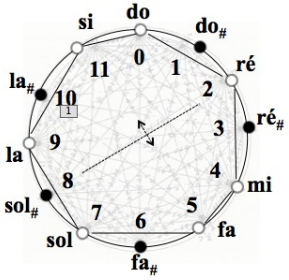
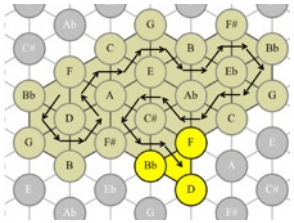
Modèles mathématiques et computationnels dans la chanson

Analyse de la musique et des répertoire III :
Musiques actuelles
(partie V : le Tonnetz)





Moreno Andreatta
IRMA & ITI CREAA, Université de Strasbourg
Equipe Représentations Musicales
IRCAM / CNRS UMR 9912 / Sorbonne Université

Structure du cours

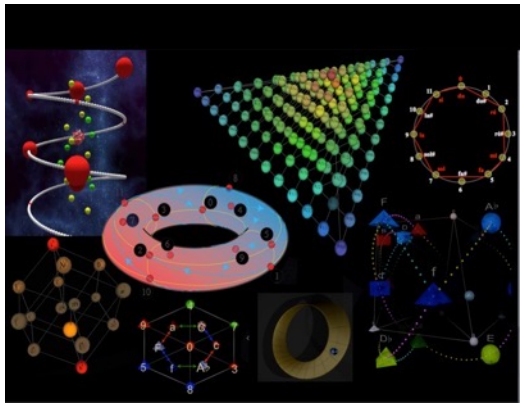
Cours de Moreno Andreatta sur les modèles mathématiques et computationnels dans la chanson (Analyse de la musique et des répertoires des musiques actuelles)

Calendrier (`http://repmus.ircam.fr/moreno/chanson`**)**
Chaque mardi, pour douze séances, à partir du 18 janvier 2022 et jusqu'au 19 avril 2022 (inclus) de 17h à 18h30 (Le Portique, salle 18). Modalité d'examens :

- Un écrit de 45mn le mardi 29 mars 2022 (sans convocation, de 17h à 17h45), suivi de la correction (17h45-18h30)
- Un écrit de 2h le mardi 10 mai 2022 de 13h30 à 15h30 (Portique, salle 18)

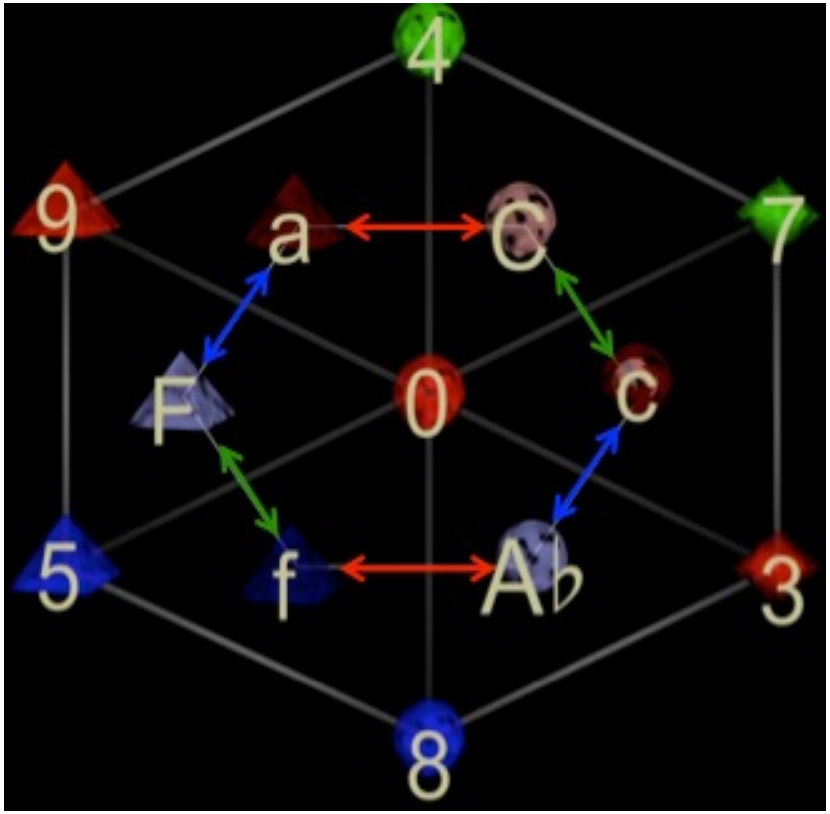
Environnements informatiques :

- The Tonnetz : `https://guichaoua.gitlab.io/web-hexachord/`
- HexaChord : `https://louisbigo.com/hexachord`

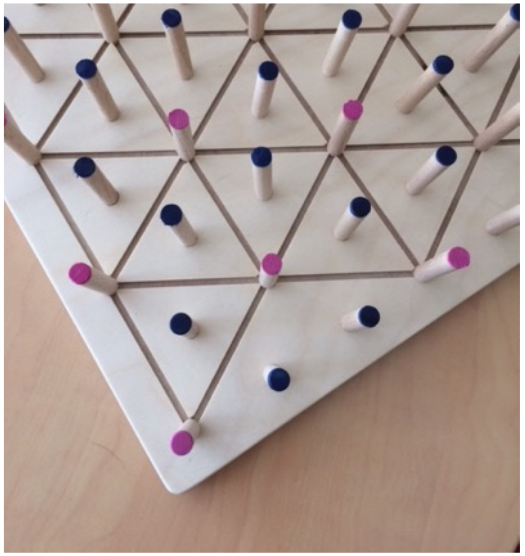


Quelques sujets abordés dans le cours :

