightarrow C \rightarrow C_m \rightarrow A \rightarrow F+ \rightarrow F_m \rightarrow D \rightarrow D_m \rightarrow B \rightarrow B_m \rightarrow F \rightarrow D+ \rightarrow E_m \rightarrow B \rightarrow B_m \rightarrow G \rightarrow G_m \rightarrow E \rightarrow C_m \rightarrow G \rightarrow G_m \rightarrow E \rightarrow E_m \rightarrow C$

# HamilFloyd

4D & 2D Visualizations  
Hamiltonian Cycles  
M.Andreatta, G.Baroin 2020

Bientôt sur : <http://mathemusic.net/>

Composition, Performance: Moreno Andreatta  
Hypersphere, Graphics, Animations: Gilles Baroin  
Original "Cube Dance" graph: J.Douthett, P.Steinbach



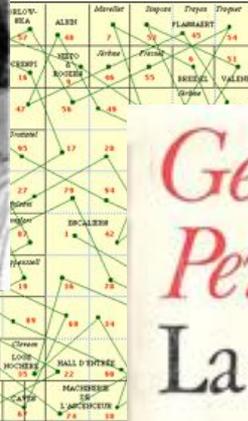
# Les contraintes dans l'art : l'OuLiPo (Ouvroir de Littérature Potentielle)



