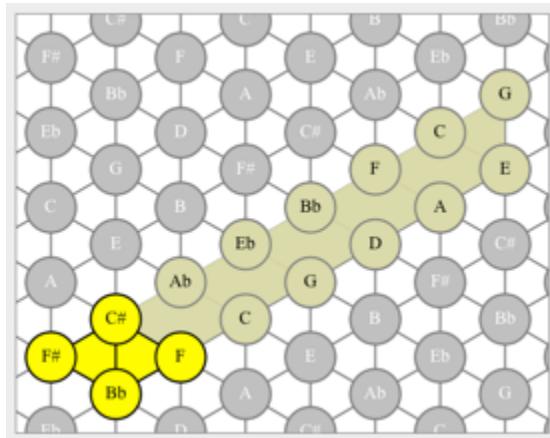
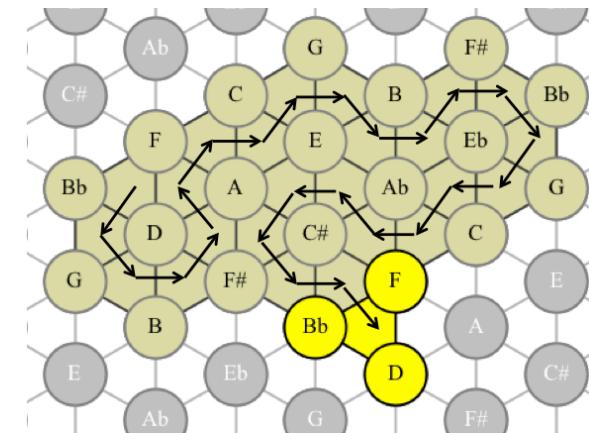


# La recherche mathémusicale et le Master ATIAM



Séminaire MaMuX  
Perpignan, 13 septembre 2013



Moreno Andreatta  
Equipe Représentations Musicales  
IRCAM / CNRS UMR 9912 / UPMC  
<http://repmus.ircam.fr/moreno/>

# La recherche à l'Ircam / CNRS / UPMC



[www.ircam.fr](http://www.ircam.fr)

## ■ UMR STMS

L'Unité mixte de recherche UMR9912 associe le CNRS, l'UPMC, le ministère de la Culture et l'Ircam autour d'une thématique de recherche interdisciplinaire sur les **sciences et technologies de la musique et du son**.

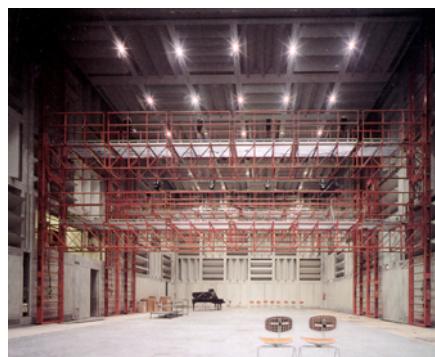
Elle est rattachée à titre principal au CNRS à l'Institut des sciences informatiques et de leurs interactions ([INS2I](#)) et à titre secondaire aux Instituts des Sciences de l'ingénierie et des systèmes ([INSIS](#)), des Sciences humaines et sociales ([INSHS](#)) et des Sciences biologiques ([INSB](#)). Elle est intégrée à l'UPMC à la [Faculté d'ingénierie - UFR 919](#) relevant du [Pôle de recherche Modélisation et ingénierie](#).

Directeur : Gérard Assayag (Ircam)

Directeur adjoint : Hugues Vinet (Ircam)

Au 1er janvier 2012, le laboratoire est constitué des équipes suivantes :

- ◆ [Acoustique instrumentale](#)
- ◆ [Espaces acoustiques et cognitifs](#)
- ◆ [Perception et design sonores](#)
- ◆ [Analyse et synthèse des sons](#)
- ◆ [Représentations musicales](#)
- ◆ [Analyse des pratiques musicales](#)
- ◆ [Interactions musicales temps réel](#)
- ◆ [Centre de Ressources Ircam](#) regroupant un fonds documentaire commun entre le CNRS et l'Ircam



# La recherche à l'Ircam / CNRS / UPMC



## Boulez conducts zappa

+ ajouter à mes albums

Frank Zappa

★★★★★

Pop, Rock

Oct 1984

Universal / Universal Music Division

Classics Jazz

7 titres

[www.ircam.fr](http://www.ircam.fr)

## ■ UMR STMS

L'Unité mixte de recherche UMR9912 associe le CNRS, l'UPMC, le ministère de la Culture et l'Ircam autour d'une thématique de recherche interdisciplinaire sur les **sciences et technologies de la musique et du son**.

Elle est rattachée à titre principal au CNRS à l'Institut des sciences informatiques et de leurs interactions ([INS2I](#)) et à titre secondaire aux Instituts des Sciences de l'ingénierie et des systèmes ([INSIS](#)), des Sciences humaines et sociales ([INSHS](#)) et des Sciences biologiques ([INSB](#)). Elle est intégrée à l'UPMC à la [Faculté d'ingénierie - UFR 919](#) relevant du [Pôle de recherche Modélisation et ingénierie](#).

Directeur : Gérard Assayag (Ircam)

Directeur adjoint : Hugues Vinet (Ircam)

Au 1er janvier 2012, le laboratoire est constitué des équipes suivantes :

- ◆ [Acoustique instrumentale](#)
- ◆ [Espaces acoustiques et cognitifs](#)
- ◆ [Perception et design sonores](#)
- ◆ [Analyse et synthèse des sons](#)
- ◆ [Représentations musicales](#)
- ◆ [Analyse des pratiques musicales](#)
- ◆ [Interactions musicales temps réel](#)
- ◆ [Centre de Ressources Ircam](#) regroupant un fonds documentaire commun entre le CNRS et l'Ircam

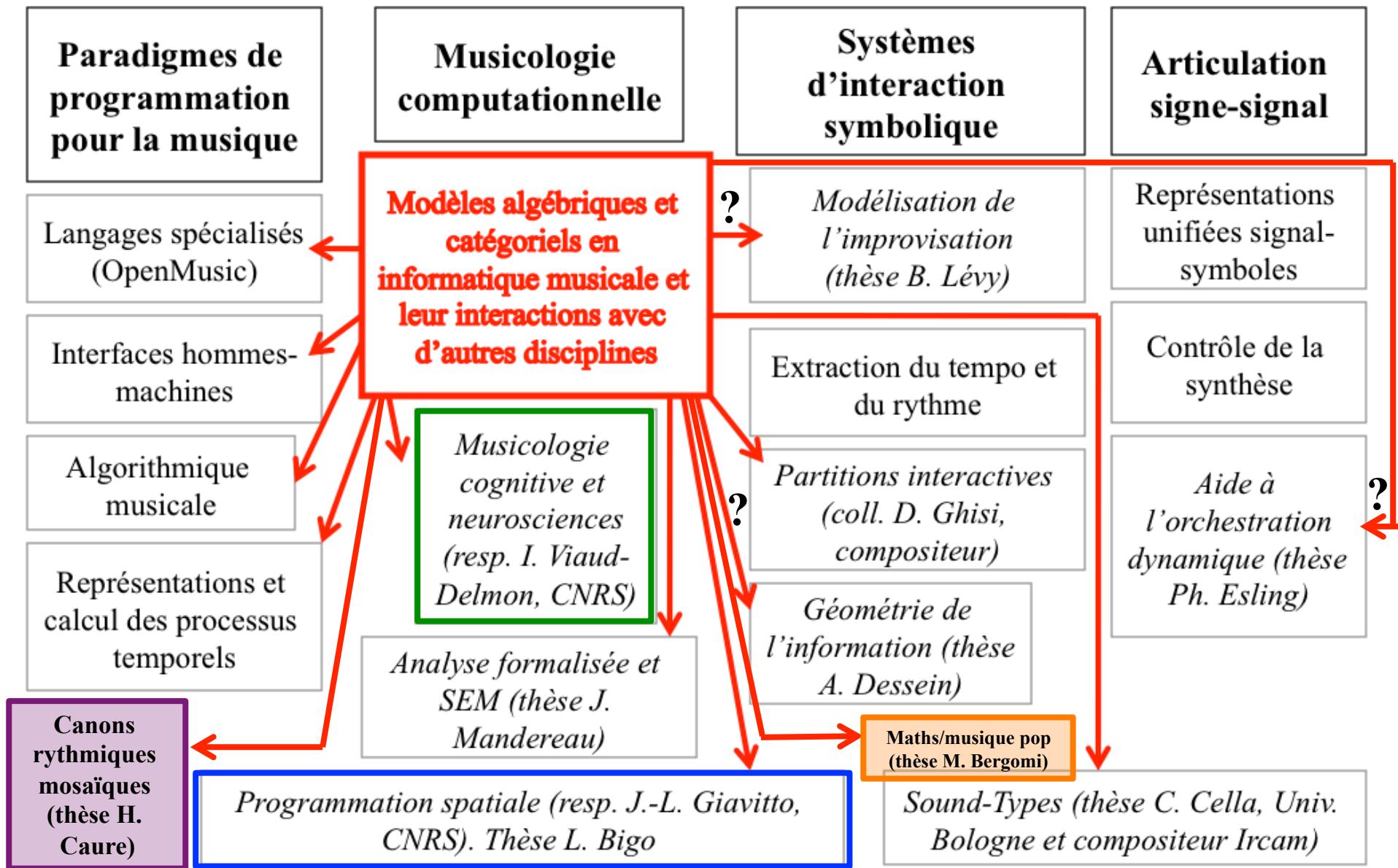


**ircam**  
Centre  
Pompidou

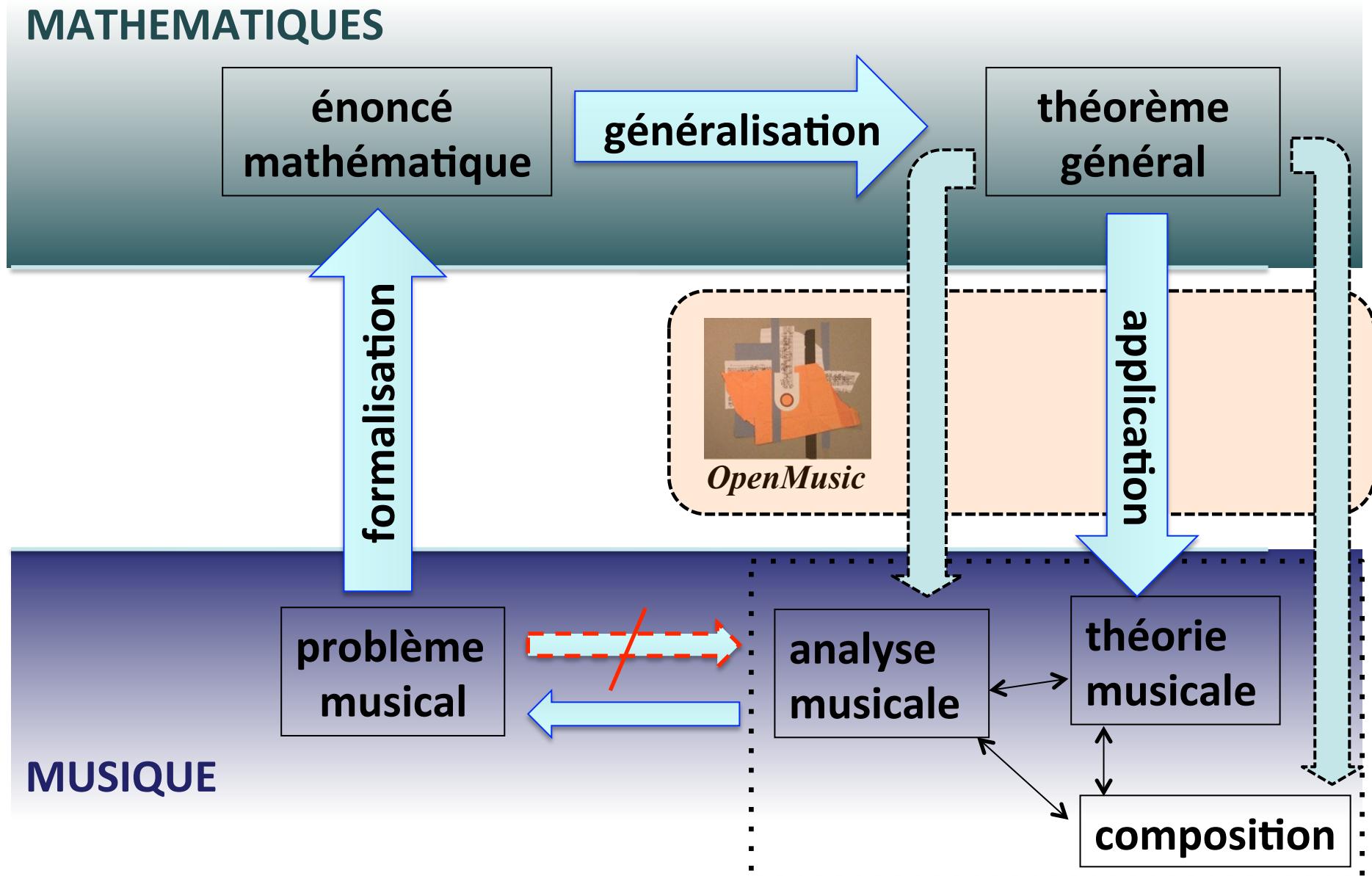


**UPMC**  
SORBONNE UNIVERSITÉS

# Maths/musique/info à l'Ircam



# Double mouvement d'une dynamique mathémusicale



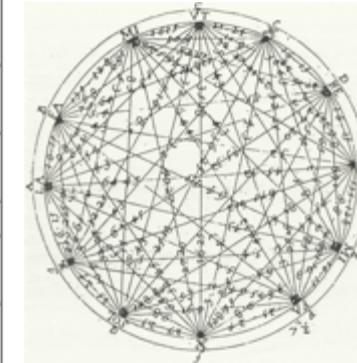
# Musique et mathématiques : une longue histoire...

MUSIQUE	MATHS
<b>500 av. J. C.</b> Relation hauteur/longueur corde. La musique est source d'inspiration pour la théorie des nombres et la géométrie.	Nombres naturels et rationnels
<b>300 a.J.</b> Invention (théorique) de la gamme chromatique tempérée égale par Atistoxène de Tarente) et prémonition de la théorie des groupes. Isomorphismes entre les logarithmes (intervalles musicaux) et les exponentiels (longueur d'une corde)	<i>Aucune relation.</i>
<b>1000</b> Invention de la représentation bidimensionnelle des hauteurs	<i>Aucune correspondance</i>
<b>1500</b> <i>Aucune reprise des concepts précédents</i>	Nombres négatifs. Construction des rationnels
<b>1600</b> <i>Aucune relation</i>	Nombres réels et les logarithmes
<b>Marin Mersenne (1588-1648) : combinatoire musicale</b>	<i>Calcul des probabilités</i>
<b>1700</b> La fugue comme un automate abstrait. Manipulation inconsciente du groupe de Klein	Nombres complexes (Euler, Gauss), les quaternions (Hamilton), continuité (Cauchy), structure de groupe (Galois, Abel)
<b>Leonhard Euler : Speculum Musicum (1773)</b>	<i>Théorie des graphes</i>
<b>1900</b> Libération de la prison de la tonalité (Loquin, Hauer, Schoenberg)	Nombres infinis et transfinis (Cantor). Axiomatique de Peano. Théorie de la mesure (Lebesgue, Borel)
<b>1920</b> Formalisation radicale des macrostructures à travers le système sériel (Schoenberg)	<i>Aucun développement de la théorie des nombres.</i>
<b>Ernst Krenek (1900-1991) : les axiomes dans le système dodécaphonique</b>	<i>David Hilbert, Les fondements de la géométrie (1899)</i>

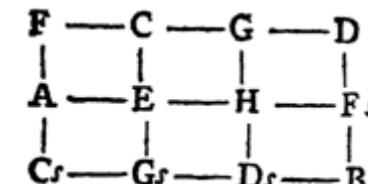
Iannis Xenakis, *Musique. Architecture*, Tournai, Casterman, 1971, (New, revised edition: Tournai, Casterman, 1976)



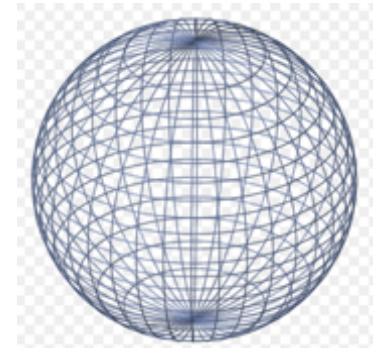
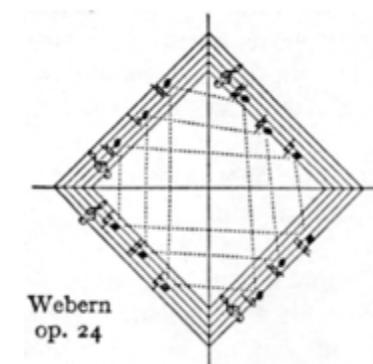
**Pythagore et le monocorde, VI<sup>e</sup>-V<sup>e</sup> siècle av. J. C.**