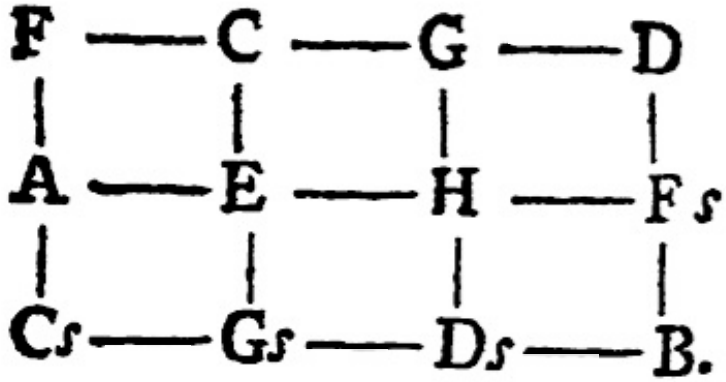
- La chanson parmi les « musiques actuelles » (ou *popular music*)
- Le rapport entre la chanson et la poésie
- La chanson d'auteur en France et en Italie
- Les tubes
- Outils théoriques pour l'analyse de la *popular music*
- Articulations musique savante / *popular music*
- Regards philosophiques/épistémologiques et modèles computationnels sur la *popular music*
- Modèles mathématiques et computationnels dans la *popular music*



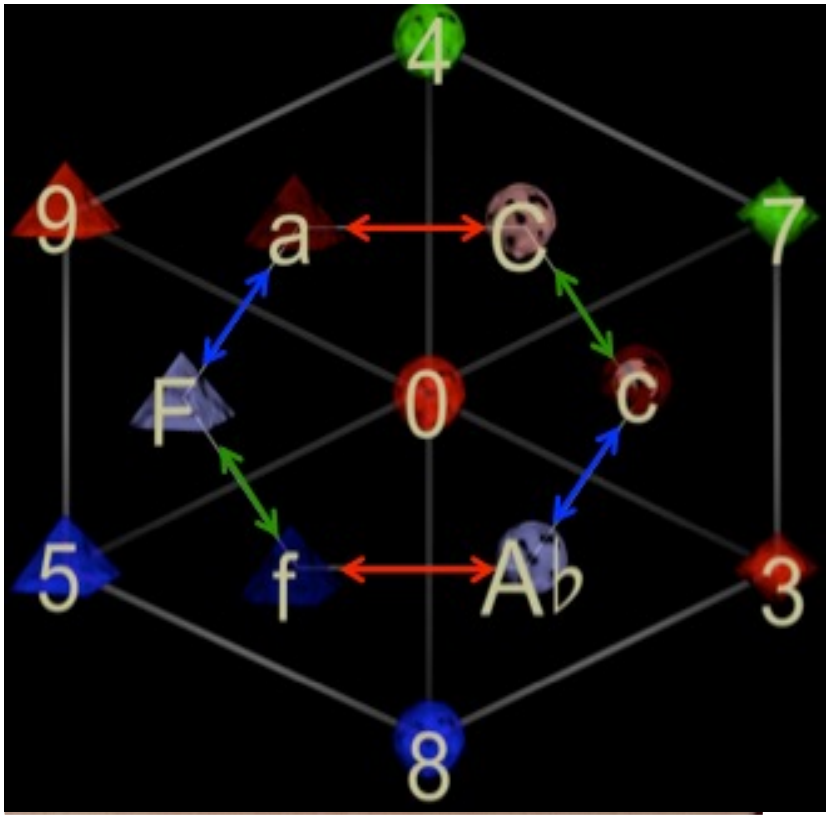
Le *Tonnetz* (ou nid musical d'abeilles)