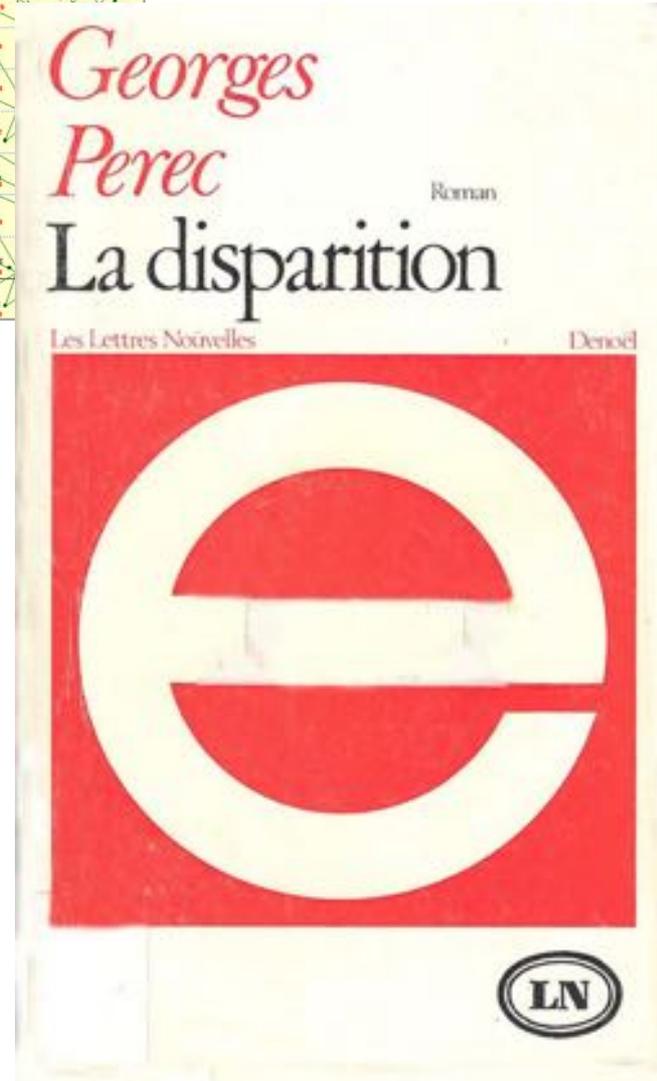
*Cent mille milliards de poèmes, 1961*



**Georges Perec**



*La vie mode d'emploi,*



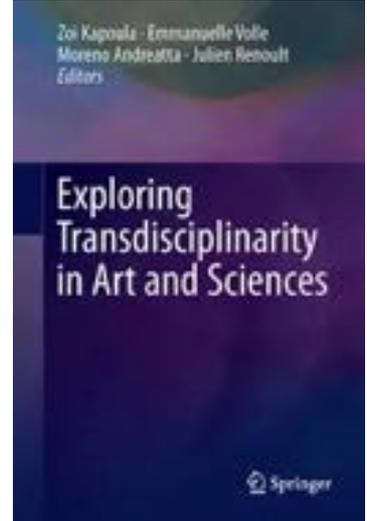
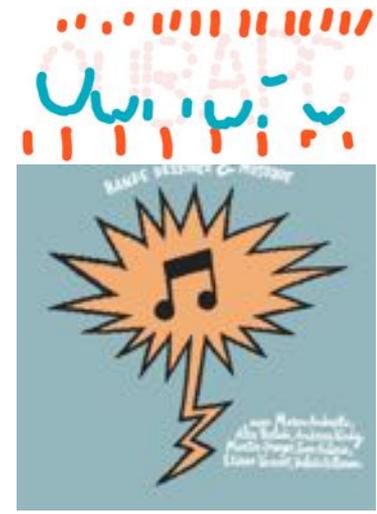
**Raymond Queneau**



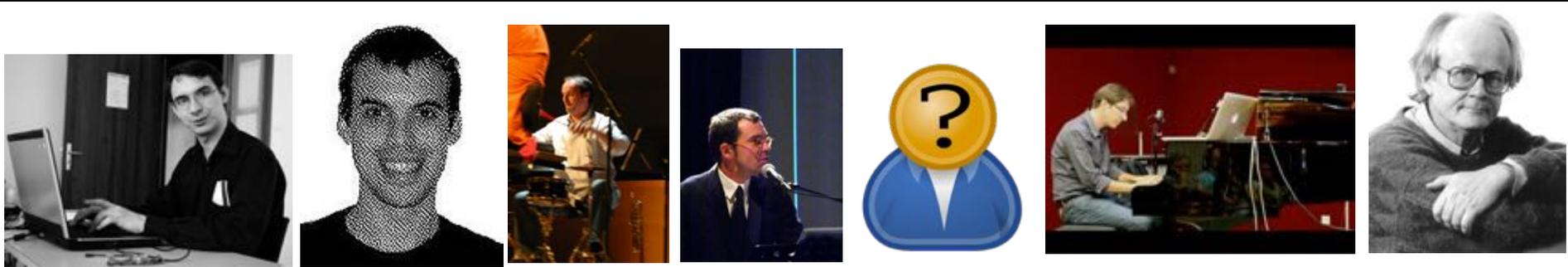
**Italo Calvino**

*Le Château des destins croisés, 1969*

# De l'OuLiPo à l'OuMuPo (ouvroir de musique potentielle)



M. Andreatta et al., « Music, mathematics and language: chronicles from the Oumupo sandbox », in Kapoula, Z., Volle, E., Renoult, J., Andreatta, M. (Eds.), *Exploring Transdisciplinarity in Art and Sciences*, Springer, 2018