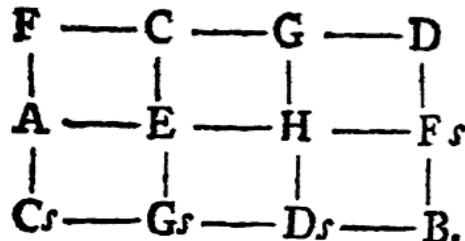
**Mersenne,  
*Harmonicorum  
Libri XII*, 1648**



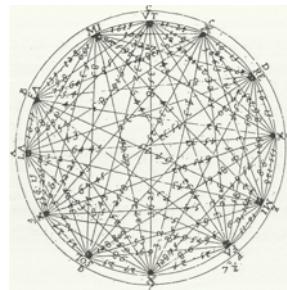
**Euler : *Speculum  
musicum*, 1773**



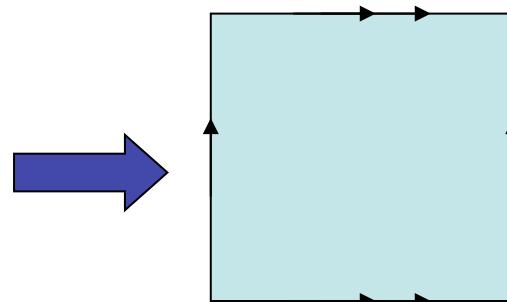
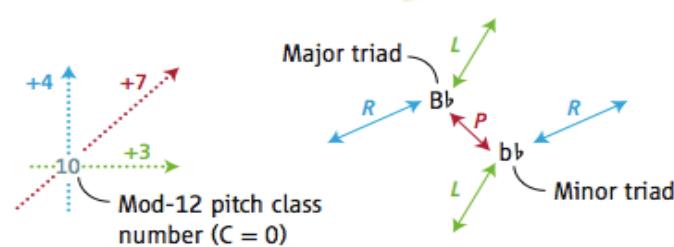
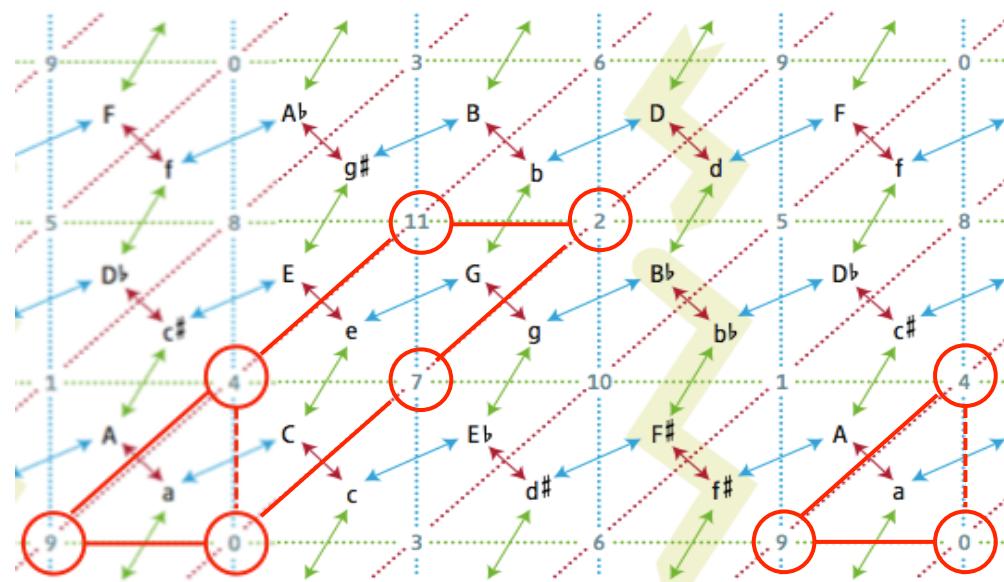
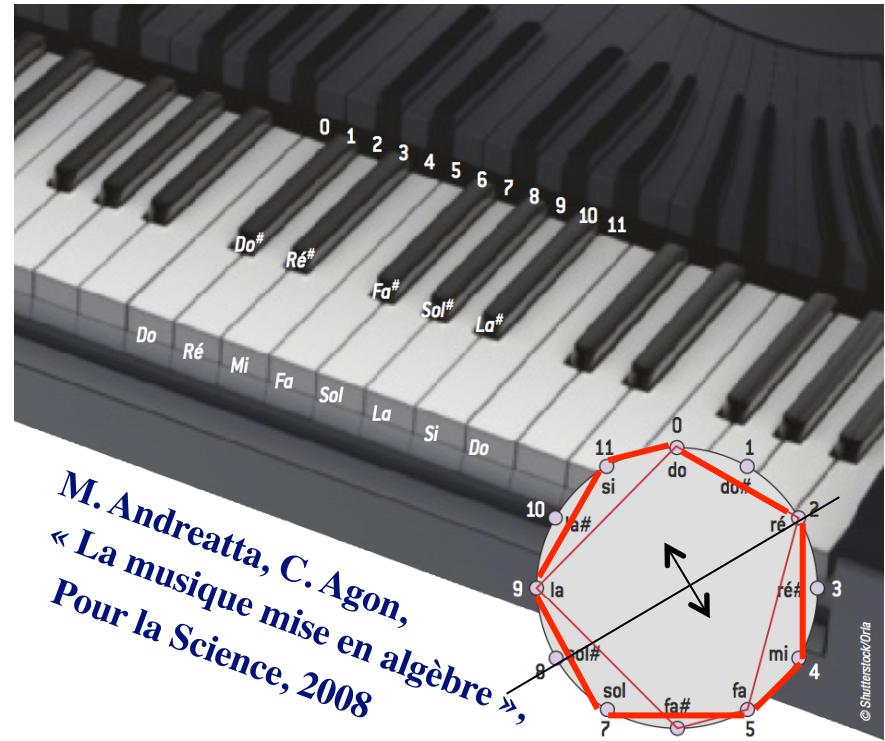
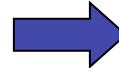
# Représentations géométriques des structures musicales



Euler (1773)



Mersenne (1648)



J. Hook, « Exploring Musical Space », *Science*, 2006

# Mise en évidence des symétries dans la musica pop

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

**D-**      **F-**      **D $\flat$ +**      **B $\flat$ +**

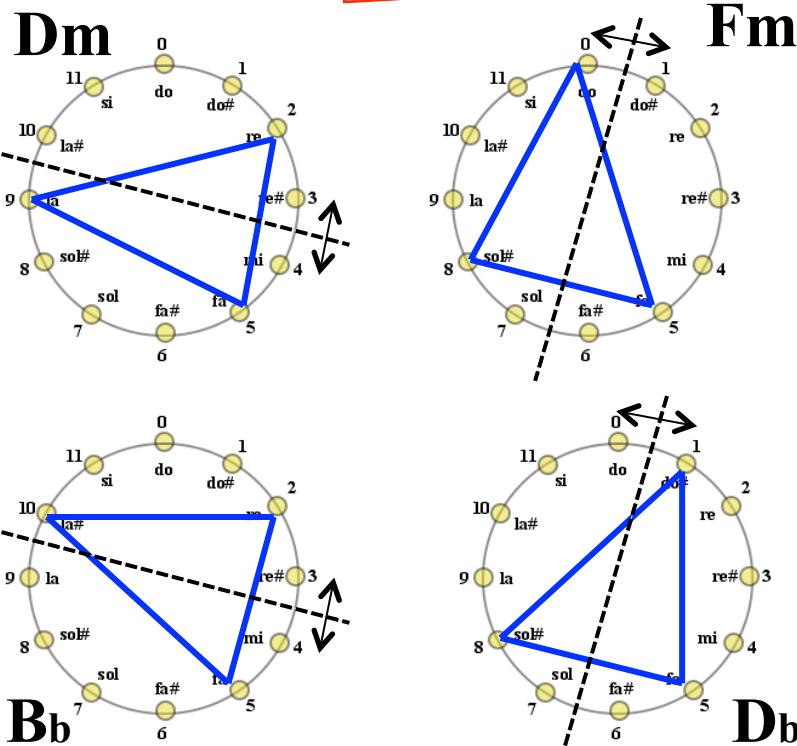
Synthesizer {



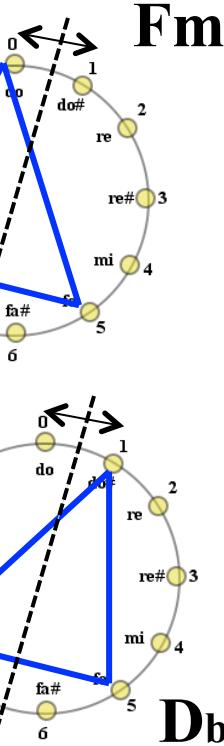
*Shake the disease - 1985  
(Depeche Mode) – min. 2'17"*

Red arrows point from the musical notation to two diagrams below, labeled **Dm** and **Fm**.

**Dm** and **Fm** diagrams:

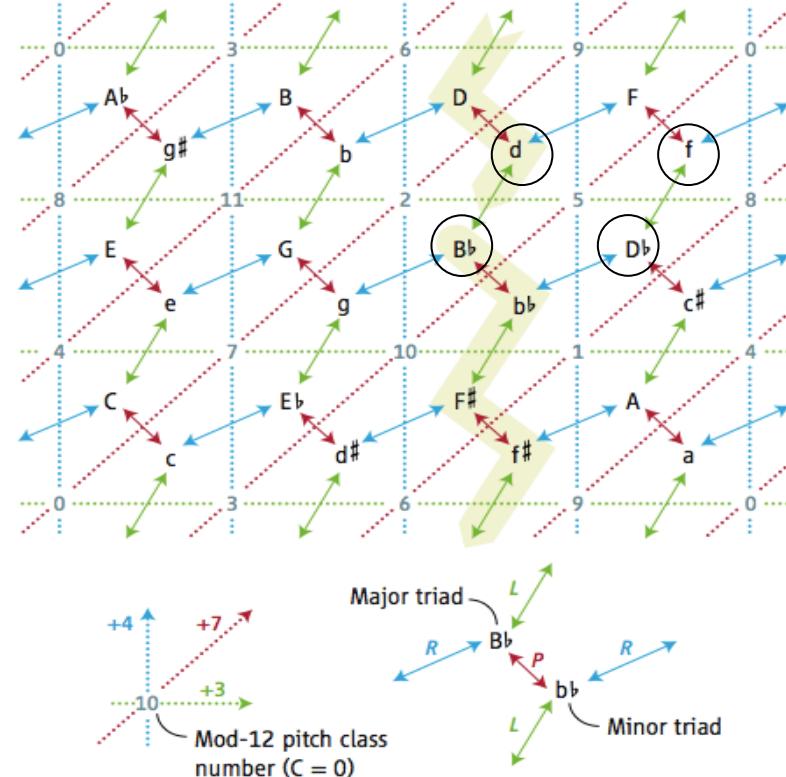


**B $\flat$**  and **D $\flat$**  diagrams:



**Mod-12 pitch class number (C = 0)**

Diagram illustrating pitch-class symmetry and triad relationships:



# Trajectoire et progression harmonique dans le Tonnetz

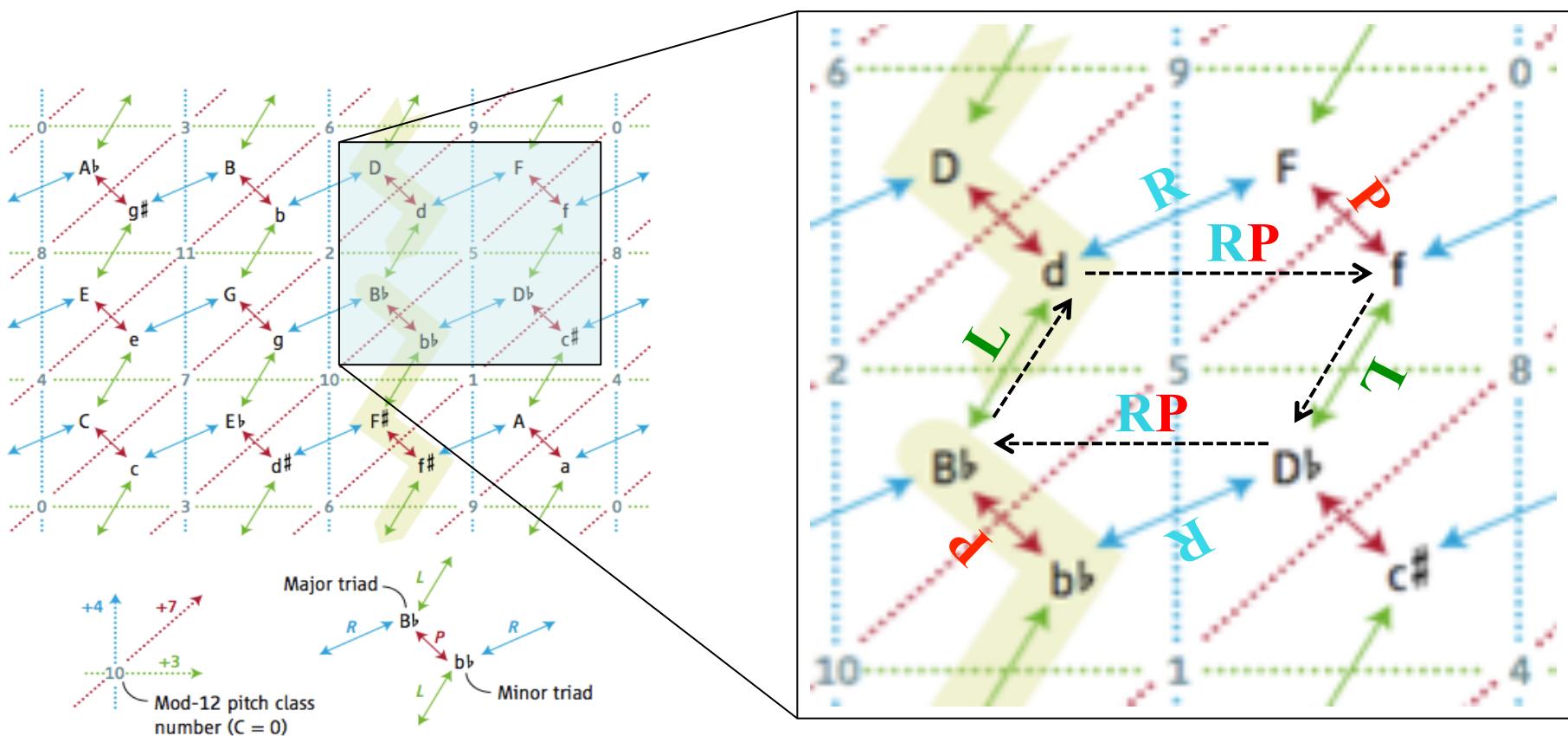
- Guy Capuzzo, "Neo-Riemannian Theory and the Analysis of Pop-Rock Music", Music Theory Spectrum 26(2), p. 177-199, 2004

D-  $\xleftarrow{\text{RP}}$  F-  $\xleftarrow{\text{L}}$  D $\flat$ +  $\xleftarrow{\text{RP}}$  B $\flat$ +  $\xleftarrow{\text{L}}$



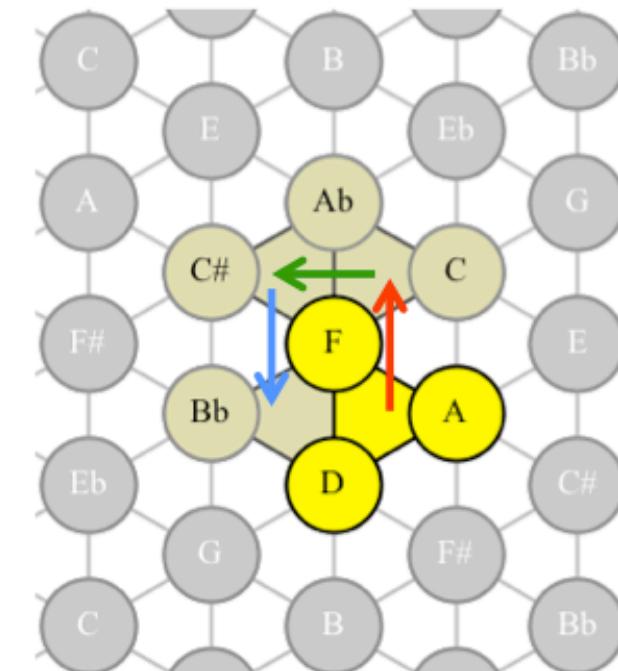
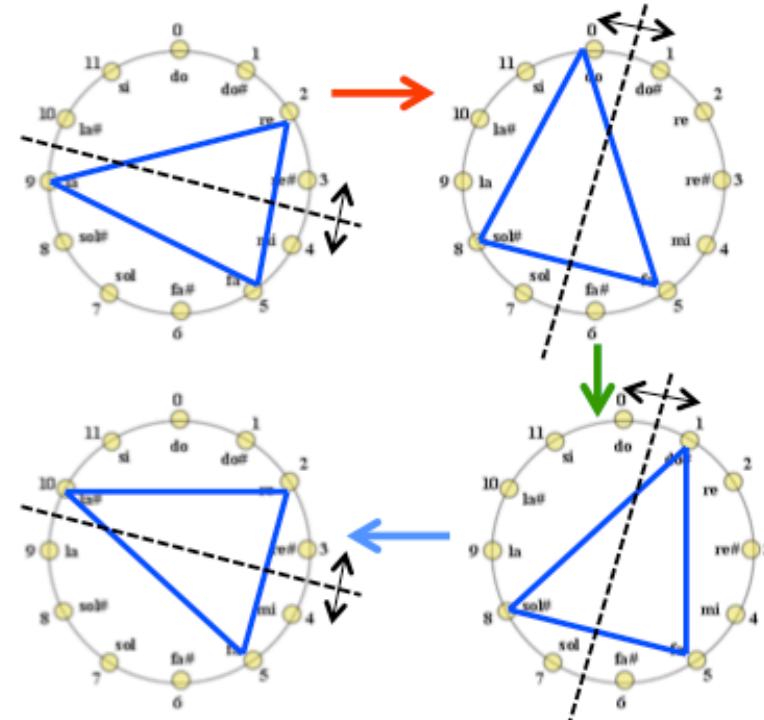
*Shake the disease - 1985  
(Depeche Mode)*