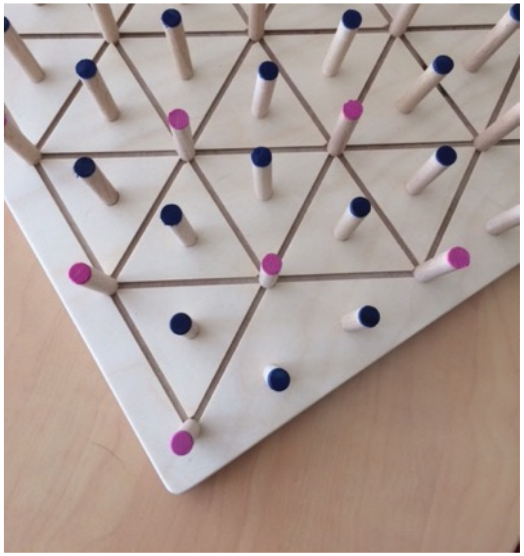
Leonhard Euler



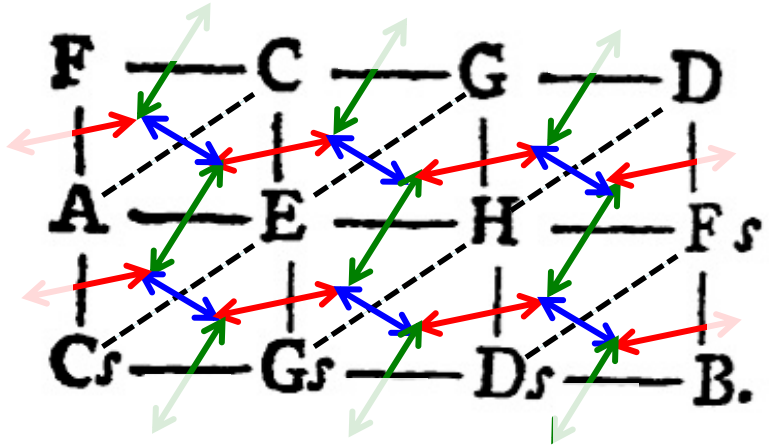
***Speculum Musicum* (1773)**



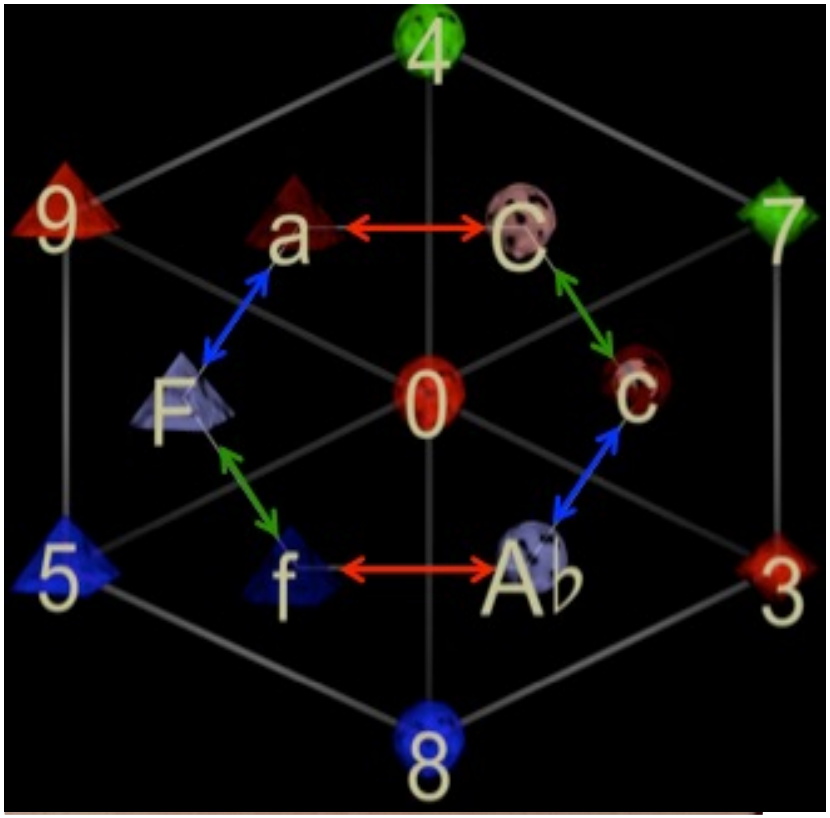
Le *Tonnetz* (ou nid musical d'abeilles)



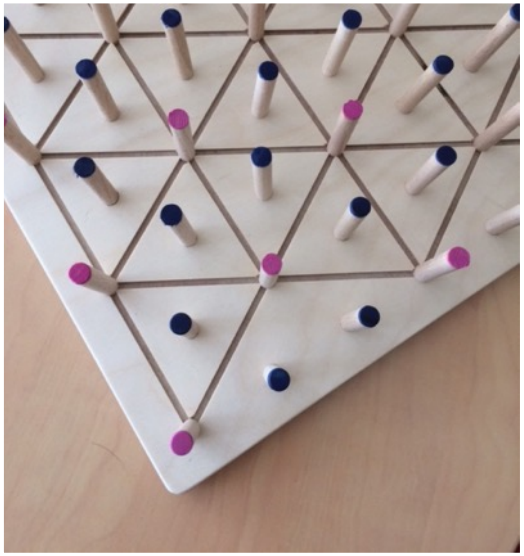
Leonhard Euler

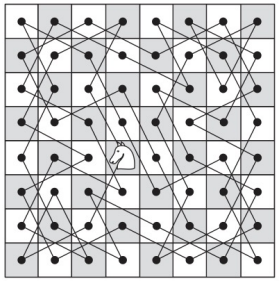


***Speculum Musicum* (1773)**

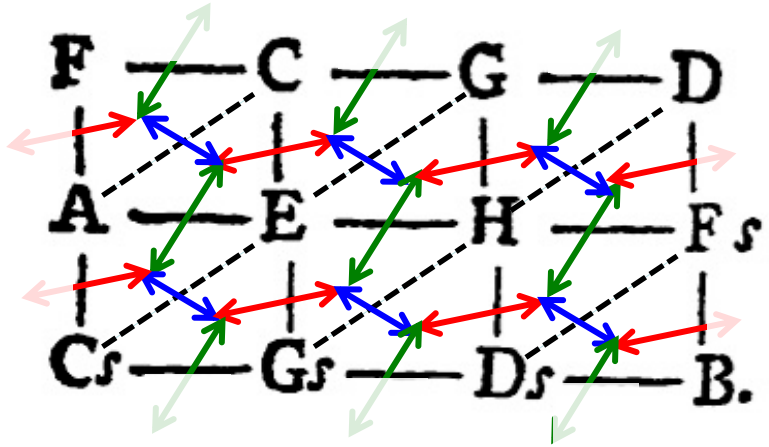


Le *Tonnetz* (ou nid musical d'abeilles)