Valentin Villenave

Mike Solomon

Jean-François Piette

Martin Granger

Joseph Boisseau

Moreno Andreatta

Tom Johnson

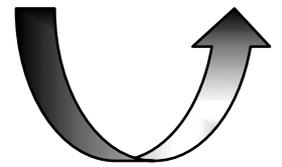
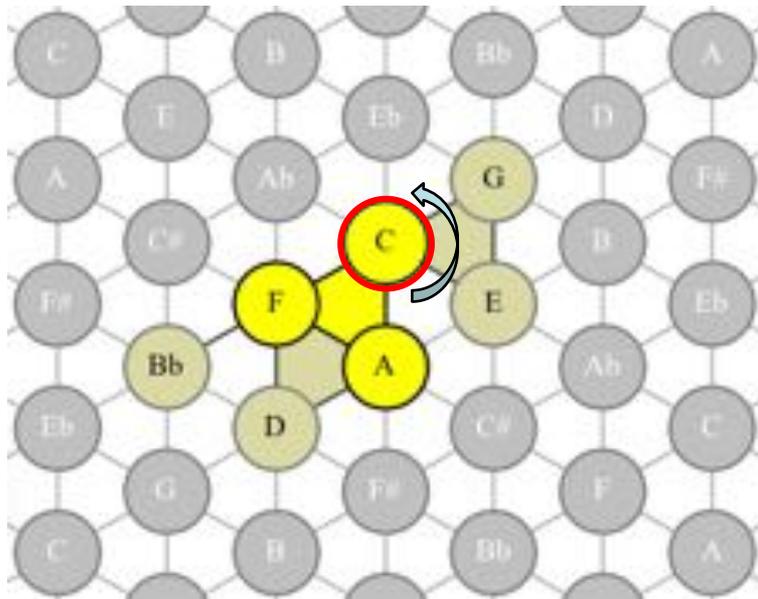
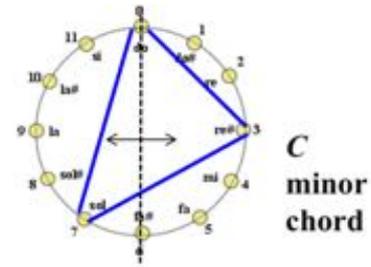
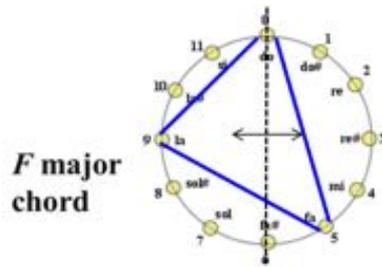
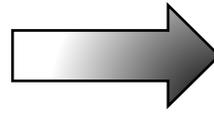
# Harmonie négative ou dualité majeur/mineur

The screenshot displays the Hexachord software interface, which is used for analyzing and visualizing musical harmony. It is divided into several panels:

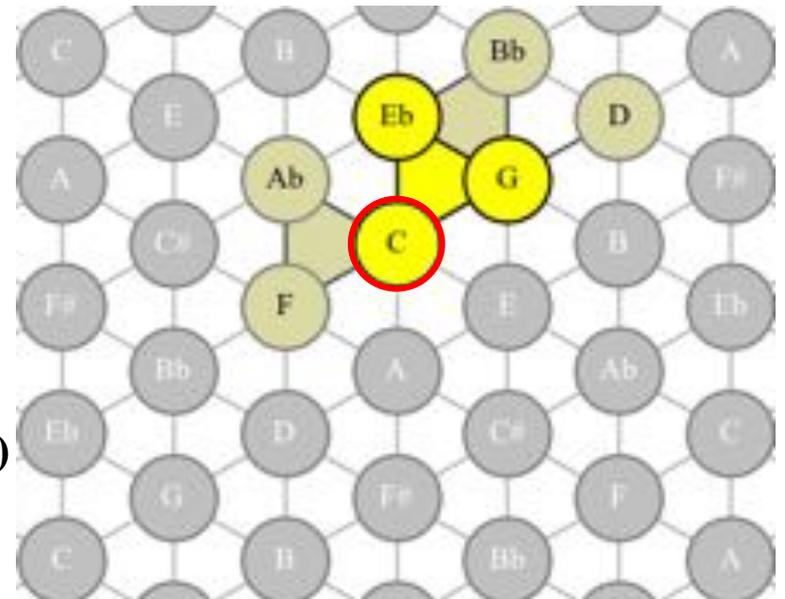
- File Viewer:** Shows a 3D geometric model of a hexachord, represented as a polyhedron with green and blue faces.
- Tomsett: K(3,4,5):** A hexachord grid showing a path of yellow circles representing the notes of a hexachord (C, D, E, F, G, A) on a grid of grey circles.
- bwv0281:** A MIDI piano roll showing the notes of the piece 'Für Elise'.
- Chart:** A bar chart titled '2-compactness' comparing the compactness of various hexachords. The y-axis is labeled '2-compactness' and the x-axis lists hexachords: K(1,1,0), K(1,2,0), K(1,3,0), K(1,4,7), K(1,5,0), K(2,2,0), K(2,3,7), K(2,4,0), K(2,5,5), K(3,3,0), K(3,4,5), and K(4,4,1). The bar for K(3,4,5) is significantly higher than the others.
- Control Panel:** Contains various settings and buttons:
  - Tempo:** A slider set to 20, with 'Play' and 'Stop' buttons.
  - Complexes:** 'Chromatic complexes' set to K(2,3,7) and 'Heptatonic complexes' set to CM. Includes 'Trace off' and 'Harmonization ON' buttons.
  - Vertical compactness:** 'compactness dimension' and 'complexes dimension' both set to 2. Includes 'compute compactness' and 'absolute compactness' buttons.
  - Path Transformation:** 'Origin complex' set to K(3,4,5) and 'Destination complex' set to K(3,4,5). Includes 'Rotation', 'North translation', and 'North-east translation' sliders, all set to 0. A 'Path Transformation' button is at the bottom.
- Chart (bottom right):** A bar chart titled '2-compactness : bwv0281' showing the compactness of the piece over time (0 to 25,000). The y-axis is labeled 'Complex compactness'.