Séquence RPLRPL



# Mise en évidence des symétries dans la musica pop

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



→ Hexachord (by Louis Bigo, 2013)

# Progressions harmoniques chez Zappa: où sont les symétries ?

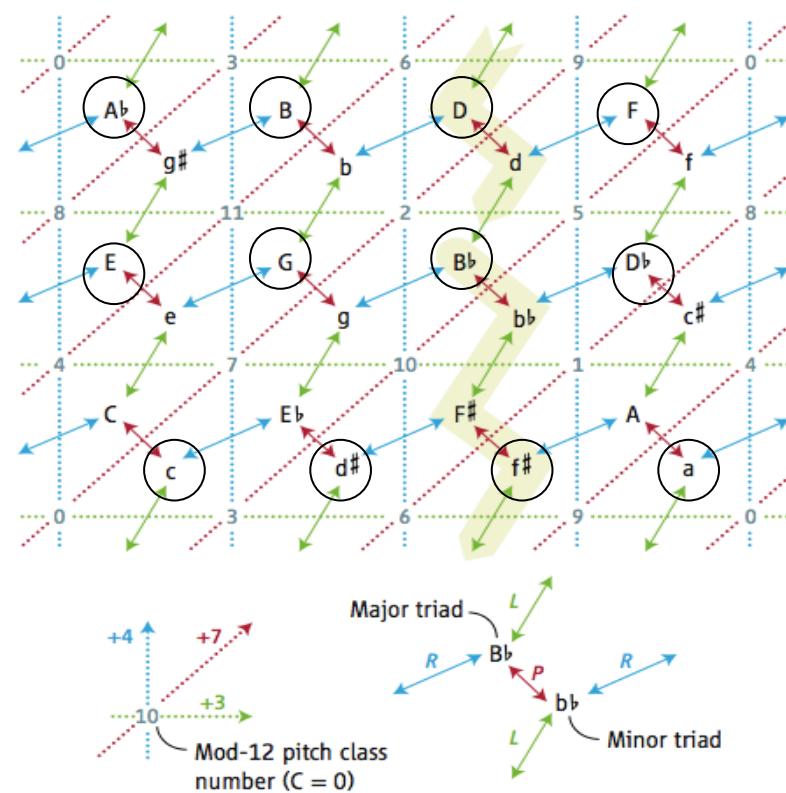
- Guy Capuzzo, "Neo-Riemannian Theory and the Analysis of Pop-Rock Music", Music Theory Spectrum 26(2), p. 177-199, 2004

The musical score shows two staves. The top staff is for the Synthesizer, and the bottom staff is for the Piano. The piano part features a complex sequence of chords and notes. A green dashed box highlights a section of the piano part from the beginning to the end of the first system. This section includes chords labeled B+, D#-, D+, C#+, A♭+, C-, B+, and B♭+. The piano part concludes with a dynamic instruction 'D.C. al Fine'. The synthesizer part follows the piano's lead.

« Easy Meat » - 1981 (Frank Zappa)



(min. 2'29")

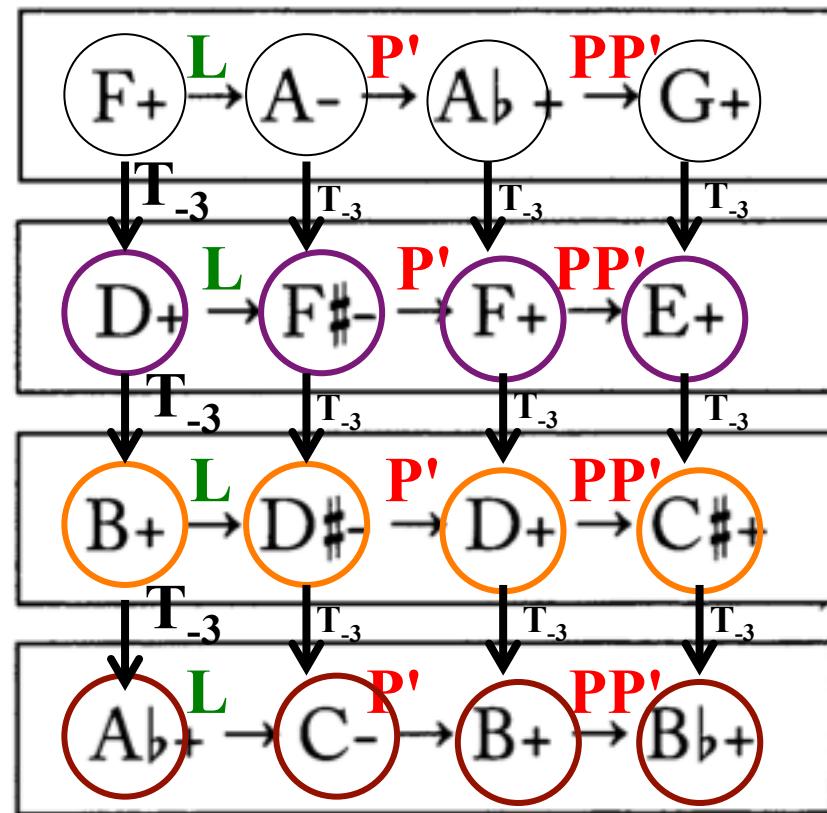
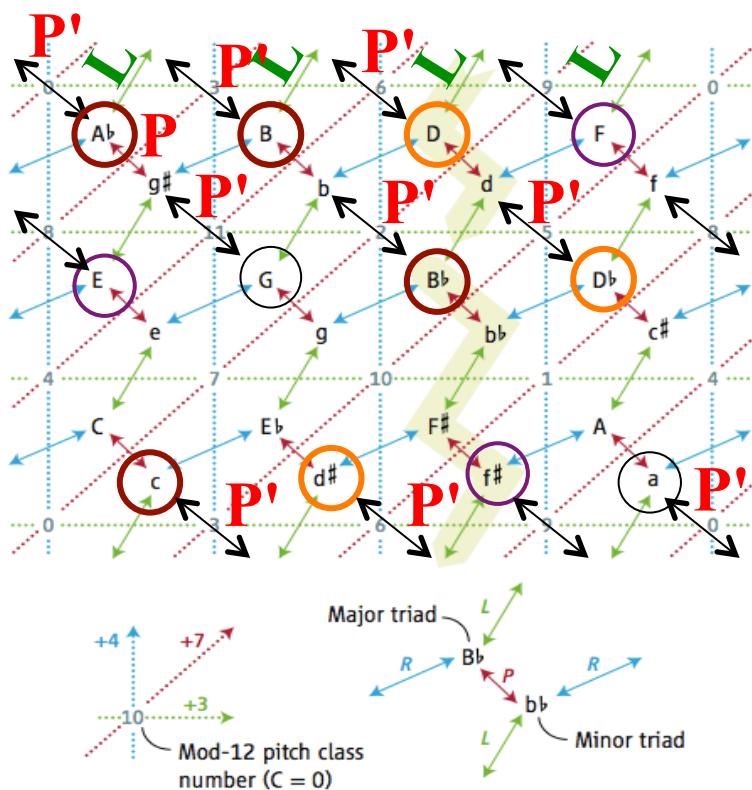


# Théories néo-riemannniennes et analyse de la musique pop

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

Musical score for "Easy Meat" by Frank Zappa, showing two staves of music with various notes and rests. The notes are labeled with musical names like G+, A+, F+, A-, Ab+, G+, D+, F#, F+, E+, B+, F#-, C#, F#+, A+, E+, E-. The score is annotated with red and green arrows indicating Neo-Riemannian progressions L, P', and PP'. The first staff has orange circles around the notes B-, D-, D+, C#, A-, C-, B+, B-. The second staff has red circles around the notes A-, C-, B+, B-. The score ends with a dynamic instruction "D.C. al Fine".

« Easy Meat » - 1981 (Frank Zappa)



# La cellule génératrice et ses translations spatiales

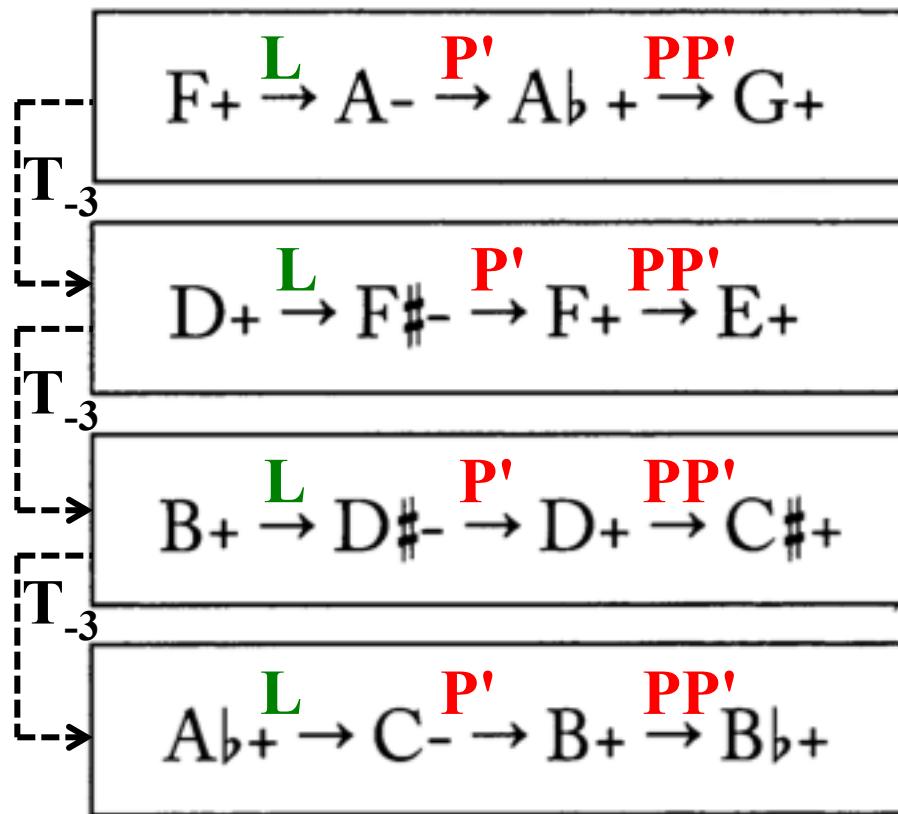
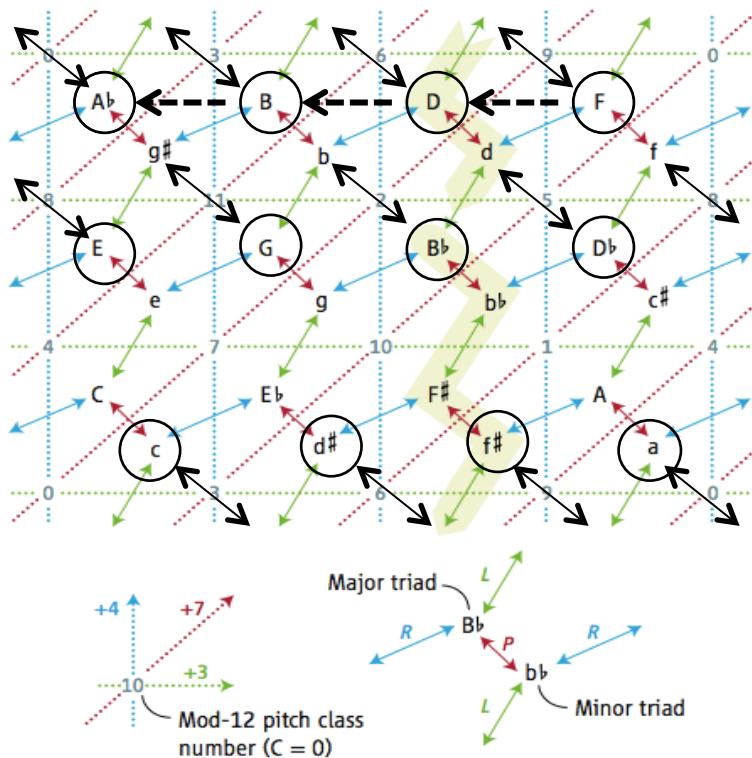
- Guy Capuzzo, "Neo-Riemannian Theory and the Analysis of Pop-Rock Music", Music Theory Spectrum 26(2), p. 177-199, 2004

Synthesizer

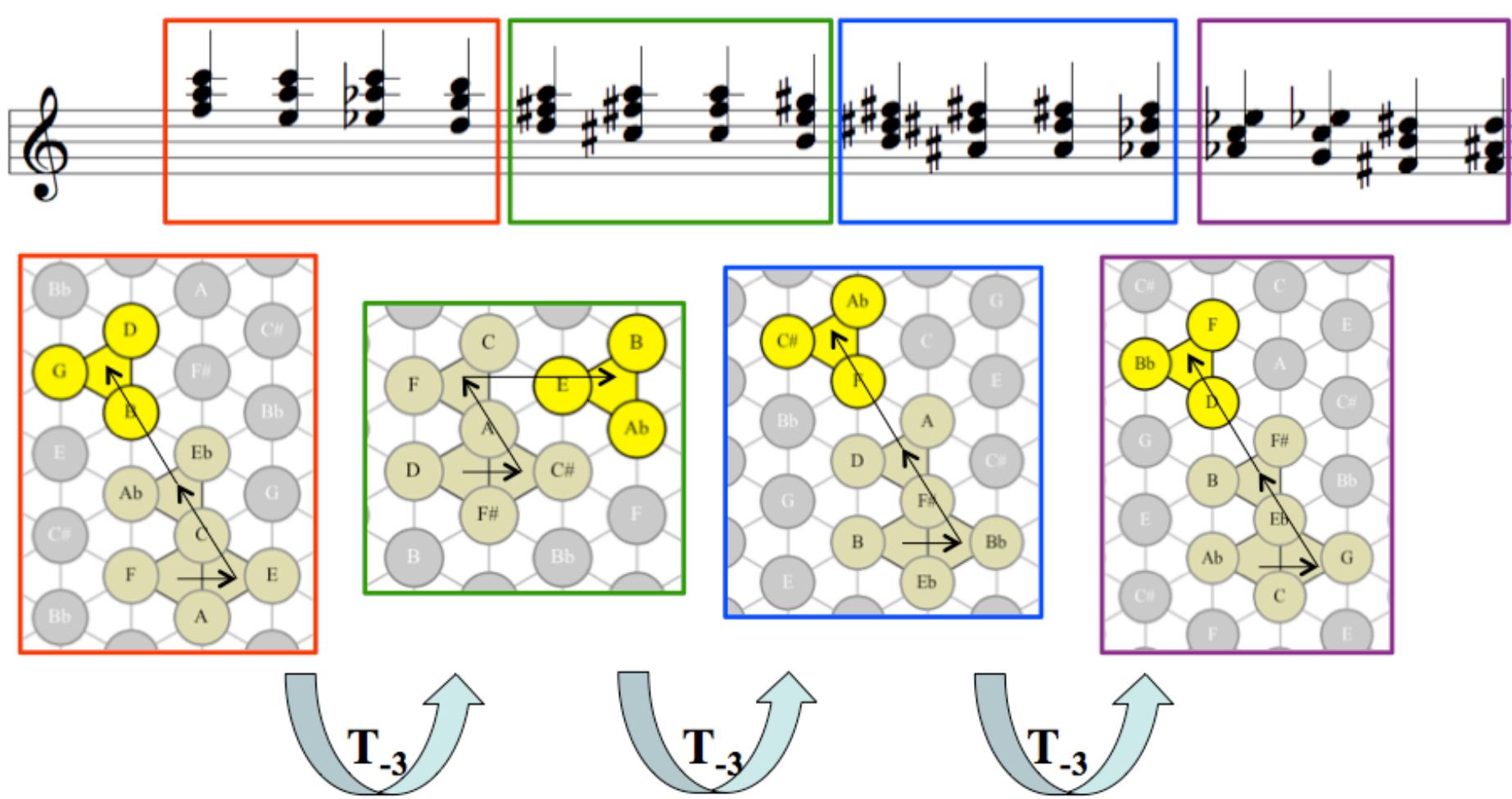
*Fine*

*D.C. al Fine*

« Easy Meat » - 1981 (Frank Zappa)