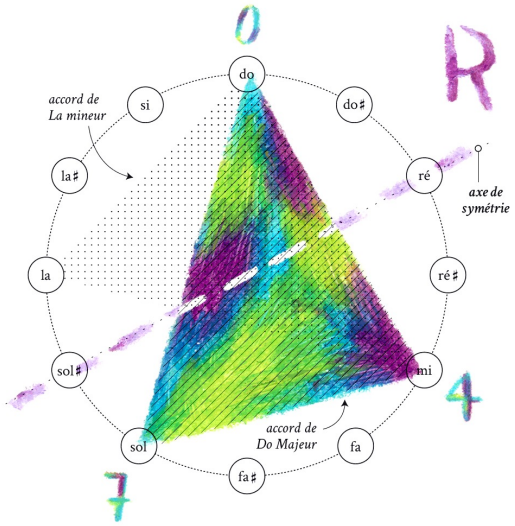


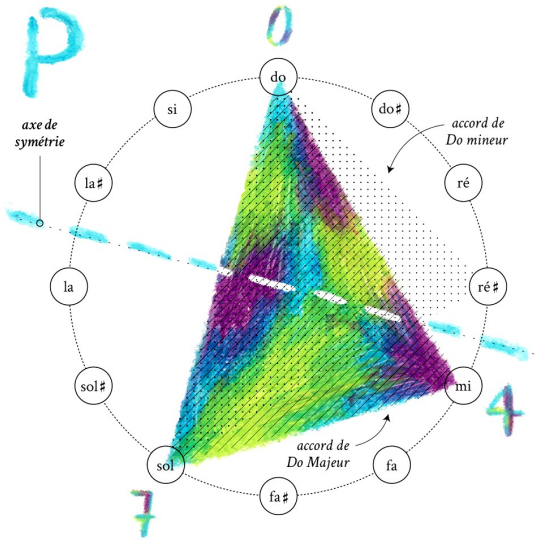
Leonhard Euler

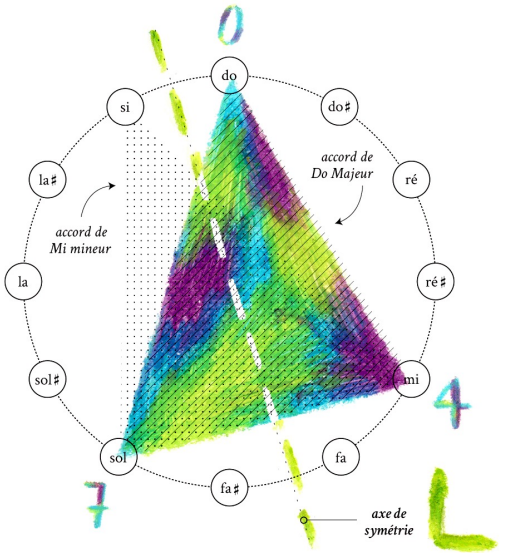


***Speculum Musicum* (1773)**

Les trois symétries néo-riemanniennes







R = RELATIF

C majeur

↕

A mineur

P = PARALLÈLE

C majeur

↕

C mineur

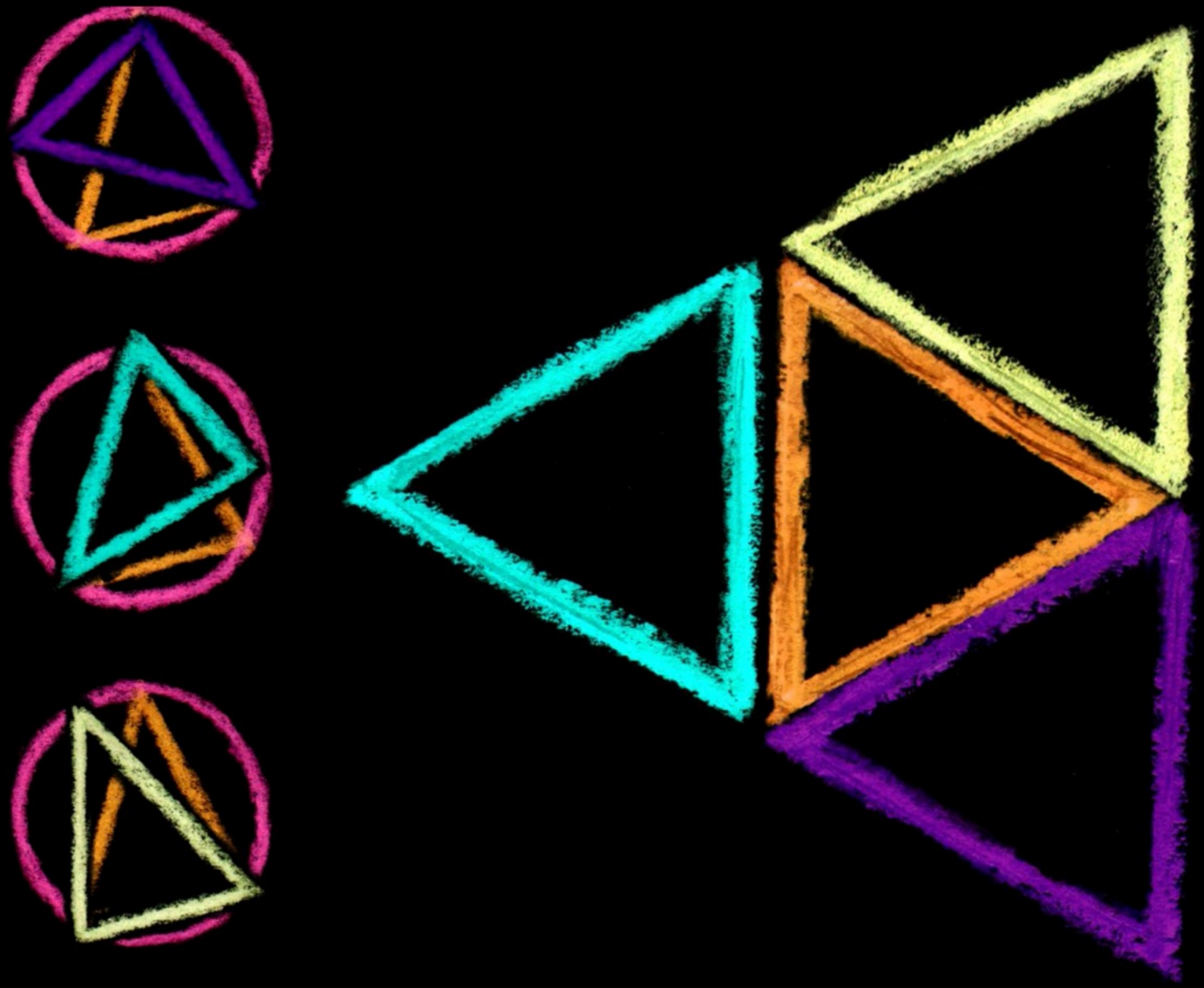
L = LEADING-TONE (EXCHANGE)

C majeur

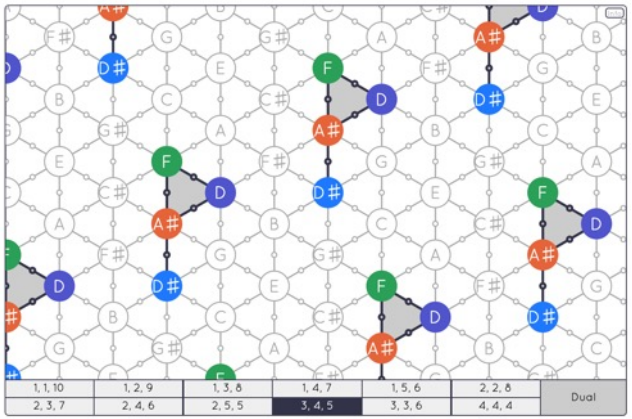
↕

E mineur

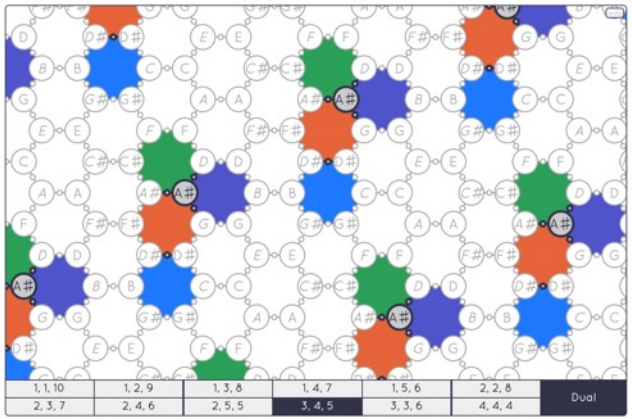
De la représentation circulaire au *Tonnetz*