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

# Harmonie négative et rotations dans le Tonnetz

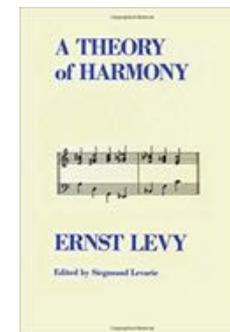


Rotation  
(autour du *do*)



# La « Negative/Symmetric Harmony » (de Jacob Collier/Steve Colemann)

## La série des harmoniques supérieurs



Ernst Lévy  
(1895-1981)



Steve Coleman

## La série (imaginaire) des harmoniques inférieurs

- Ernst Lévy, *A Theory of Harmony*, Albany, New York, 1985
- Jacob Collier, « Negative Harmony » (vidéos online)
- Steve Coleman, « Symmetrical Movement Concept » (online)



C. Corea, J. Collier & H. Hancock

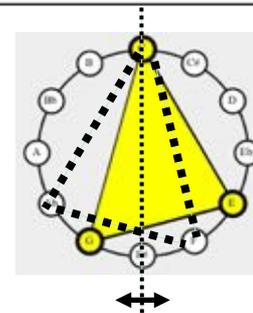
# La « Negative/Symmetric Harmony » (de Jacob Collier/Steve Colemann)

## La série des harmoniques supérieurs



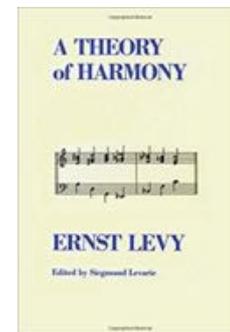
C

Fm



## La série (imaginaire) des harmoniques inférieurs

- Ernst Lévy, *A Theory of Harmony*, Albany, New York, 1985
- Jacob Collier, « Negative Harmony » (vidéos online)
- Steve Coleman, « Symmetrical Movement Concept » (online)



Ernst Lévy  
(1895-1981)