# La cellule génératrice et ses translations spatiales



→ Hexachord (by Louis Bigo, 2013)

# Progressions harmoniques dans « Madeleine » (Paolo Conte)

*Preludio*      *Moderato*

(pf) (s)

Chorus

Lab Ré/Fa Sib<sup>7</sup> Mi/Ré Ré/Si# Mi Do# Fa#

Qui, tut - to il meglio è già qui, non ci so - no pa  
tan - to io ca - pi - sco sol : tan - to il tat - to del - le tue  
[Ma] qual - che vol - ta è co si che qual - cu - no\_è tor

Re/La Sol Mi<sup>7</sup> La<sup>7</sup> Re Lab<sup>7</sup> Ré Do<sup>7</sup> Mi<sup>7</sup>

ro - le per spie ga re ed in - tui - re e ca - pi - re, Ma de - leine, e se mai ri - cor da-re...  
ma - ni e la can - zo - ne per - du - ta come un' al - tra un' al - tra vi-ta...  
na - to e sot - to cer - te ca - rez - ze... e ri - tro va - ta,



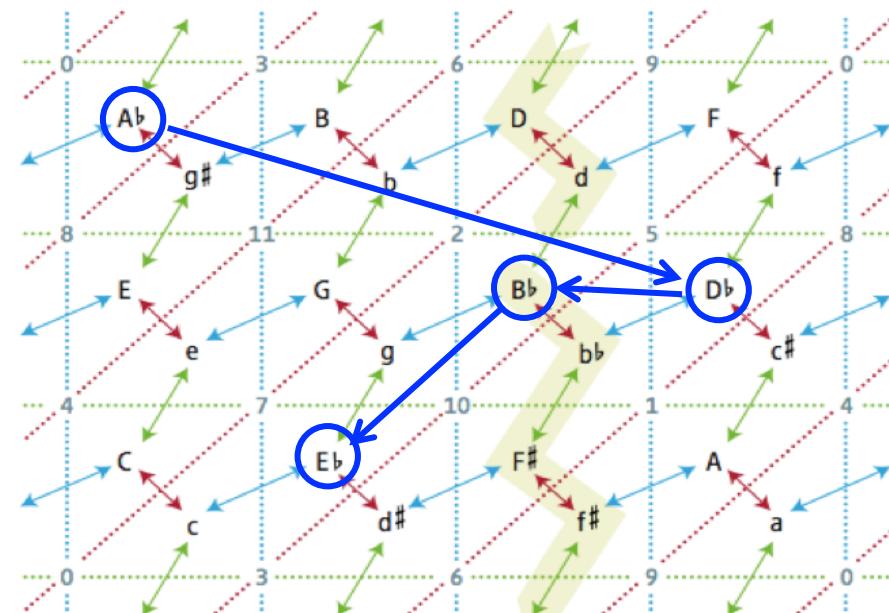
S. La Via, *Poesia per musica e musica per poesia.*  
*Dai trovatori a Paolo Conte*, Carocci, 2006

→ 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



## **Progressions harmoniques dans « Madeleine » (Paolo Conte)**

**Prelude** *Moderato*

**Chorus**

(1) Lab Réb/Fa Sib<sup>7</sup> Mi<sup>7</sup>/Réb Si/Re<sup>#</sup> Mi Do<sup>7</sup> Fa<sup>#</sup>

(2) Qui, tut - to il meglio è già qui, non ci so - no pa

(3) Tan - to [Ma] io ca - pi - sco sol - tan to il tat - to del - le tue que - che vol - ta\_é co - si que - cu - no\_è tor

(4) (A) (A)

(5) (B)

**Reprise**

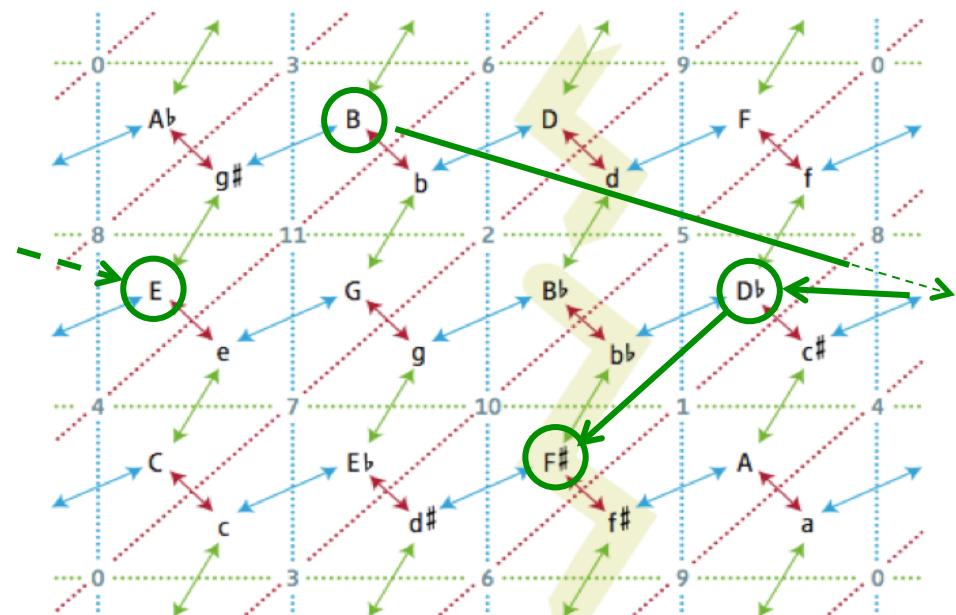
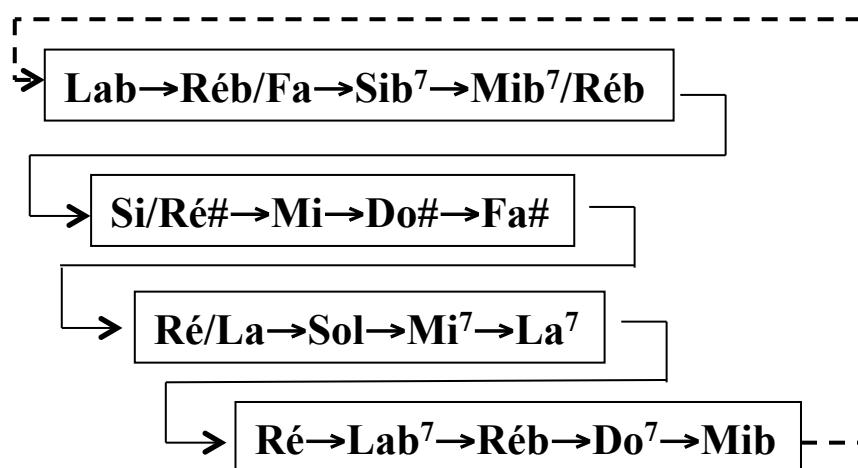
(6) Re/La Sol Mi<sup>7</sup> La<sup>7</sup> Re La<sup>7</sup> Re<sup>#</sup> Do<sup>7</sup> Mi<sup>7</sup>

(7) ro - le per spie ga re\_ed in - tui - re e ca - pi - re, Ma de - leine, e se mai ri - cor - da-re... ma - ni na - to e la can - zo - ne per - du - ta e ri - tro - va - ta, come un' al - tra un' al - tra vi - la...

(8) sot - to cer - te ca rez - ze -



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



# Progressions harmoniques dans « Madeleine » (Paolo Conte)

*Prelude*      *Moderato*

(pf) (s)

Chorus

Lab Réb/Fa Sib<sup>7</sup> Mi<sup>b</sup>/Réb Si/Ré# Mi Do# Fa#

Qui, tut - to il meglio è già qui, non ci so - no pa  
tan - to [Ma] io ca - pi - sco sol : tan - to il tat - to del - le tue  
qual - che vol - ta è co si che qual - cu - no è tor

Re/La Sol Mi<sup>b</sup> La<sup>7</sup> Re Lab<sup>7</sup> Réb Do<sup>7</sup> Mi<sup>b</sup>

ro - le per spie ga re ed in - tui - re e ca - pi - re, Ma de - leine, e se mai ri - cor da-re...  
ma - ni na - to e la can - zo - ne per - du - ta come un' al - tra un' al - tra vi-ta...

ma - ni na - to e la can - zo - ne per - du - ta come un' al - tra un' al - tra vi-ta...



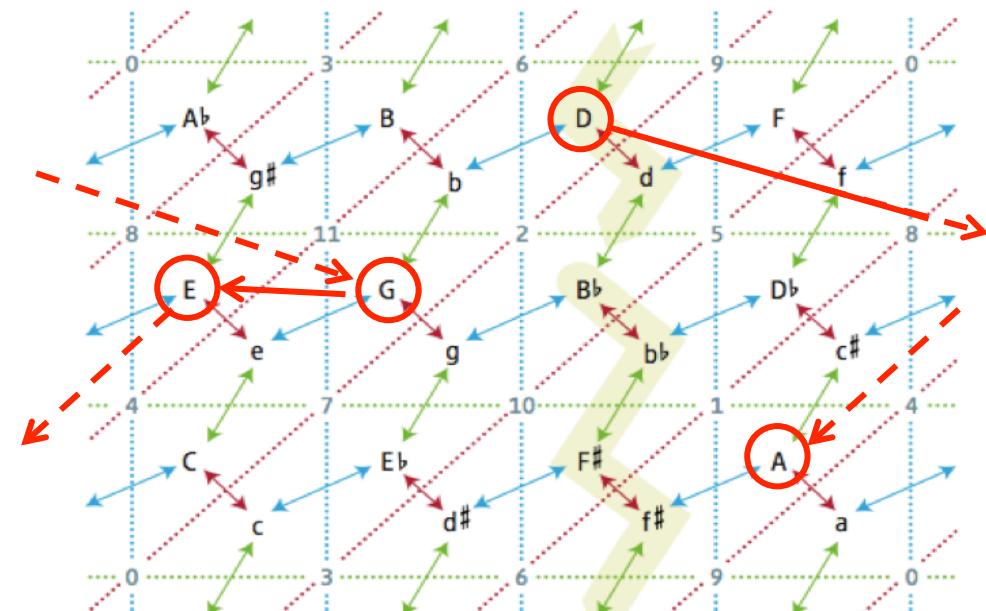
S. La Via, *Poesia per musica e musica per poesia.*  
*Dai trovatori a Paolo Conte*, Carocci, 2006

→ 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



# Progressions harmoniques dans « Madeleine » (Paolo Conte)

*Prelude*      *Moderato*

Chorus

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

Qui, tut - to il meglio è già  
io ca - pi - sco sol : tan to  
qui, non ci so - no pa  
il tat - to del - le tue  
che qual - cu - no\_è tor

Re/La Sol Mi<sup>7</sup> La<sup>7</sup> Re Lab<sup>7</sup> Réb Do<sup>7</sup> Mi<sup>7</sup>

ro - le per spie ga re ed in - tui - re e ca - pi - re, Ma de - leine, e se mai ri-cor da-re...  
ma - ni na - to e la can - zo - ne per - du - ta, come un' al - tra un' al - tra vi-ta...

ma - ni na - to e la can - zo - ne per - du - ta, come un' al - tra un' al - tra vi-ta...



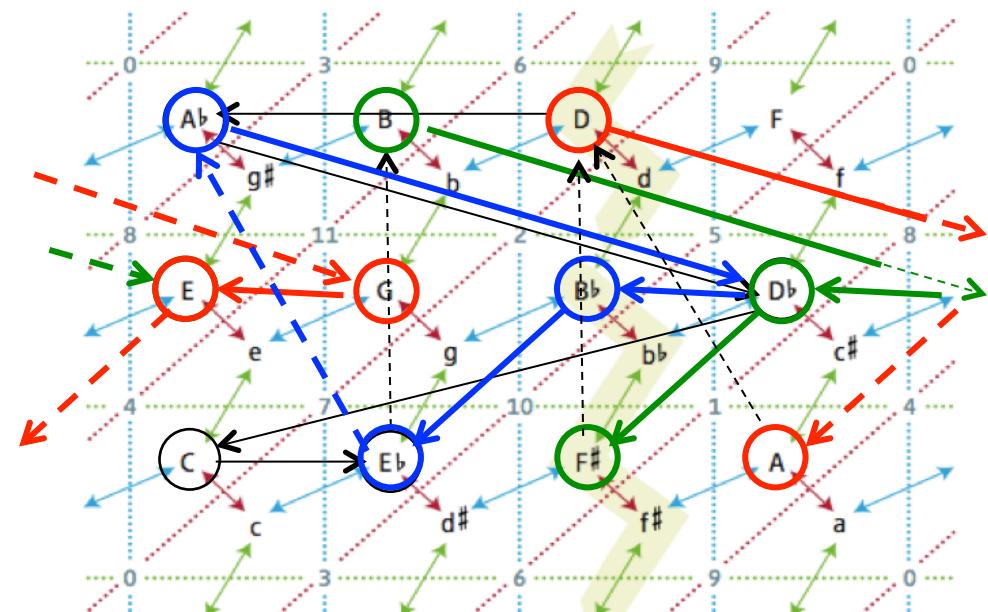
S. La Via, *Poesia per musica e musica per poesia.*  
*Dai trovatori a Paolo Conte*, Carocci, 2006