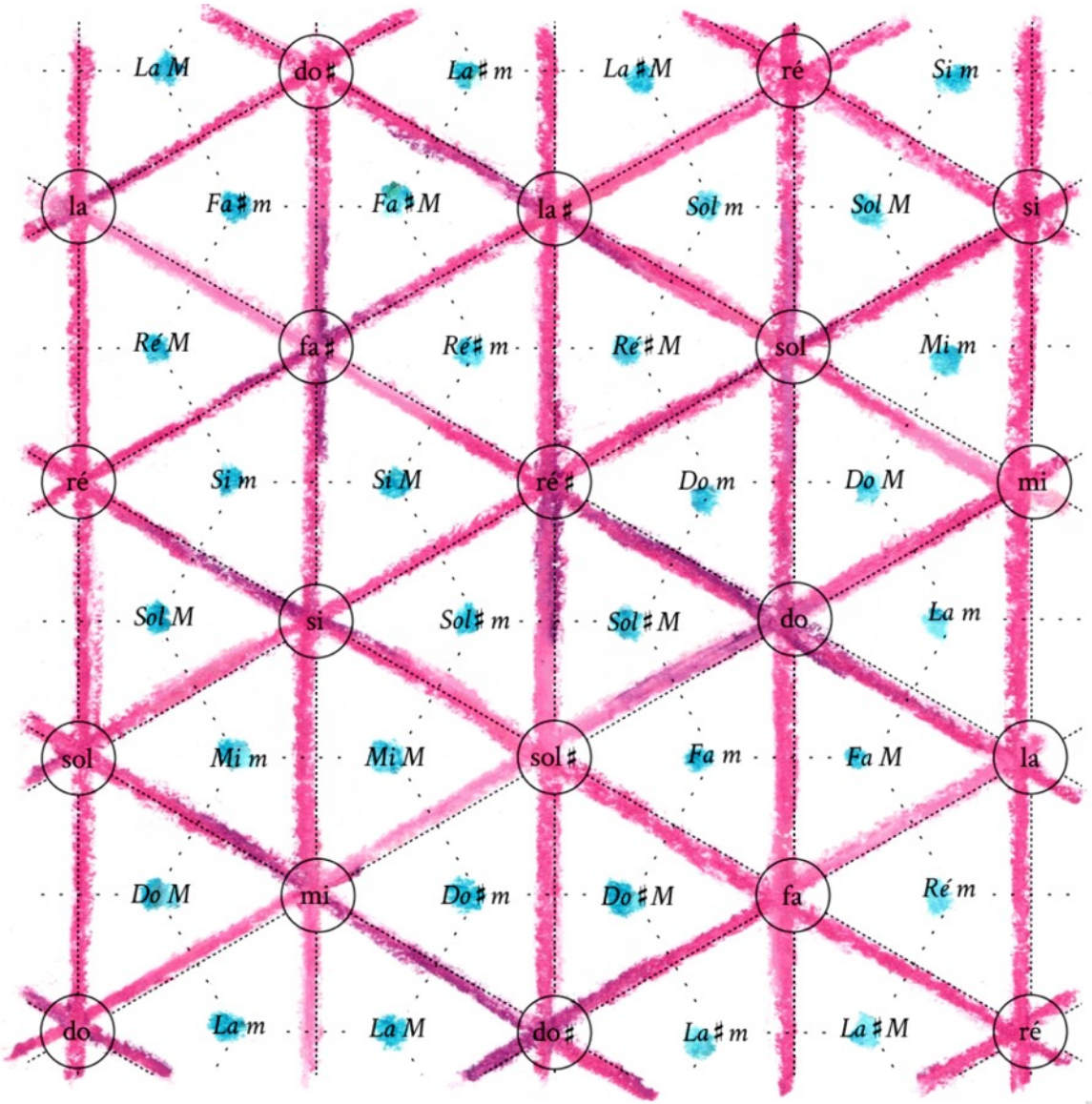


Du *Tonnetz* à l'espace dual

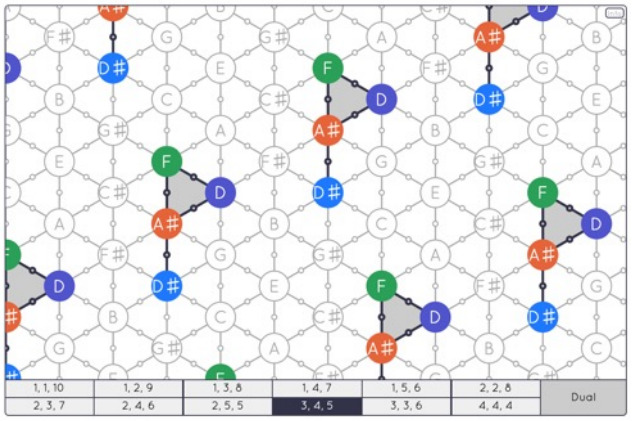


duality