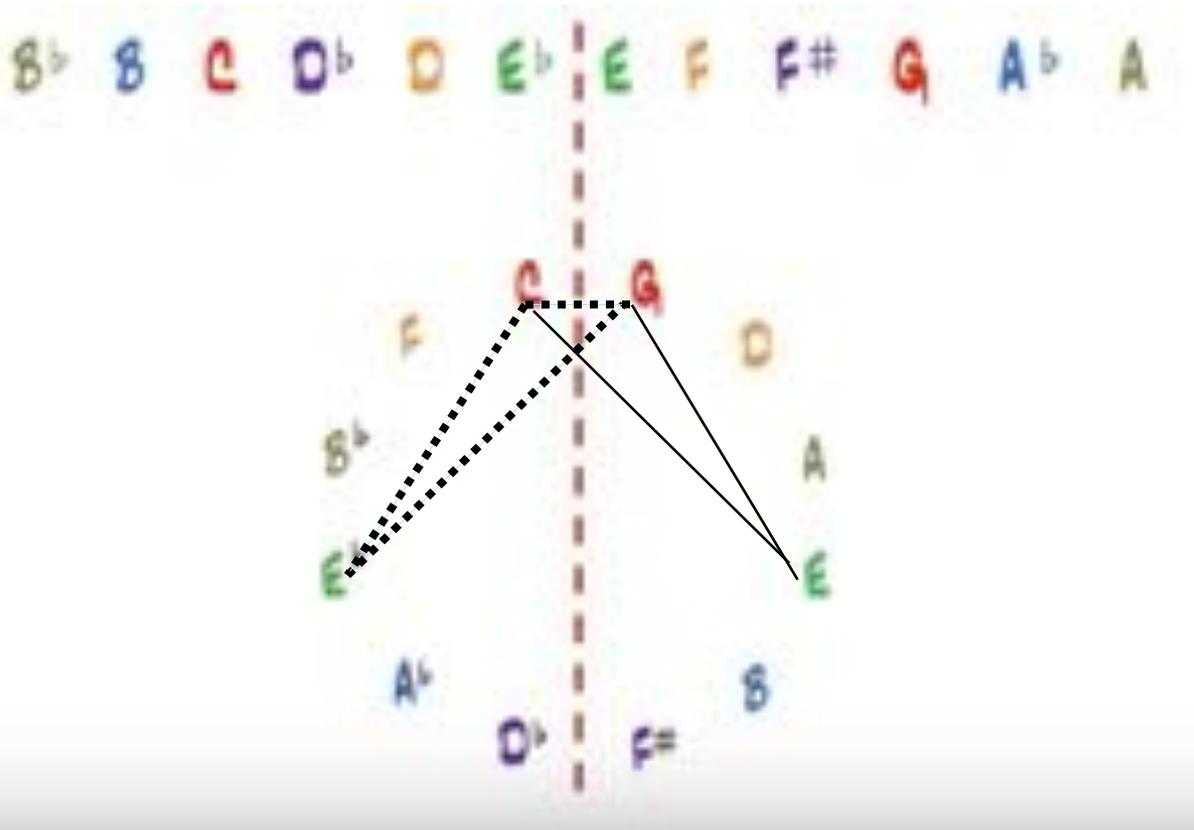


Steve Coleman



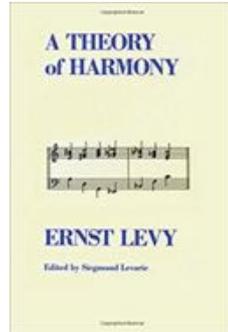
C. Corea, J. Collier & H. Hancock

# La « Negative/Symmetric Harmony » (de Jacob Collier/Steve Colemann)



Paul Croteau, Negative Harmony - Is It A Thing?  
[https://www.youtube.com/watch?v=eBW5gab0\\_xs](https://www.youtube.com/watch?v=eBW5gab0_xs)

- Ernst Lévy, *A Theory of Harmony*, Albany, New York, 1985
- Jacob Collier, « Negative Harmony » (vidéos online)
- Steve Coleman, « Symmetrical Movement Concept » (online)



Ernst Lévy  
(1895-1981)