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

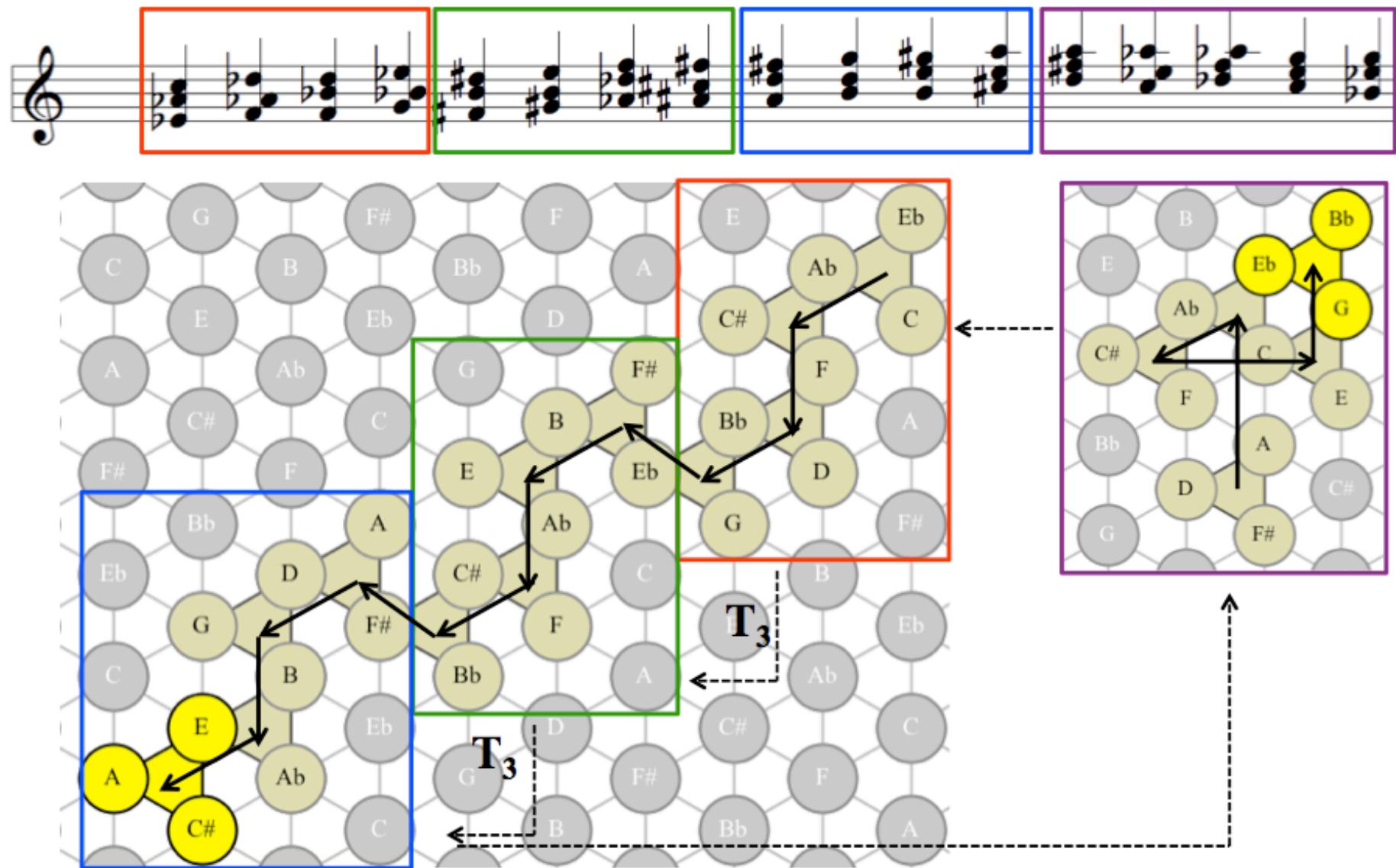
→ Si/Ré# → Mi → Do# → Fa#

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

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

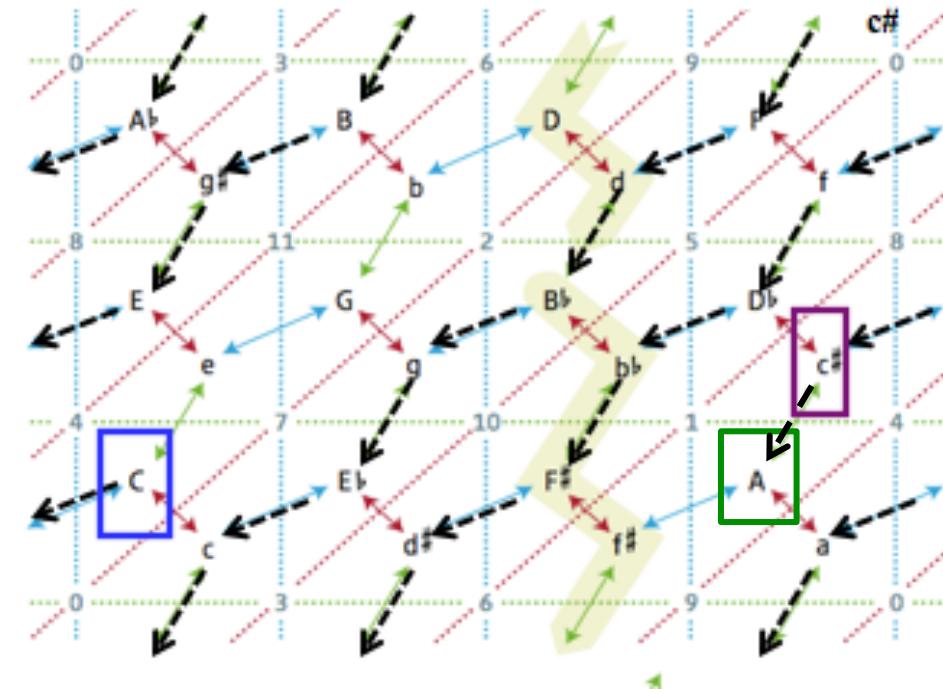
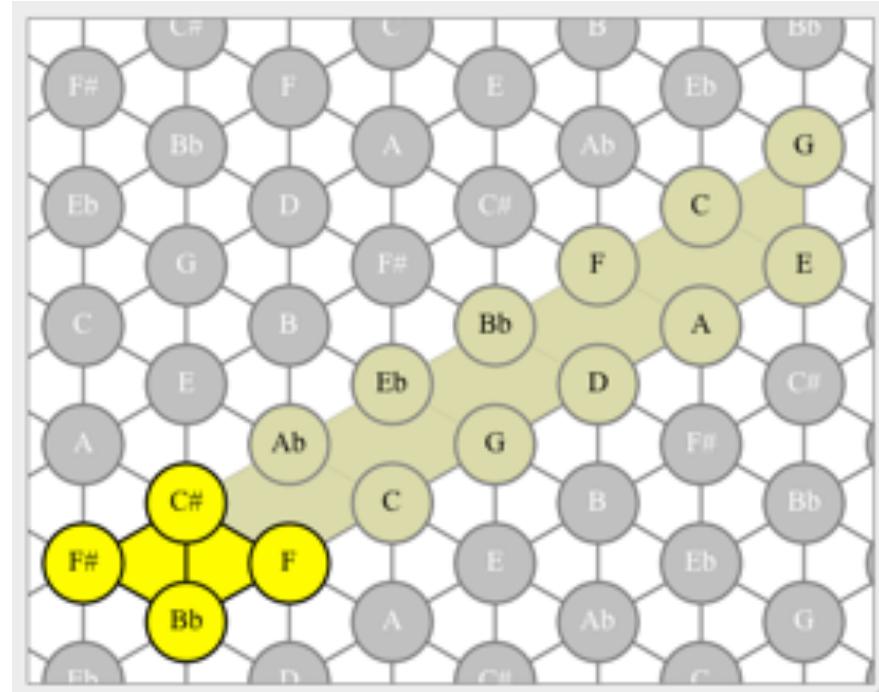


# La trajectoire spatiale de « Madeleine »



→ DEMO Hexachord  
→ (by Louis Bigo, 2013)

# Représentation géométrique des progressions harmoniques



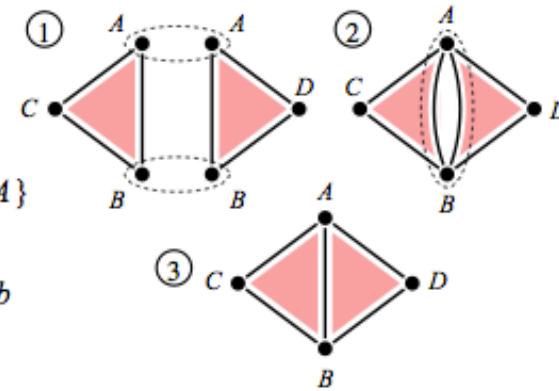
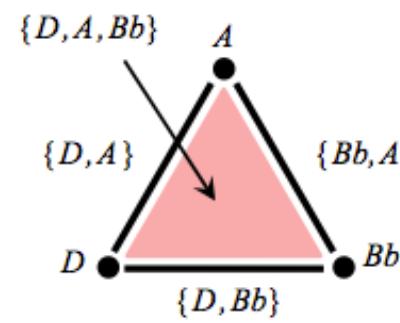
0-simplex



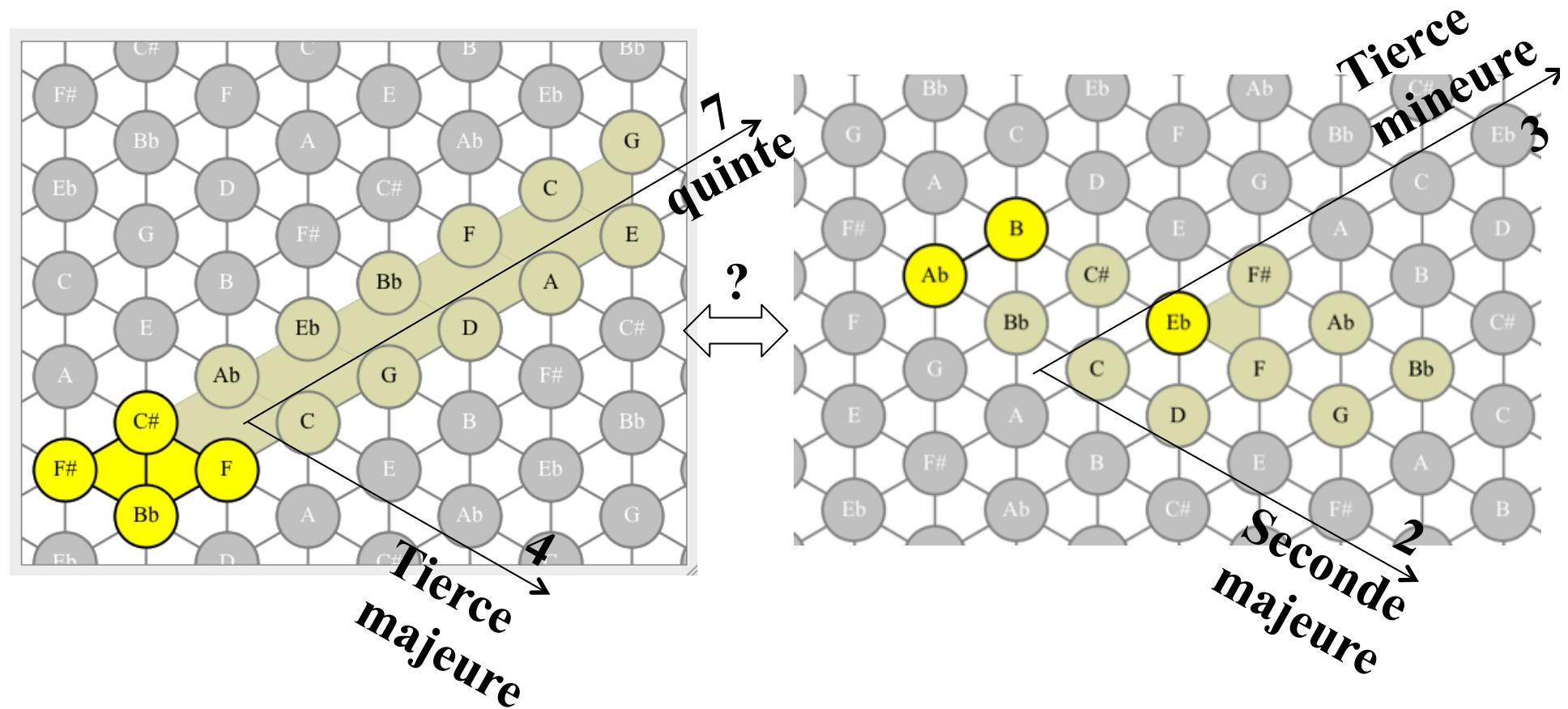
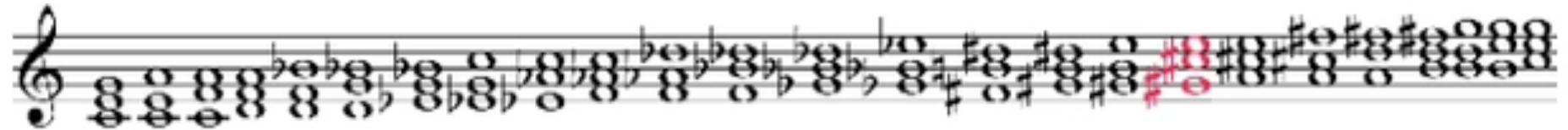
1-simplex



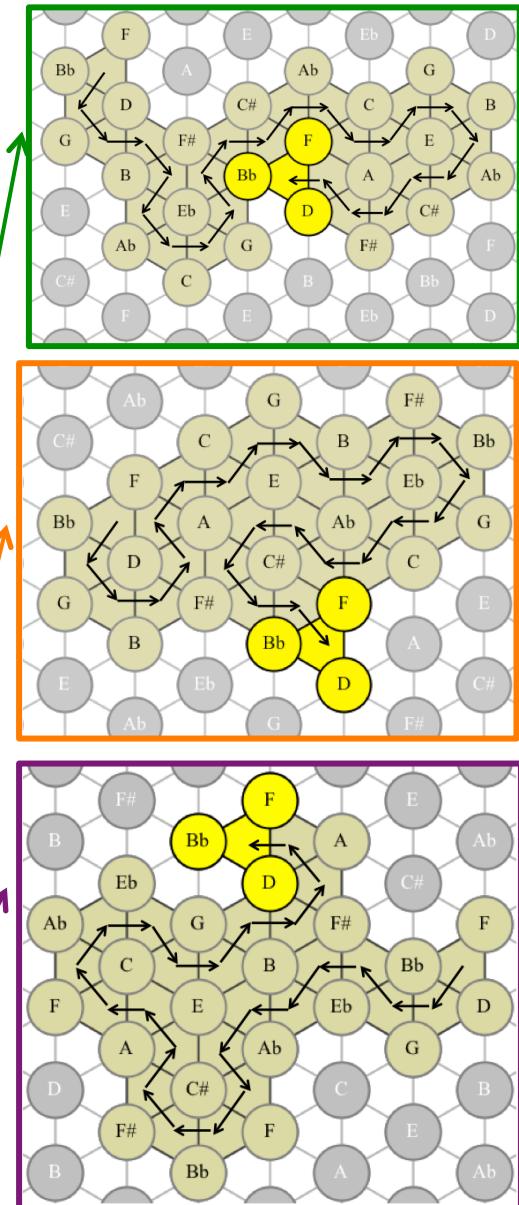
2-simplex



# Quel espace pour quelle logique musicale ?



# Enumération des cycles hamiltoniens dans le *Tonnetz*



# Une chanson hamtonielle ?

Do → mi<sub>m</sub> → Mi → sol#<sub>m</sub> → Si → ré#<sub>m</sub> → Re# → do<sub>m</sub> → La → fa<sub>m</sub> → Do# → do#<sub>m</sub>



la<sub>m</sub> ← Fa ← ré<sub>m</sub> ← Ré ← si<sub>m</sub> ← Sol ← sol<sub>m</sub> ← Sib ← sib<sub>m</sub> ← Fa# ← fa#<sub>m</sub> ← La



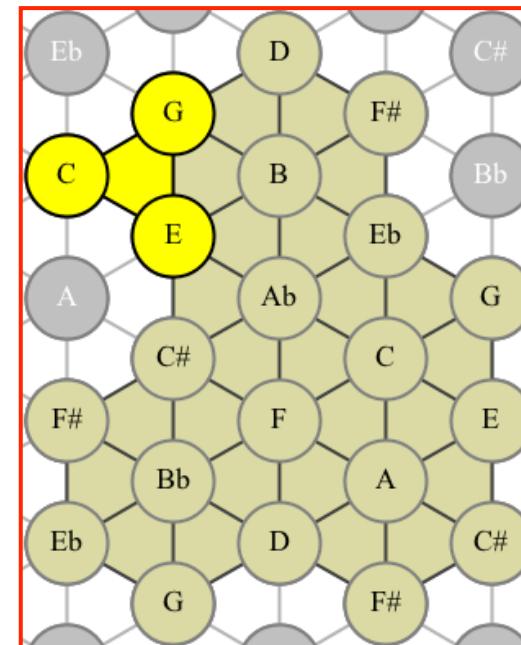
Gabriele D'Annunzio  
(1863-1938)

(Gabriele d'Annunzio)

Socchiusa è la finestra, sul giardino.  
Un'ora passa lenta, sonnolenta.  
Ed ella, ch'era attenta, s'addormenta  
a quella voce che già si lamenta,  
– che si lamenta in fondo a quel giardino.

Non è che voce d'acque su la pietra:  
e quante volte, quante volte udita!  
Quell'amore e quell'ora in quella vita  
s'affondan come ne l'onda infinita  
stretti insieme il cadavere e la pietra.

Ella stende l'angoscia sua nel sonno.  
L'angoscia è forte, e il sonno è così lieve!  
(Par la luce d'aprile quasi una neve  
che sia tiepida.) Ed ella certo deve  
soffrire, vagamente, anche nel sonno.



Do → do<sub>m</sub> → Sol# → fa<sub>m</sub> → Fa → la<sub>m</sub> → La → fa#<sub>m</sub> → Fa# → sib<sub>m</sub> → Do# → do#<sub>m</sub>



mi<sub>m</sub> ← Sol ← si<sub>m</sub> ← Ré ← ré<sub>m</sub> ← Sib ← sol<sub>m</sub> ← Mib ← mib<sub>m</sub> ← Si ← sol#<sub>m</sub> ← Mi

## **Une chanson hamiltonienne ?**

**Do** → **mi<sub>m</sub>** → **Mi** → **sol#<sub>m</sub>** → **Si** → **ré#<sub>m</sub>** → **Re#** → **do<sub>m</sub>** → **Lab** → **fa<sub>m</sub>** → **Do#** → **do#<sub>m</sub>**

↑ ↓  
la<sub>m</sub> ← Fa ← ré<sub>m</sub> ← Ré ← si<sub>m</sub> ← Sol ← sol<sub>m</sub> ← Sib ← sib<sub>m</sub> ← Fa# ← fa#<sub>m</sub> ← La



A black and white portrait of a man with dark hair and a well-groomed mustache. He is looking slightly to his left. He is wearing a dark suit jacket over a white collared shirt and a dark, patterned tie. The background is plain and light-colored.

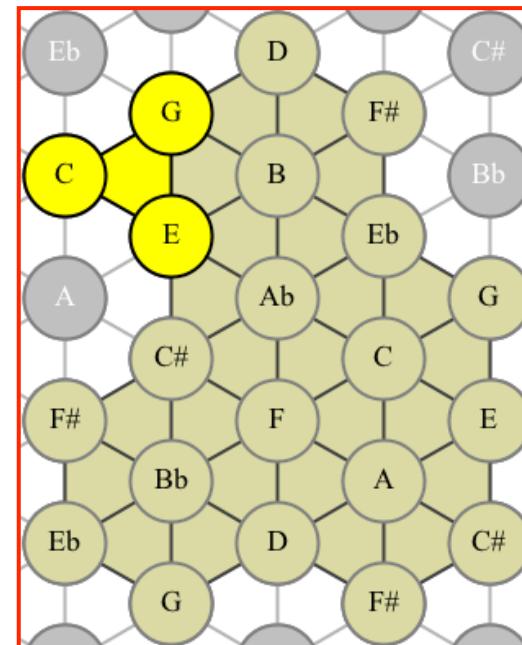
# **Gabriele D'Annunzio (1863-1938)**

(Gabriele d'Annunzio)

Socchiusa è la finestra, sul giardino.  
Un'ora passa lenta, sonnolenta.  
Ed ella, ch'era attenta, s'addormenta  
a quella voce che già si lamenta,  
- che si lamenta in fondo a quel giardino.

Non è che voce d'acque su la pietra:  
e quante volte, quante volte udita!  
Quell'amore e quell'ora in quella vita  
s'affondan come ne l'onda infinita  
stretti insieme il cadavere e la pietra.