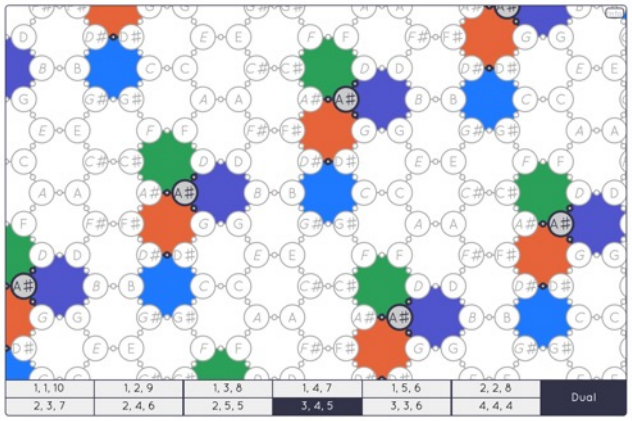


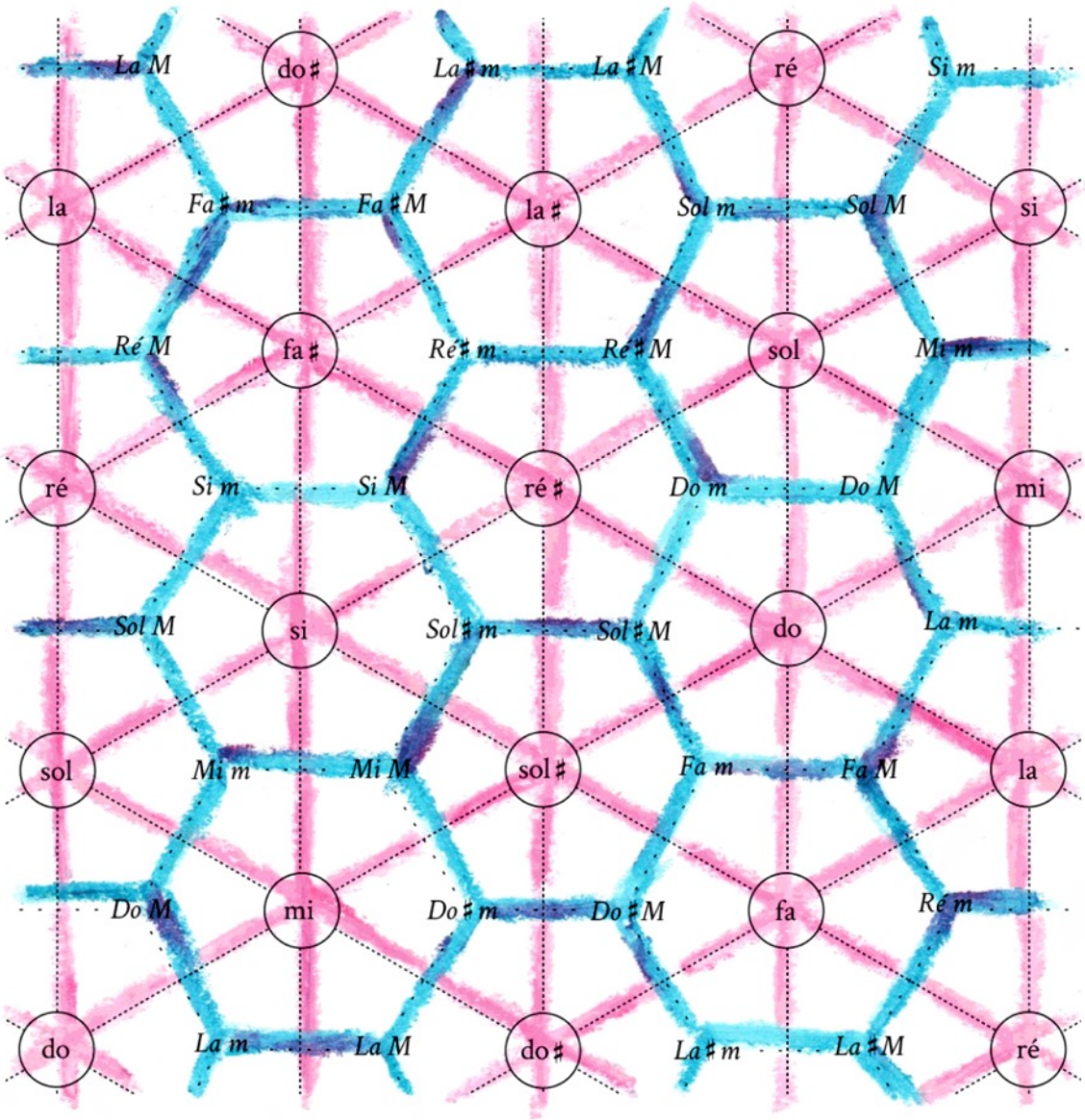


Du *Tonnetz* à l'espace dual

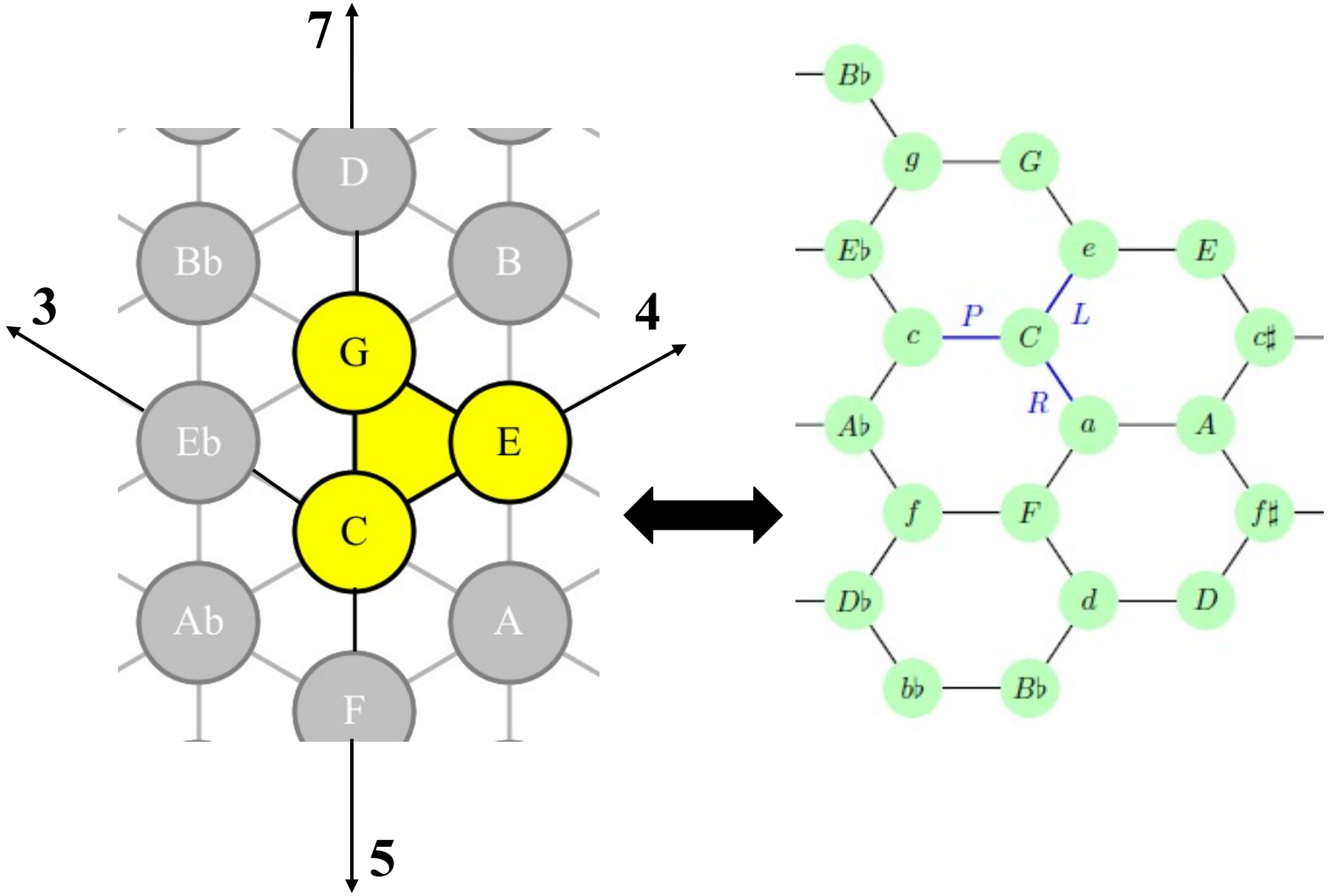