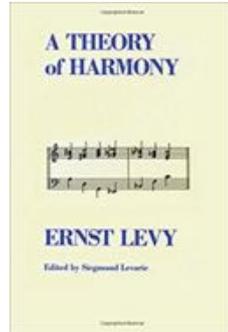
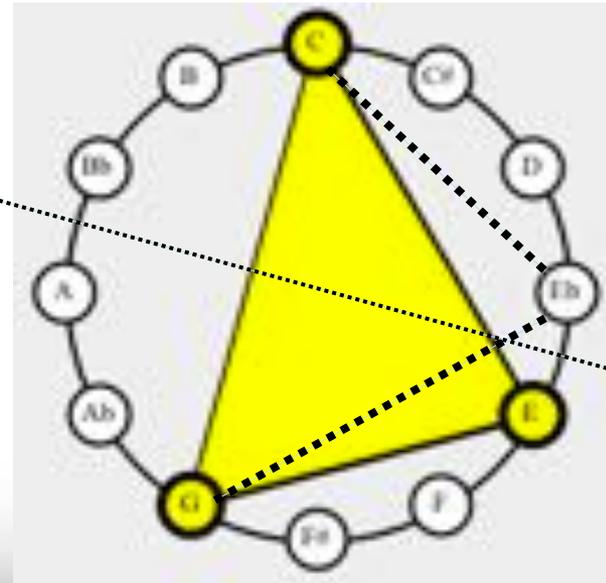
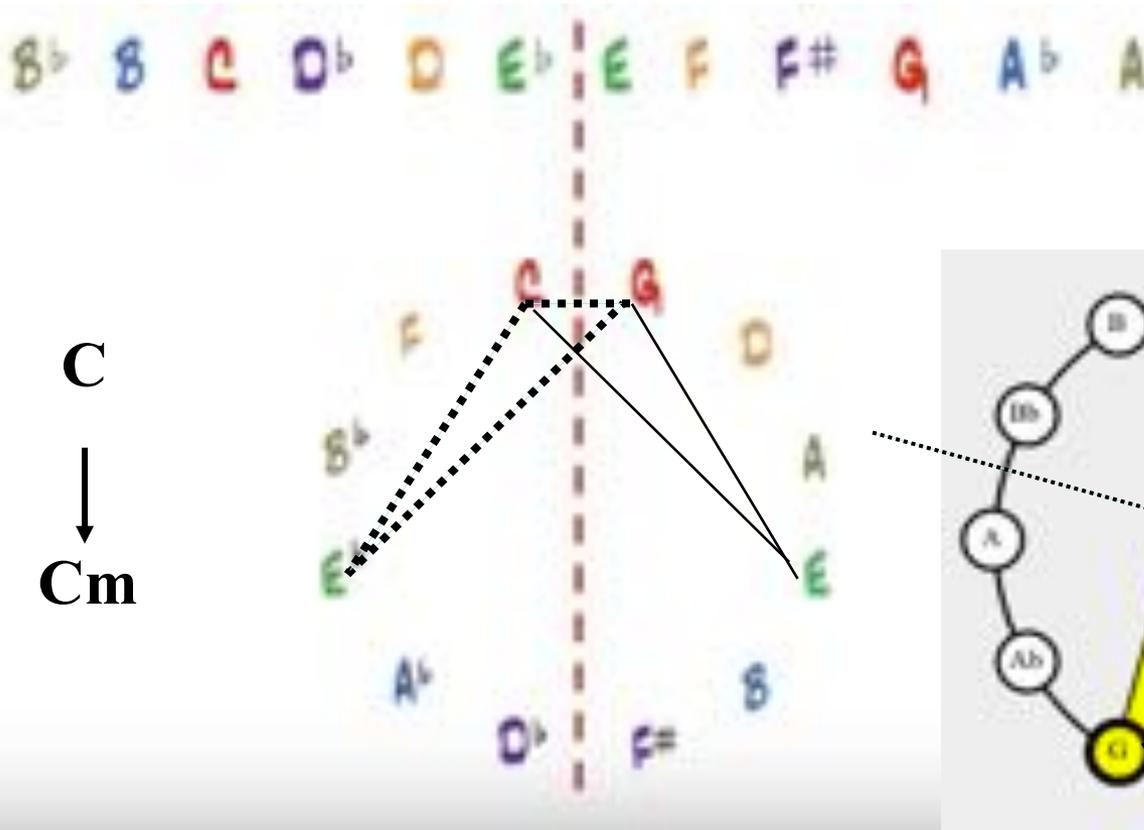


Steve Coleman



C. Corea, J. Collier & H. Hancock

# La « Negative/Symmetric Harmony » (de Jacob Collier/Steve Coleman)



Ernst Lévy  
(1895-1981)



Steve Coleman

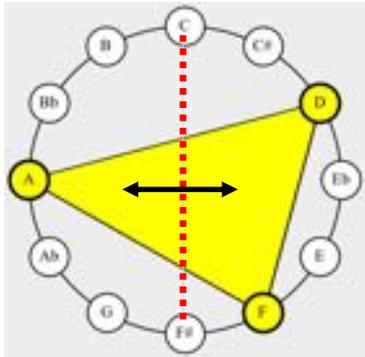
Paul Croteau, Negative Harmony - Is It A Thing?  
[https://www.youtube.com/watch?v=eBW5gab0\\_xs](https://www.youtube.com/watch?v=eBW5gab0_xs)

- Ernst Lévy, *A Theory of Harmony*, Albany, New York, 1985
- Jacob Collier, « Negative Harmony » (vidéos online)
- Steve Coleman, « Symmetrical Movement Concept » (online)