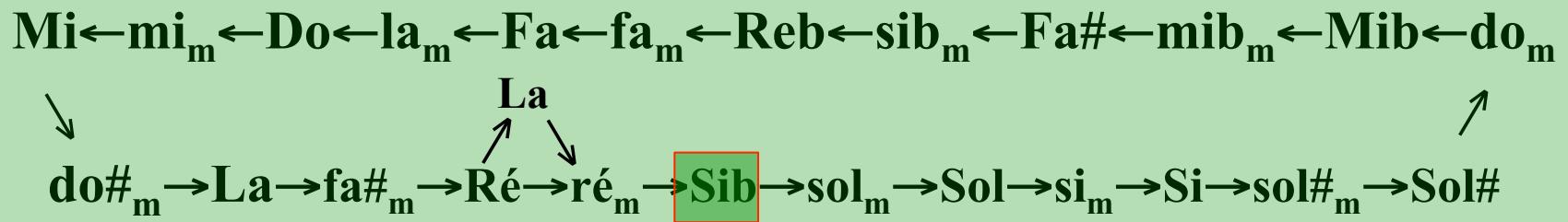
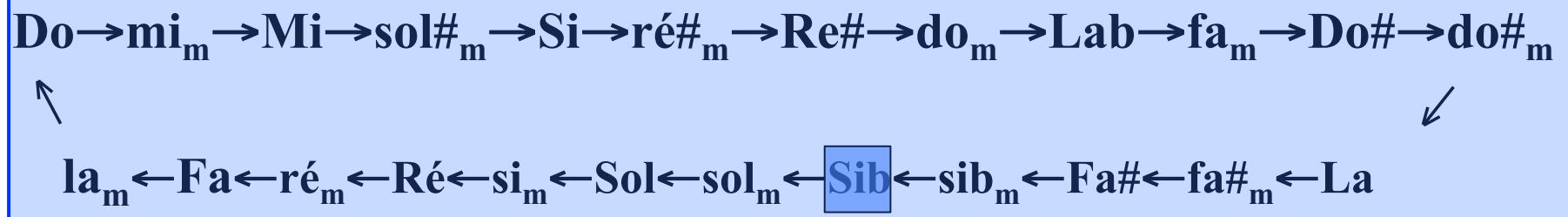
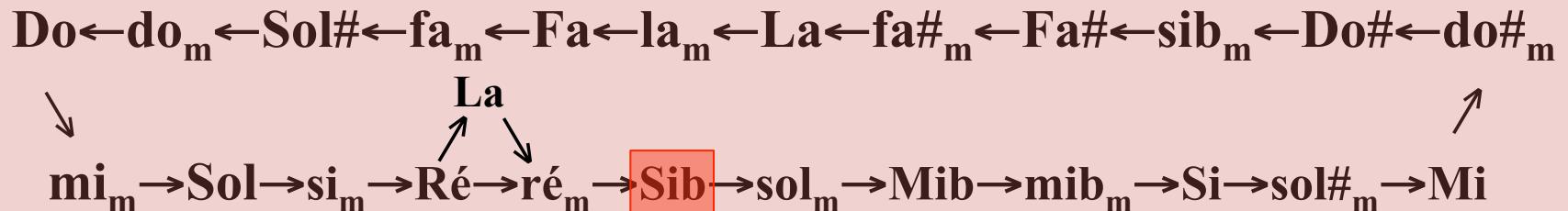
Ella stende l'angoscia sua nel sonno.  
L'angoscia è forte, e il sonno è così lieve  
(Par la luce d'aprile quasi una neve  
che sia tiepida.) Ed ella certo deve  
soffrire, vagamente, anche nel sonno.



**Do**←**do**<sub>m</sub>←**Sol#**←**fa**<sub>m</sub>←**Fa**←**la**<sub>m</sub>←**La**←**fa#**<sub>m</sub>←**Fa#**←**sib**<sub>m</sub>←**Do#**←**do#**<sub>m</sub>

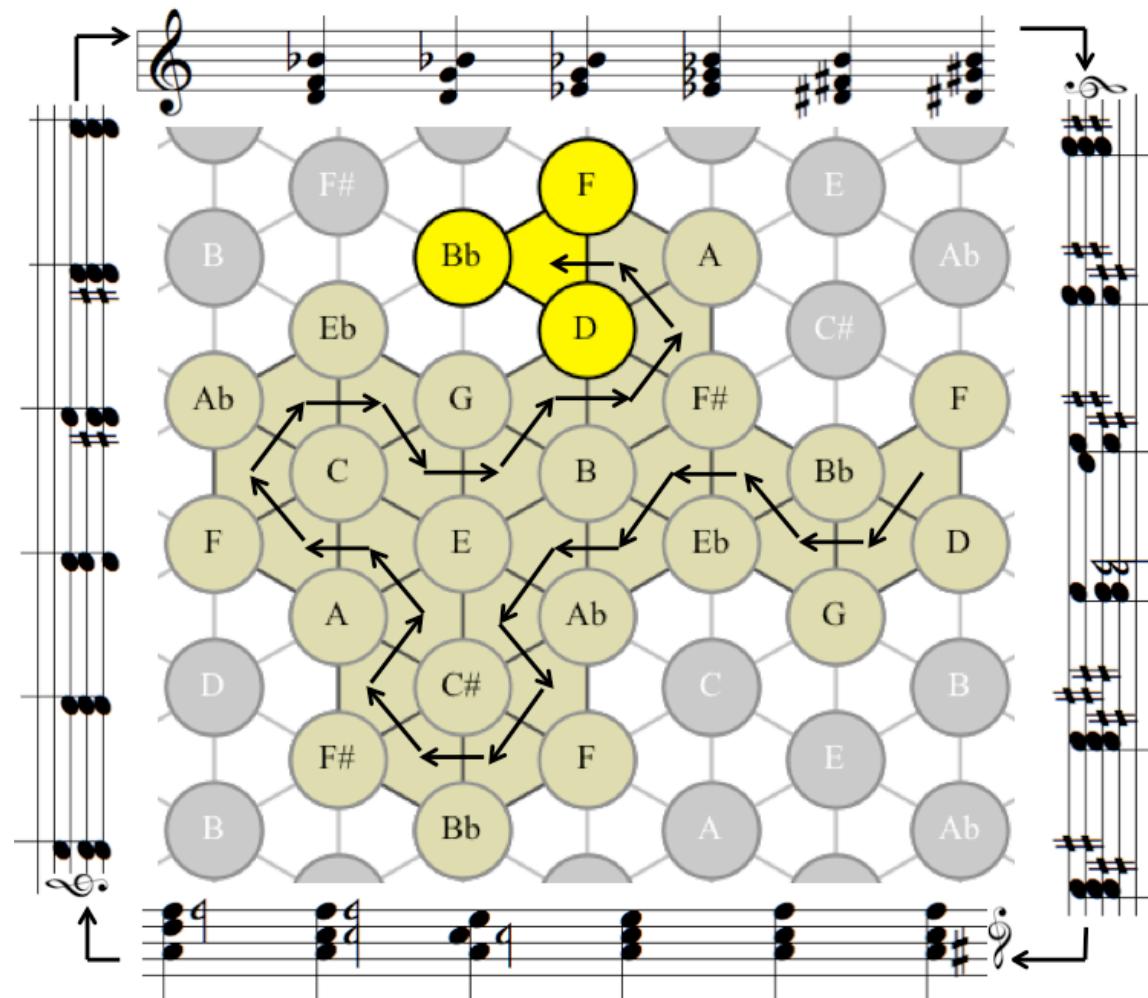
mi<sub>m</sub> → Sol → si<sub>m</sub> → Ré → ré<sub>m</sub> → Sib → sol<sub>m</sub> → Mib → mib<sub>m</sub> → Si → sol#<sub>m</sub> → Mi

## **Les trois cycles hamiltoniens utilisés dans la chanson**

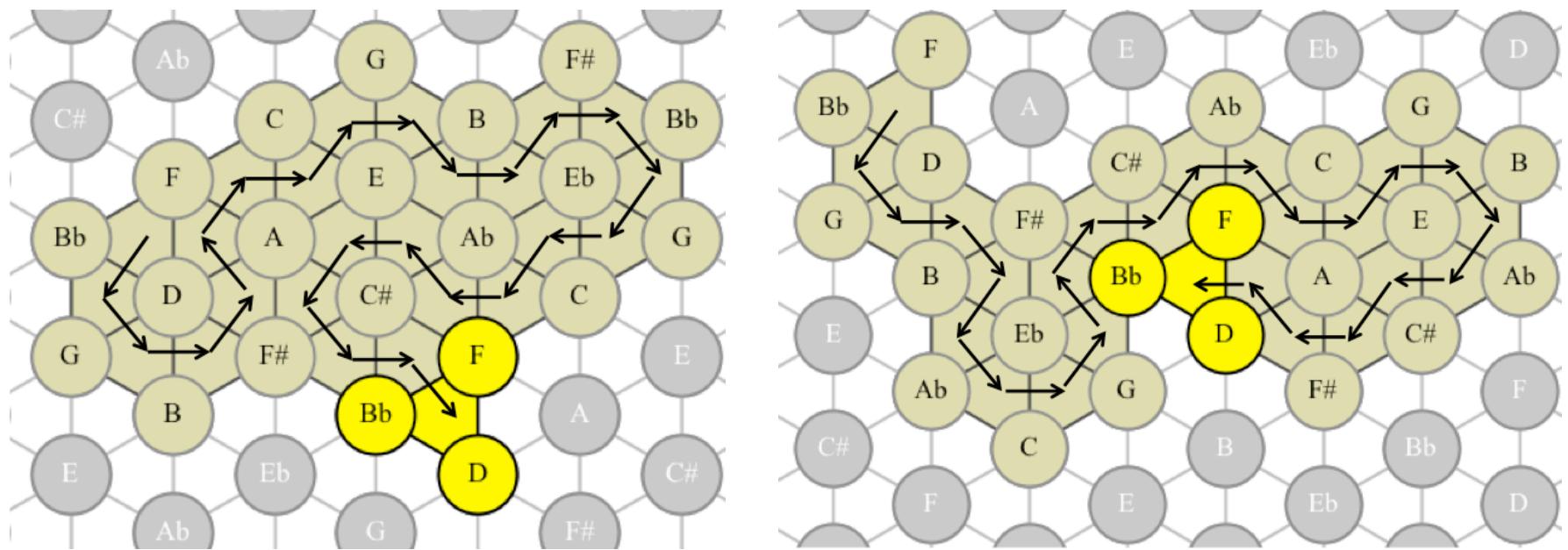


# Le premier cycle hamiltonien

Do ← do<sub>m</sub> ← Sol# ← fa<sub>m</sub> ← Fa ← la<sub>m</sub> ← La ← fa#<sub>m</sub> ← Fa# ← sib<sub>m</sub> ← Do# ← do#<sub>m</sub>  
 mi<sub>m</sub> → Sol → si<sub>m</sub> → Ré → ré<sub>m</sub> → Sib → sol<sub>m</sub> → Mib → mib<sub>m</sub> → Si → sol#<sub>m</sub> → Mi



## **Deuxième et troisième cycle hamiltonien**



Do → mi<sub>m</sub> → Mi → sol#<sub>m</sub> → Si → ré#<sub>m</sub> → Re# → do<sub>m</sub> → Lab → fa<sub>m</sub> → Do# → do#<sub>m</sub>

$la_m \leftarrow Fa \leftarrow ré_m \leftarrow Ré \leftarrow si_m \leftarrow Sol \leftarrow sol_m \leftarrow Sib \leftarrow sib_m \leftarrow Fa\# \leftarrow fa\#_m \leftarrow La$

**Mi**←**mi<sub>m</sub>**←**Do**←**la<sub>m</sub>**←**Fa**←**fa<sub>m</sub>**←**Reb**←**sib<sub>m</sub>**←**Fa#**←**mib<sub>m</sub>**←**Mib**←**do<sub>m</sub>**

A diagram showing a sequence of musical notes connected by arrows. The notes are: do<sup>#</sup><sub>m</sub>, La, fa<sup>#</sup><sub>m</sub>, Ré, ré<sub>m</sub>, Sib (enclosed in a red box), sol<sub>m</sub>, Sol, si<sub>m</sub>, Si, sol<sup>#</sup><sub>m</sub>, and Sol<sup>#</sup>. Arrows point from do<sup>#</sup><sub>m</sub> to La, La to fa<sup>#</sup><sub>m</sub>, fa<sup>#</sup><sub>m</sub> to Ré, Ré to ré<sub>m</sub>, ré<sub>m</sub> to Sib, Sib to sol<sub>m</sub>, sol<sub>m</sub> to Sol, Sol to si<sub>m</sub>, si<sub>m</sub> to Si, Si to sol<sup>#</sup><sub>m</sub>, and sol<sup>#</sup><sub>m</sub> to Sol<sup>#</sup>. There are also two additional arrows: one from Ré to ré<sub>m</sub> and another from Sib to sol<sub>m</sub>.

# La puissance de la combinatoire dans la création artistique : L'Oulipo : « L'ouvroir de littérature potentielle »

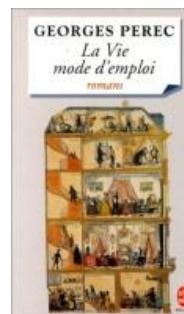
« Ce petit ouvrage permet à tout un chacun de composer à volonté cent mille milliards de sonnets, tous réguliers bien entendu. C'est somme toute une sorte de machine à fabriquer des poèmes, mais en nombre limité ; il est vrai que ce nombre, quoique limité, fournit de la lecture pour près de deux cents millions d'années (en lisant vingt-quatre heures sur vingt-quatre) »  
(Raymond Queneau, *Cent mille milliards de poèmes*, 1961)

*Du jeune avantageux la nymphe était éprise  
pour consommer un thé puis des petits gâteaux  
le chauffeur indigène attendait dans la brise  
il chantait tout de même oui mais il chantait faux  
L'un et l'autre a raison non la foule insoumise  
qui clochard devenant jetait ses oripeaux  
un frère même bas est la part indécise  
elle effraie le Berry comme les Morvandiaux  
Devant la boue urbaine on retrousse sa cotte  
aventures on eut qui s'y pique s'y frotte  
l'autocar écrabouille un peu d'esprit latin  
On regrette à la fin les agrestes bicoques  
on mettait sans façon ses plus infectes loques  
si la cloche se tait et son terlintintin*

[<http://x42.com/active/queneau.html>]



*Château des destins croisés* (1969)



*La vie mode d'emploi* (1978)



Raymond Queneau



Italo Calvino



Georges Perec

# Les contraintes dans le processus créatif



Markov constraints applied  
to text generation  
(min. 1'07")



## Today (lyrics generated using the constrained Markov approach)

Innocence of a story I could leave *today*  
When I go down in my hands and pray  
She knocked upon it anyway  
*Paradise* in the dark side of love it is a sin  
And I am getting weary looking in  
Their promises of paradise  
Now I want to know you would be spared this day  
Wind is blowing in the light in your alleyway  
*Innocence* in the wind it whispers to the day  
Out the *door* but I could leave today  
She knocked upon it anyway



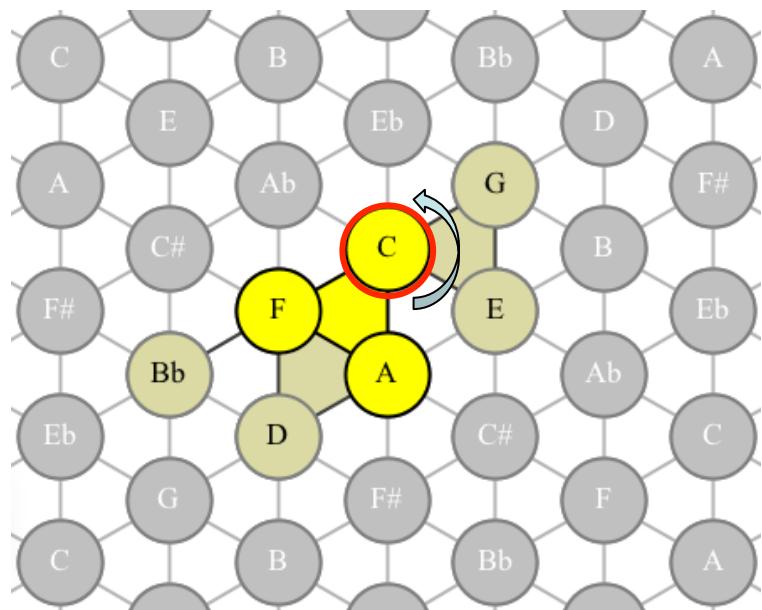
C7 / Fmin | Bb7 / Ebmin | Ab7 / Db7 | Dbmin / Cmin  
F7 / Bbmin | Eb7 / Abmin | Gmin / Gbmin | B7 / Gb7  
Bmin / E7 | Amin / D7 | Emin / A7 | Dmin / G7



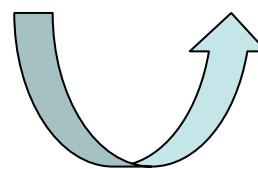
- G. Barbieri, F. Pachet, P. Roy, M. Degli Esposti, « Markov Constraints for Generating Lyrics with Style », ECAI, vol. 242 of Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, p. 115-120. IOS Press, 2012