duality

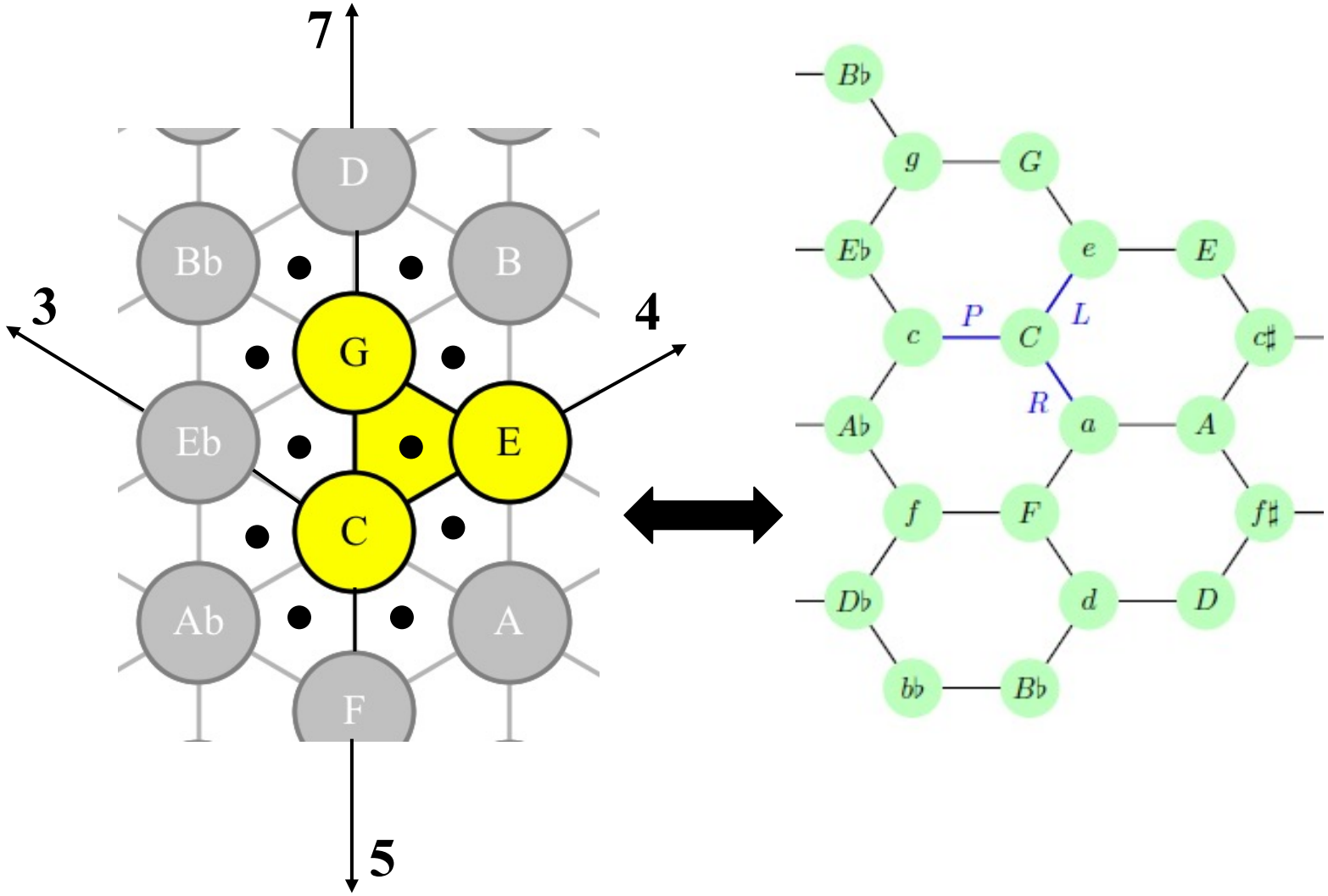




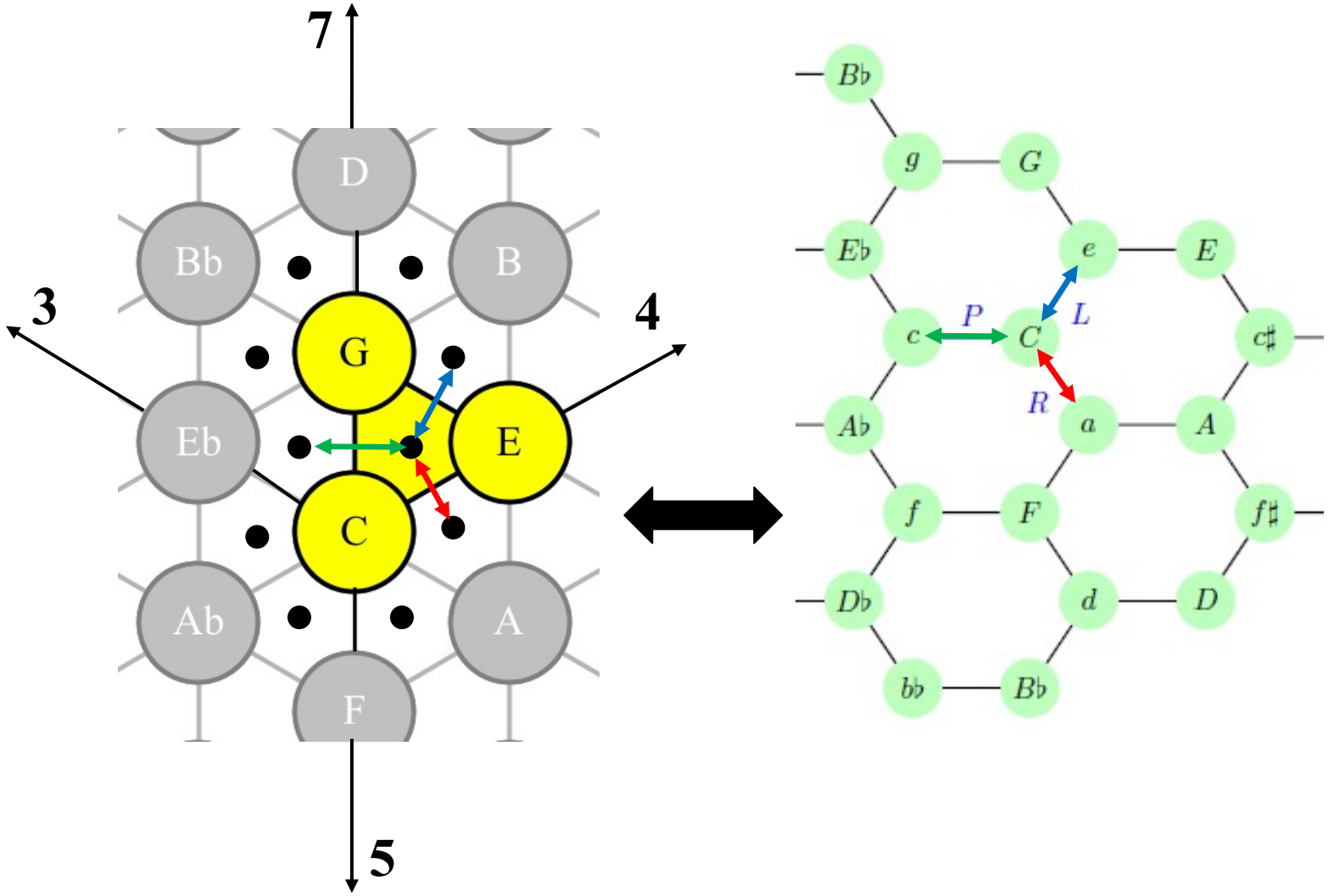
Construction du maillage