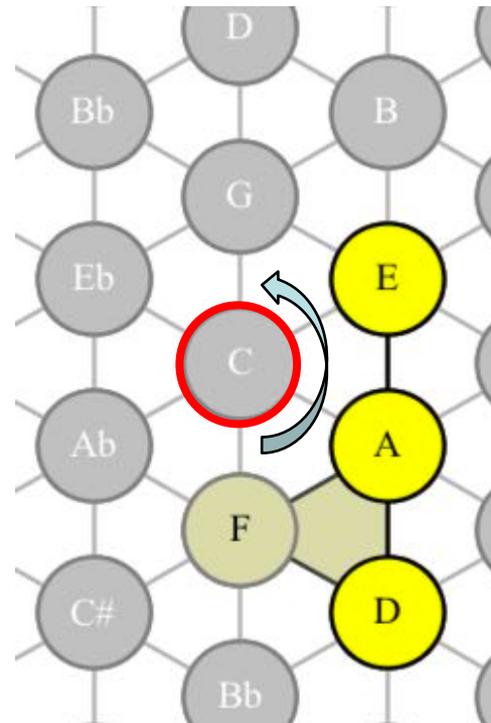
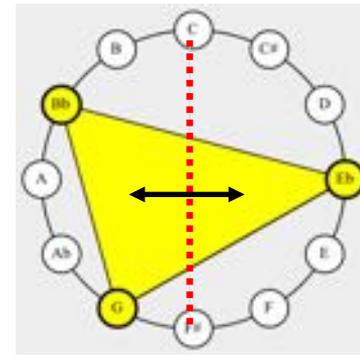
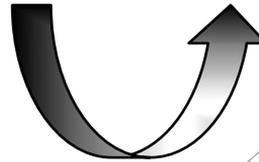


C. Corea, J. Collier & H. Hancock

# Harmonie négative dans la musique pop italienne



**Symétrie**



**Rotation  
(autour du do)**

## Centro di gravità permanente (testo e musica: Franco Battiato)

Una vecchia bretone  
con un cappello e un ombrello  
di carta di riso e canna di bambù.  
Capitani coraggiosi  
furbi contrabbandieri macedoni.  
Gesuiti euclidei  
vestiti come dei bonzi  
per entrare a corte degli imperatori  
della dinastia dei Ming.

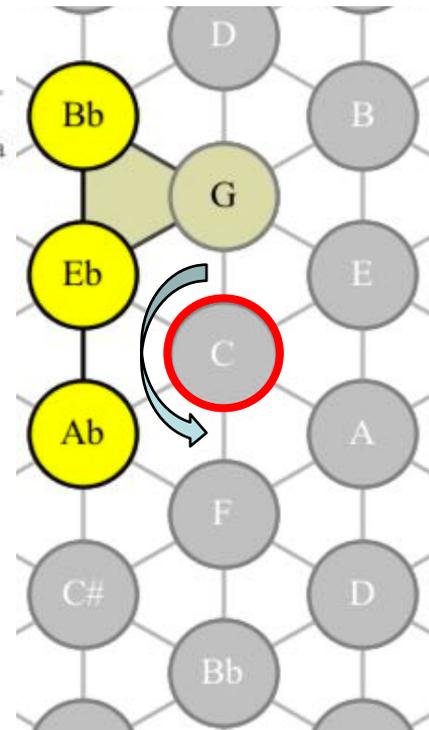
Cerco un centro di gravità permanente  
che non mi faccia mai cambiare idea  
sulle cose sulla gente  
avrei bisogno di...

Cerco un centro di gravità permanente  
che non mi faccia mai cambiare idea  
sulle cose sulla gente  
Over and over again.