[http://francoispachet.fr/markovconstraints/markov\\_applet\\_style/index.html](http://francoispachet.fr/markovconstraints/markov_applet_style/index.html)  
[http://www.francoispachet.fr/markovconstraints/markov\\_constraintspaper.html](http://www.francoispachet.fr/markovconstraints/markov_constraintspaper.html)

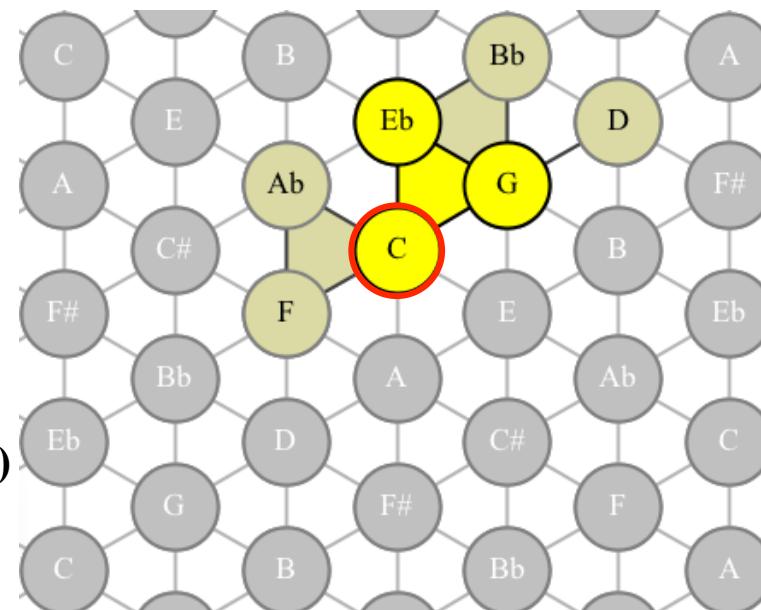
# Transformations symétriques de l'espace



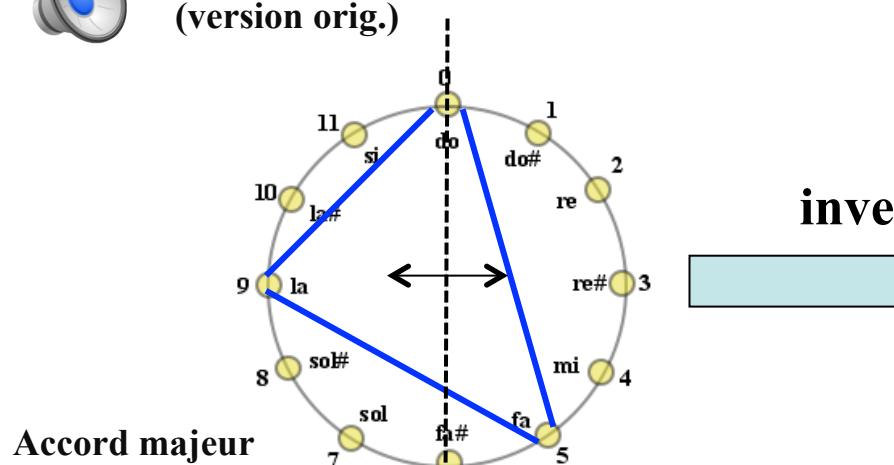
Beatles, Hey Jude  
(version orig.)



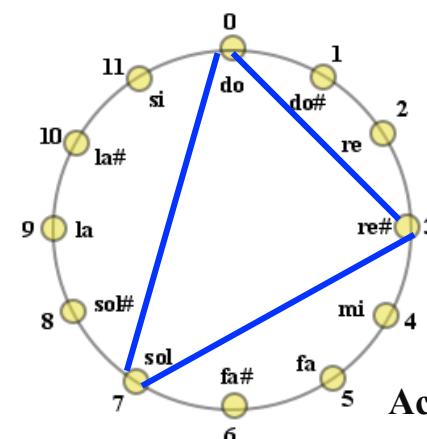
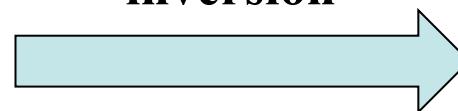
**Rotation**  
(autour du *do*)



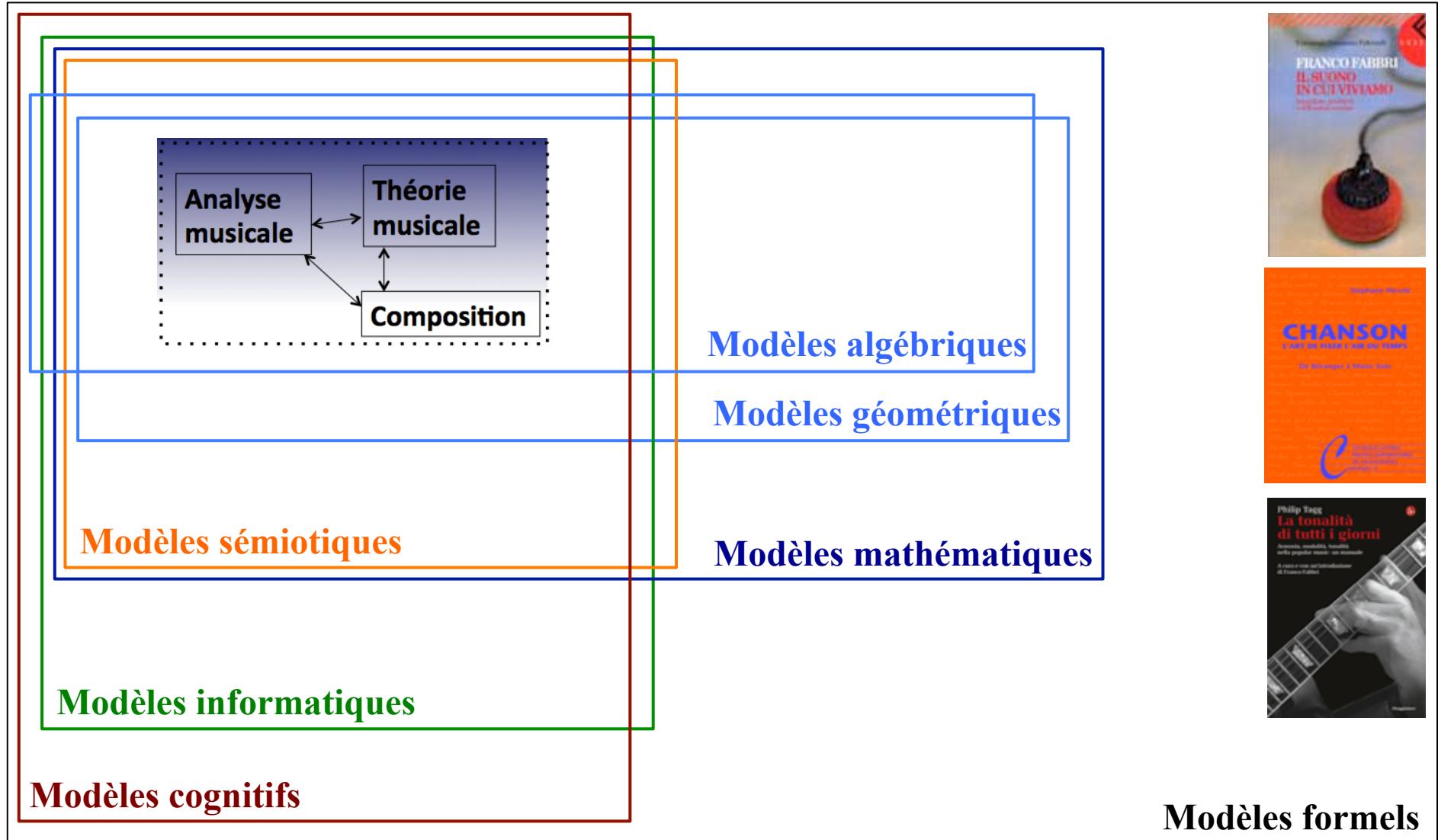
Beatles, Hey Jude  
(version transformée)



**inversion**



# Modèles formels pour et dans la musique (pop)

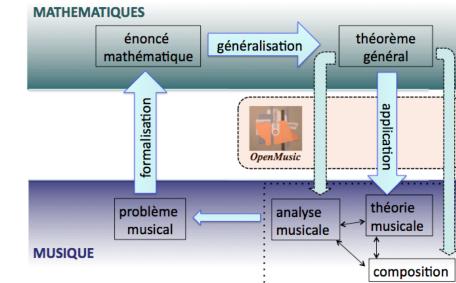


- **Franco Fabbri, *Il suono in cui viviamo. Inventare, produrre e diffondere musica*, Feltrinelli, 1996**
- **Stéphane Hirschi. *L'art de fixer l'air du temps (de Béranger à Mano Solo)*, Collection « Cantologie », Les Belles, Lettres, 2008**
- **Philip Tagg, *La tonalità di tutti i giorni. Armonia, modalità, tonalità nella popular music: un manuale*, Il Saggiatore, 2009**

# Petit catalogue d'objets mathémusicaux

[Cf. M. Andreatta : *Mathematica est exercitium musicae*, HDR, octobre 2010]

1. La construction des canons rythmiques mosaïques : de Minkowski à Fuglede
2. La relation Z et la théorie des ensembles homométriques
3. La *Set Theory* et la théorie transformationnelle
4. Les théories diatoniques et les *ME-sets*
5. Suites périodiques et calcul de différences finies
6. La théorie des block-designs en composition algorithmique
7. Modèles algébriques et catégoriels pour la cognition musicale



**Canons rythmiques mosaïques**

A musical staff with notes on it.

**Set Theory, théories transformationnelle et neo-riemannniennes**

Diagrams showing set transformations:  $\begin{matrix} mi & \xrightarrow{T_5} & la \\ I_{10} & \xrightarrow{T_4} & sib \\ fa\# & \xrightarrow{T_4} & si \end{matrix}$ ,  $\begin{matrix} si & \xrightarrow{T_5} & mi \\ I_2 & \xrightarrow{T_4} & sib \\ fa\# & \xrightarrow{T_4} & si \end{matrix}$ ,  $\begin{matrix} la & \xrightarrow{T_5} & ré \\ I_2 & \xrightarrow{T_4} & sol \\ la & \xrightarrow{T_5} & ré \\ I_2 & \xrightarrow{T_4} & sol \end{matrix}$ .

**Relation Z et ensembles homométriques**

**BPF**

**Théories diatoniques et ME-sets**

**Calcul des différences finies**

$Df(x) = f(x) - f(x-1)$

7 2 7 11 10 11 7 2 7 11 10 11...

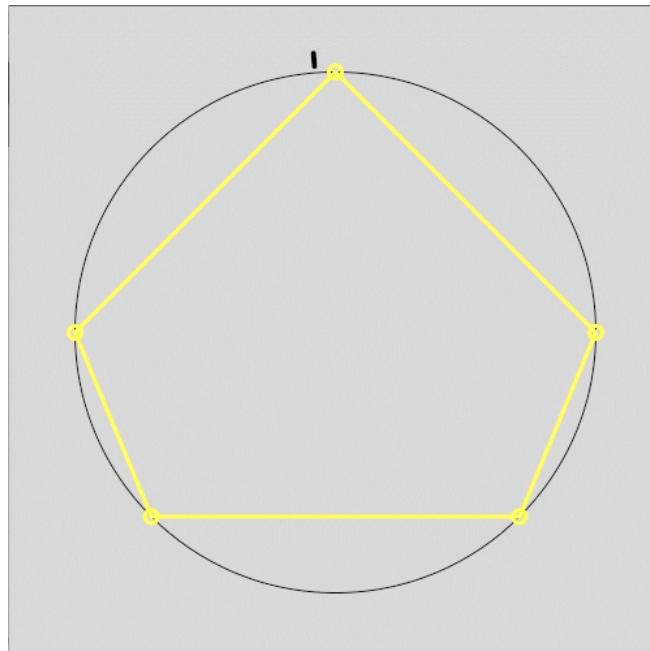
7 5 4 11 1 8 7 5 4 11 1 8...

.....

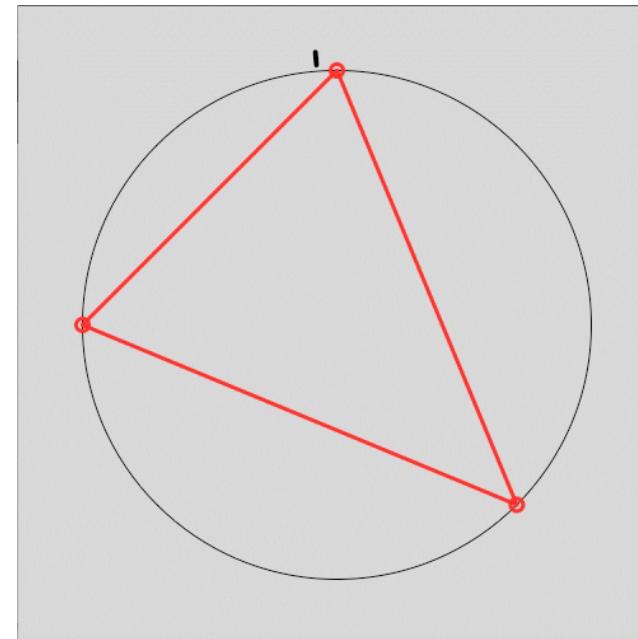
# MMIM (resp. M. Chemillier, CAMS/EHESS)

- Orally transmitted musical and mathematical activities
  - Mathematical models of music improvisation (OMAX project)
  - Tiling Rhythmic Canons, Z relation and homometry
  - Set Theory, Transformational and Diatonic Theory
  - Periodic sequences and finite difference calculus
- Weak algebraic structures  
(M. Chemillier)
- Strong algebraic structures  
(M. Andreatta)

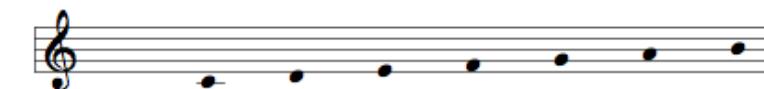
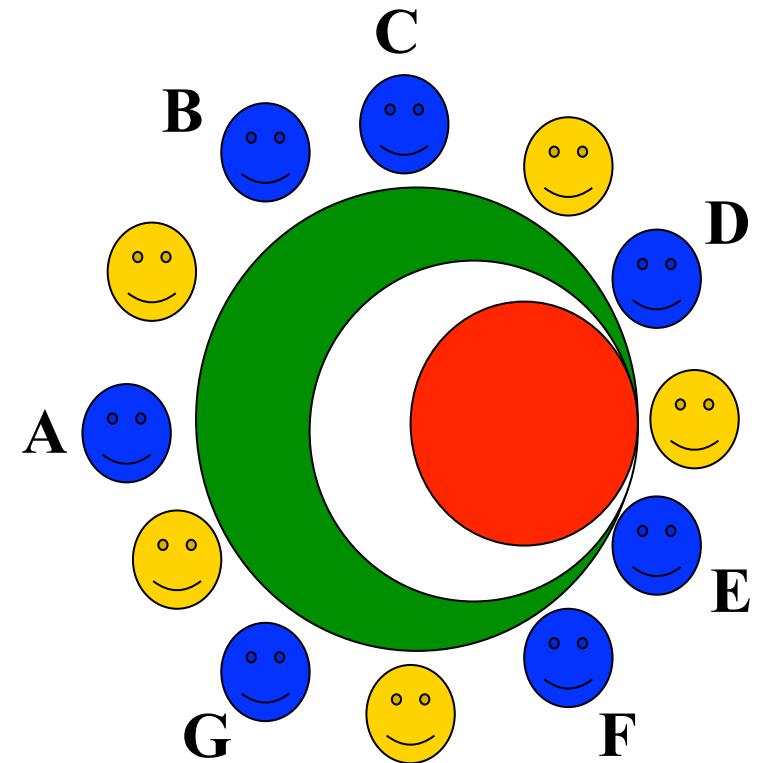
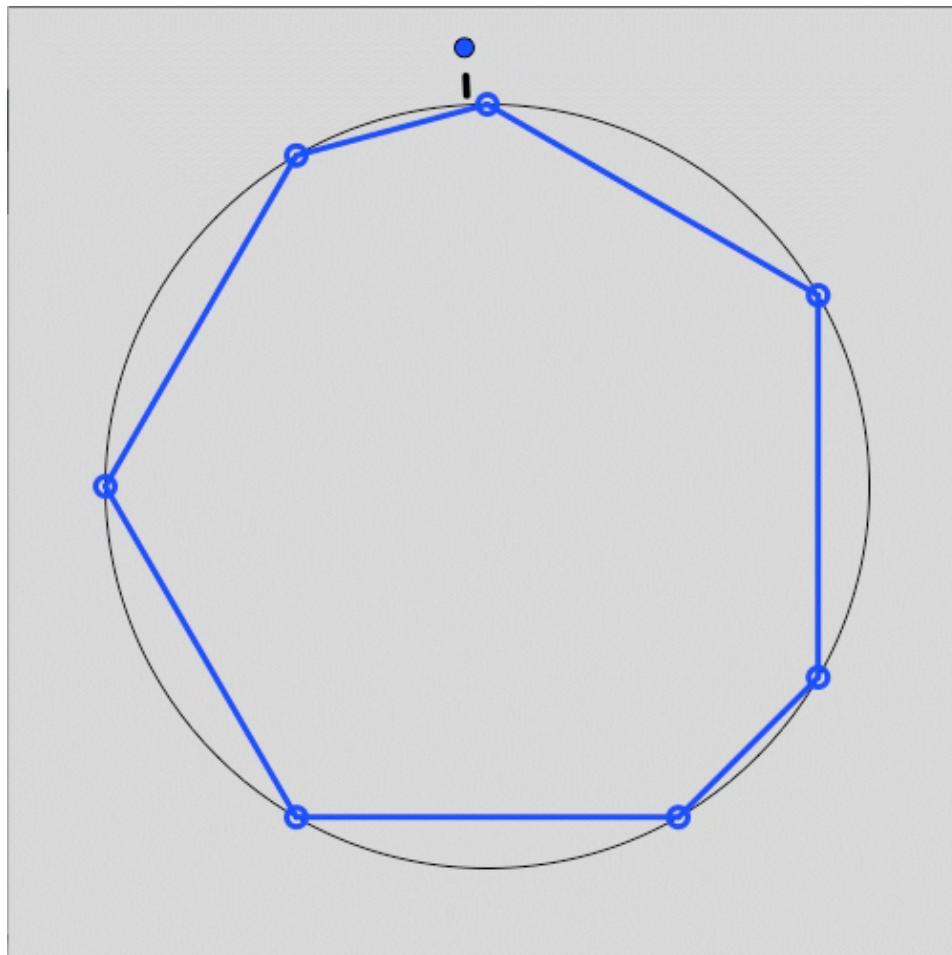
*El cinquillo*