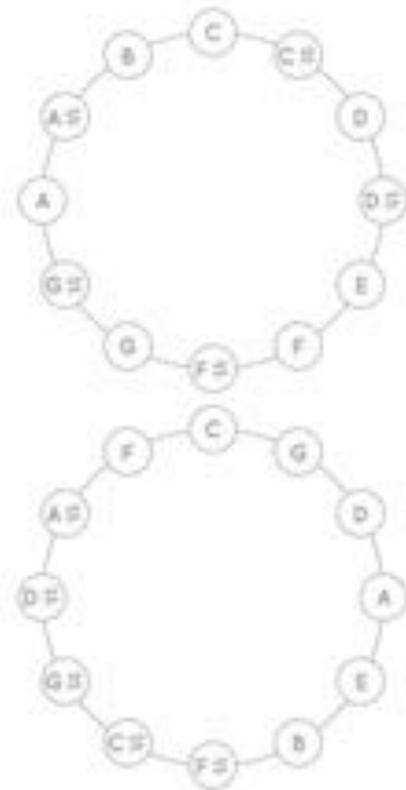
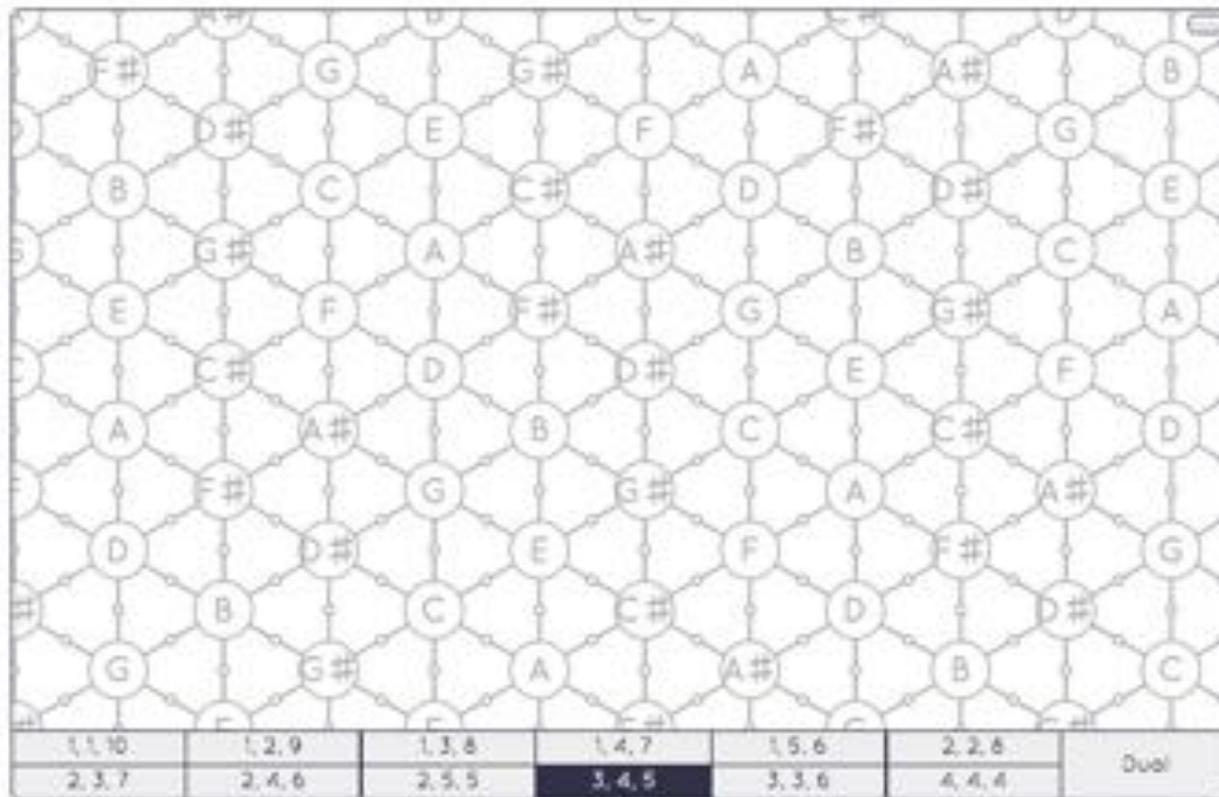
Per le strade di Pechino  
erano giorni di maggio  
tra noi si scherzava a raccogliere ortiche.  
Non sopporto i cori russi  
la musica finto rock la new wave italiana  
il free jazz punk inglese.  
Neanche la nera africana.

Cerco un centro di gravità permanente  
che non mi faccia mai cambiare idea  
sulle cose sulla gente  
avrei bisogno di...

Cerco un centro di gravità permanente  
che non mi faccia mai cambiare idea  
sulle cose sulla gente  
Over and over again  
Uacciuuariuari...  
you are a woman in love baby come  
into my life  
baby i need your love  
i want your love  
over and over again.



# Harmonie négative dans l'environnement *Tonnetz*



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