*El trecillo*



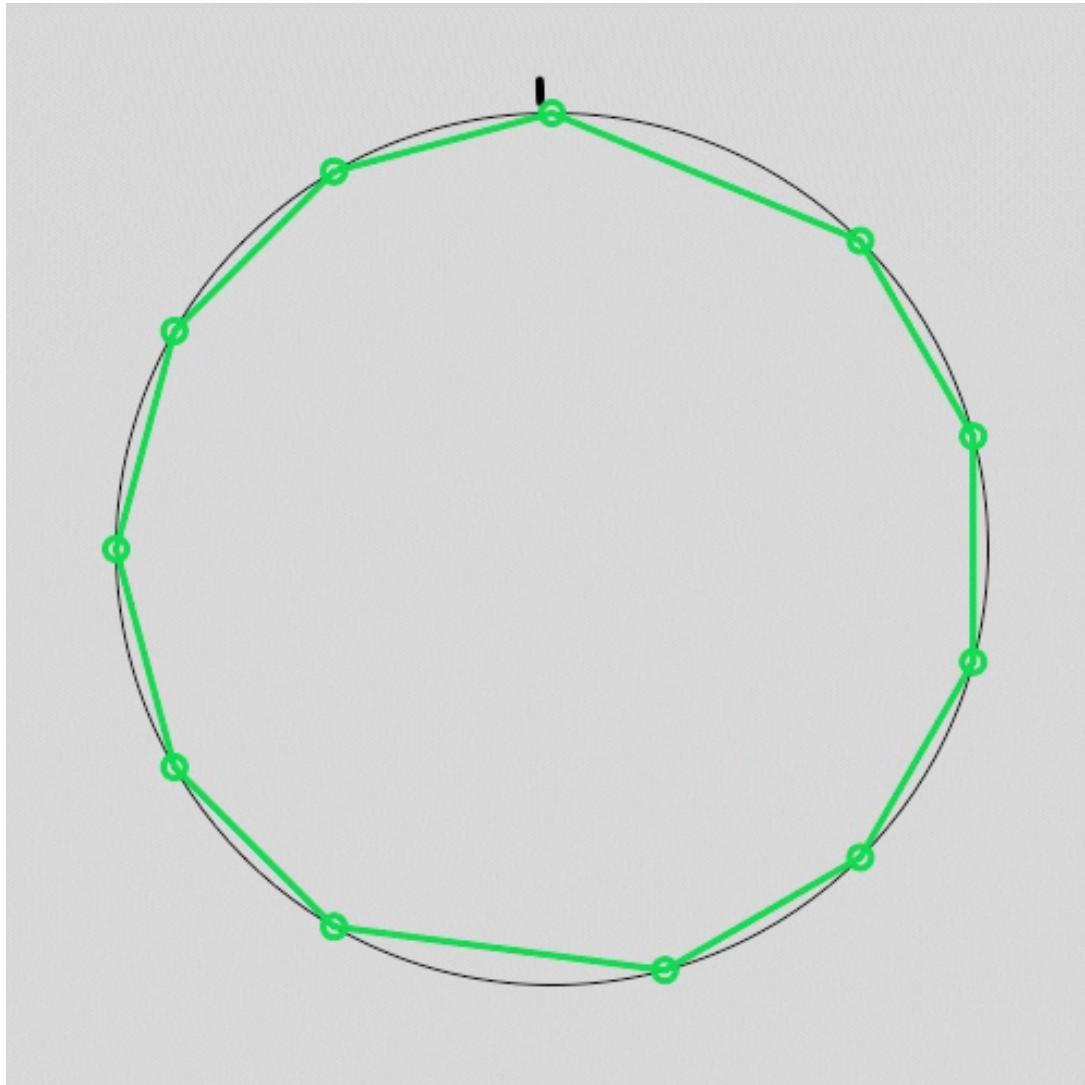
# Un pattern rythmique « bien reparti » [maximally even]



Jack Douthett & Richard Krantz, “Energy extremes and spin configurations for the one-dimensional antiferromagnetic Ising model with arbitrary-range interaction”, *J. Math. Phys.* 37 (7), July 1996

# Autres exemples de pattern rythmiques « singuliers »

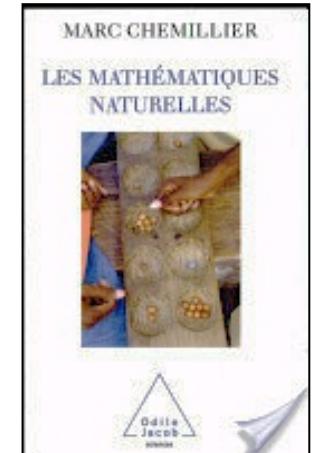
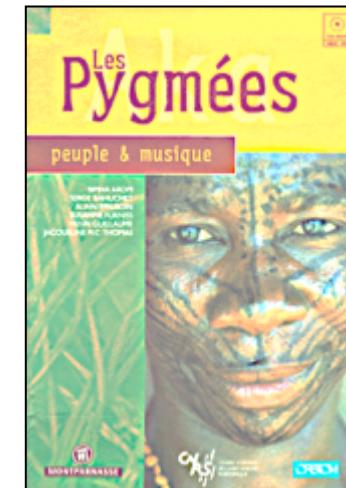
## Imparité rythmique



Simha Arom

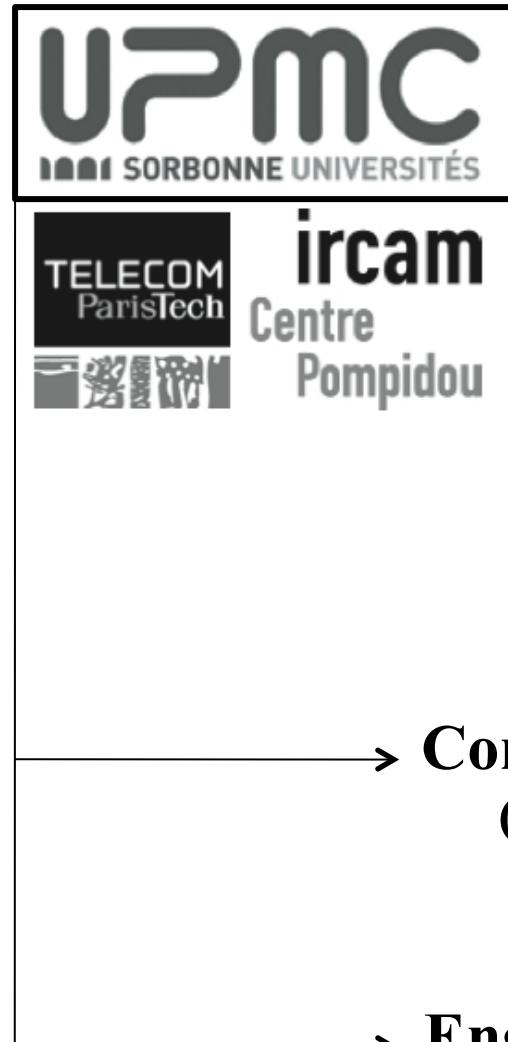


Marc Chemillier



**musimédiane**  
publiée avec le concours de la SFAM  
revue audiovisuelle et multimédia d'analyse musicale  
➔ <http://www.musimediane.com/>

# ATIAM's Status

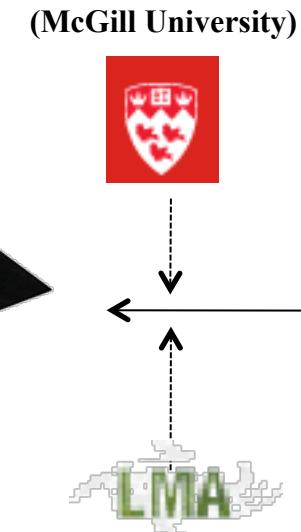


## PARCOURS MASTER 2 ATIAM

Parcours multi-mentions du Master Sciences et Technologies  
Université Pierre et Marie Curie - Paris 6  
en collaboration avec TELECOM ParisTech et l'Ircam

→ Computer Science  
(SAR mention)

→ Engineering Science  
(Acoustics mention )



(Laboratoire de Mécanique  
et d'Acoustique / Marseille)

# ATIAM's Team & associated Research Labs



Jean-Claude Risset  
(© Jean-François Dars)

**@ UPMC / SAR specialization:**  
- Béatrice Berard (responsible)  
- Emmanuel Saint-James (correspondent)  
- Aliénor Le Conte (Pedagogy Secretary)

**@ UPMC / AC specialization:**  
- François Ollivier (responsible)  
- Benoît Fabre (correspondent)  
- Véronique Prieto (Pedagogy Secretary)

**Coordination @ IRCAM:**  
- Moreno Andreatta (coordinator)  
- Cyrielle Fiolet (Pedagogy Secretary)

## Teaching staff: (\*pedagogical committee)

- Carlos Agon (UPMC, former coord)
- *Moreno Andreatta*\* (CNRS/Ircam)
- Roland Badeau (Télécom ParisTech)
- Georges Bloch (composer)
- Michèle Castellengo (CNRS/UPMC)
- Arshia Cont (Ircam)
- Marc Chemillier (EHESS)
- *Bertrand David* \* (Telecom ParisTech)
- Philippe Depalle (McGill University)
- *Benoît Fabre*\* (UPMC)
- Hugues Genevois (UPMC)
- Thomas Hélie (CNRS/Ircam)
- Jean Kergomard (AMU, LMA)
- Jean-Loïc Le Carrou (UPMC)
- Mikhail Malt (Ircam)
- Jean-Dominique Polack (UPMC)
- Daniel Pressnitzer (CNRS/Ens)
- *Emmanuel Saint-James*\* (UPMC)
- Isabelle Viaud Delmon (CNRS/Ircam)
- Christophe Vergez (AMU, LMA)

**@ UPMC-CNRS / LIP6**

**@ UPMC-CNRS / LAM**

**@ UPMC-CNRS / IRCAM**

**@ Telecom-ParisTech / TSI**

**@ Aix-Marseille Université (AMU)/ LMA**

**@ McGill University**

**@ Univ Paris Descartes-CNRS-Ens/LPP**

**@ EHESS-CNRS / CAMS**

## Other participants:

- Philippe Cathé (Sorbonne)
- René Caussé (Ircam)
- Carmine Cella (composer)
- Boris Doval (LAM, UPMC)
- Laurent Feneyrou (CNRS/Ircam)
- Daniele Ghisi (composer)
- Philippe Guillemain (AMU)
- Karim Haddad (composer)
- Matthieu Lagrange (CNRS)
- Claudio Malherbe (composer)
- Denis Matignon
- Angelo Orcalli (University of Udine)
- Geoffroy Peeters (Ircam)
- Laurent Pottier (Univ. Saint-Etienne)
- Gaël Richard (Télécom ParisTech)
- Jean-Claude Risset (CNRS/LMA)
- Benny Sluchin (EIC)
- Barbara Tillman (CNRS)

# ATIAM's Associated Research Labs



**McGill**

**@ UPMC-CNRS / LIP6**

**@ UPMC-CNRS / LAM**

**@ UPMC-CNRS / IRCAM**

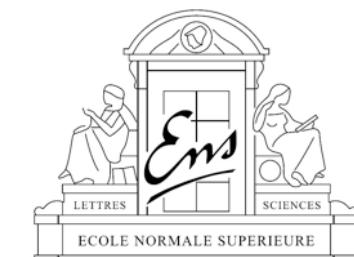
**@ Telecom-ParisTech / TSI**

**@ CNRS- AixMarseille / LMA**

**@ McGill University**

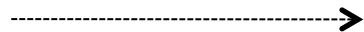
**@ Univ Paris Descartes-CNRS-Ens/LPP**

**@ EHESS-CNRS / CAMS**



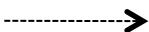
# \*: five letters for 3+1 disciplines

Acoustique



Acoustics

Traitemen<sup>t</sup> du signal



Signal Processing

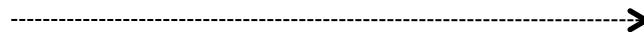
Informatique



Computer Science

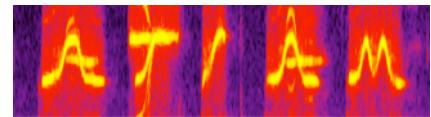
Appliquées à la

Musique



Music

\*



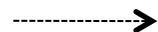
# \*: five letters for 3+1 disciplines

Acoustique



Acoustics

Traitemen<sup>t</sup> du signal



Signal Processing

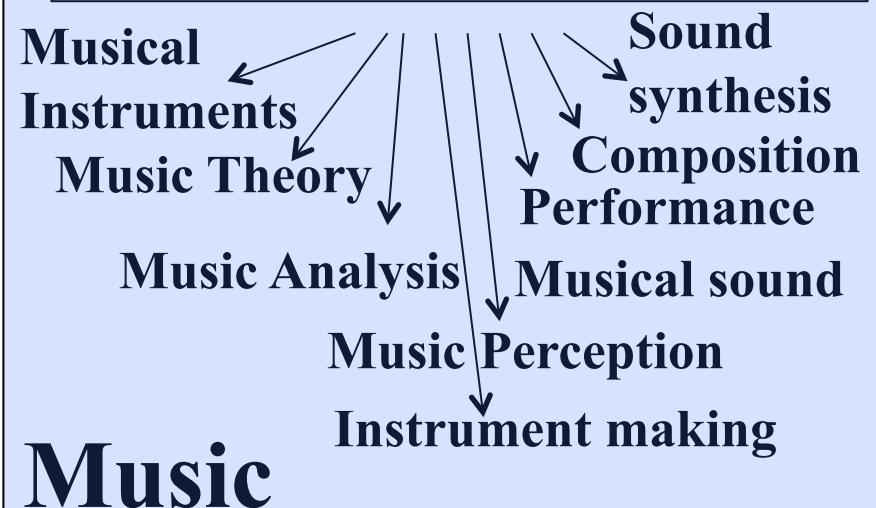
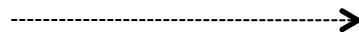
Informatique



Computer Science

Appliquées à la

Musique



\*

# ATIAM's New Structure (2014-2018)

S3 (September-end of January)



S4 (February-July)

Internship

**Week 1-Week 2 : “Basics” (or foundation of) (15h / discipline = 60 h)**

- Acoustics (15h)
- Signal Processing (15h)
- Informatics (15h)
- Music (music theory, formalization of musical structures, ...) (15h)

**Week 3-End of July :**

- Acoustics (60h)
- Signal Processing (60h)
- Informatics (60h)
- Interdisciplinary Project (involving at least two of the previous disciplines) (60h)

**February-July : Internship (6 months “stage” in a research institute, university lab, company, ...).**

➔ New list of « associated » research institutes:

More on: <http://www.atiam.ircam.fr/>

@ UPMC-CNRS / LIP6  
@ UPMC-CNRS / LAM  
@ UPMC-CNRS / IRCAM  
@ Aix-Marseille Université (AMU)/ LMA  
@ Telecom-ParisTech / TSI  
@ McGill University  
@ Univ Paris Descartes-CNRS-Ens/LPP  
@ EHESS-CNRS / CAMS

CCRMA Stanford  
CMAT Berkeley  
Queen Mary University London  
Goldsmith College London  
Centre for Music and Science, Cambridge  
Dep. of mathematics and Informatics Pise  
Helsinki Univ. of Technology  
IEM Graz  
Department of Information and Computing Sciences, Utrecht University