hexagonal à partir du Tonnetz



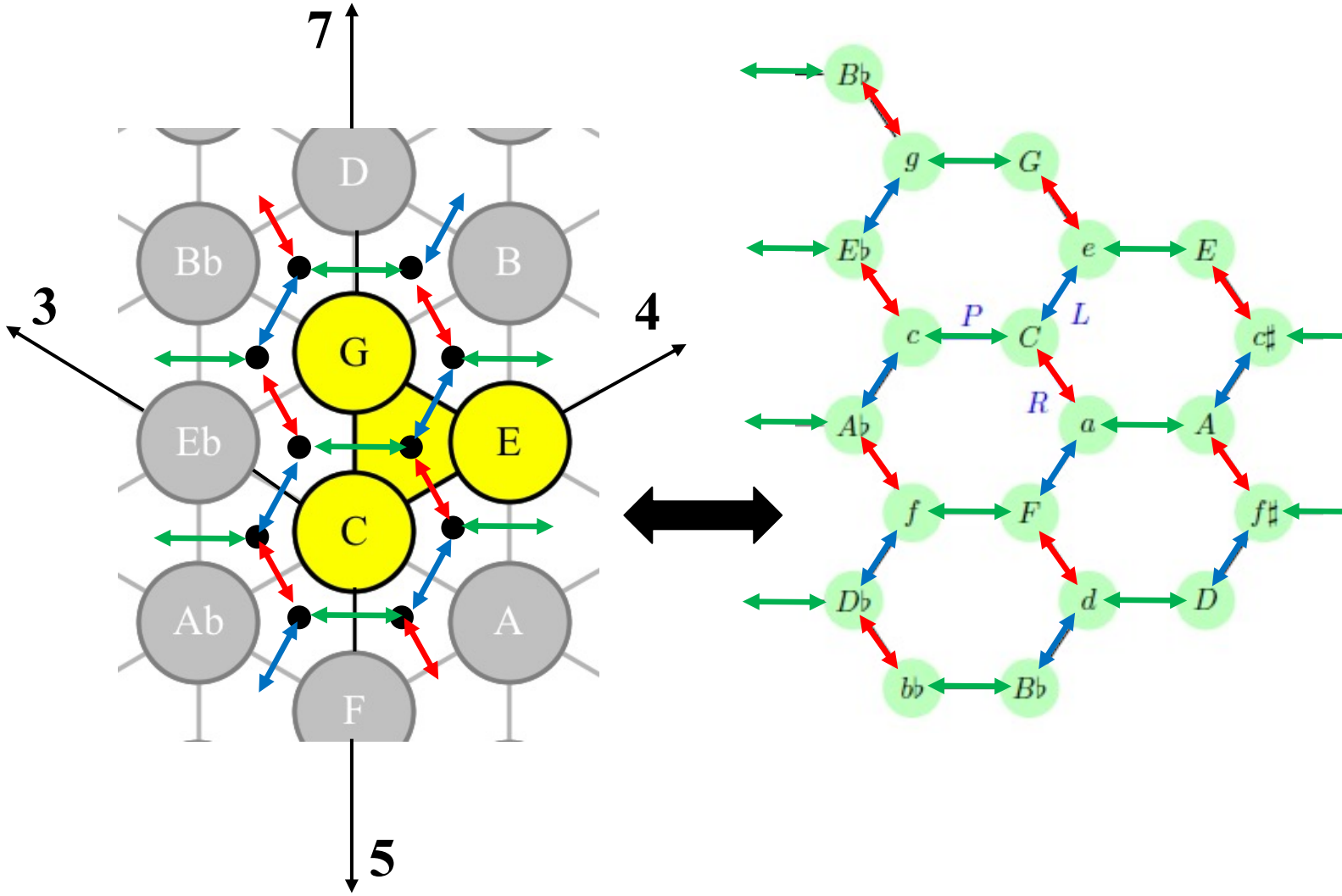
Construction du maillage hexagonal à partir du Tonnetz



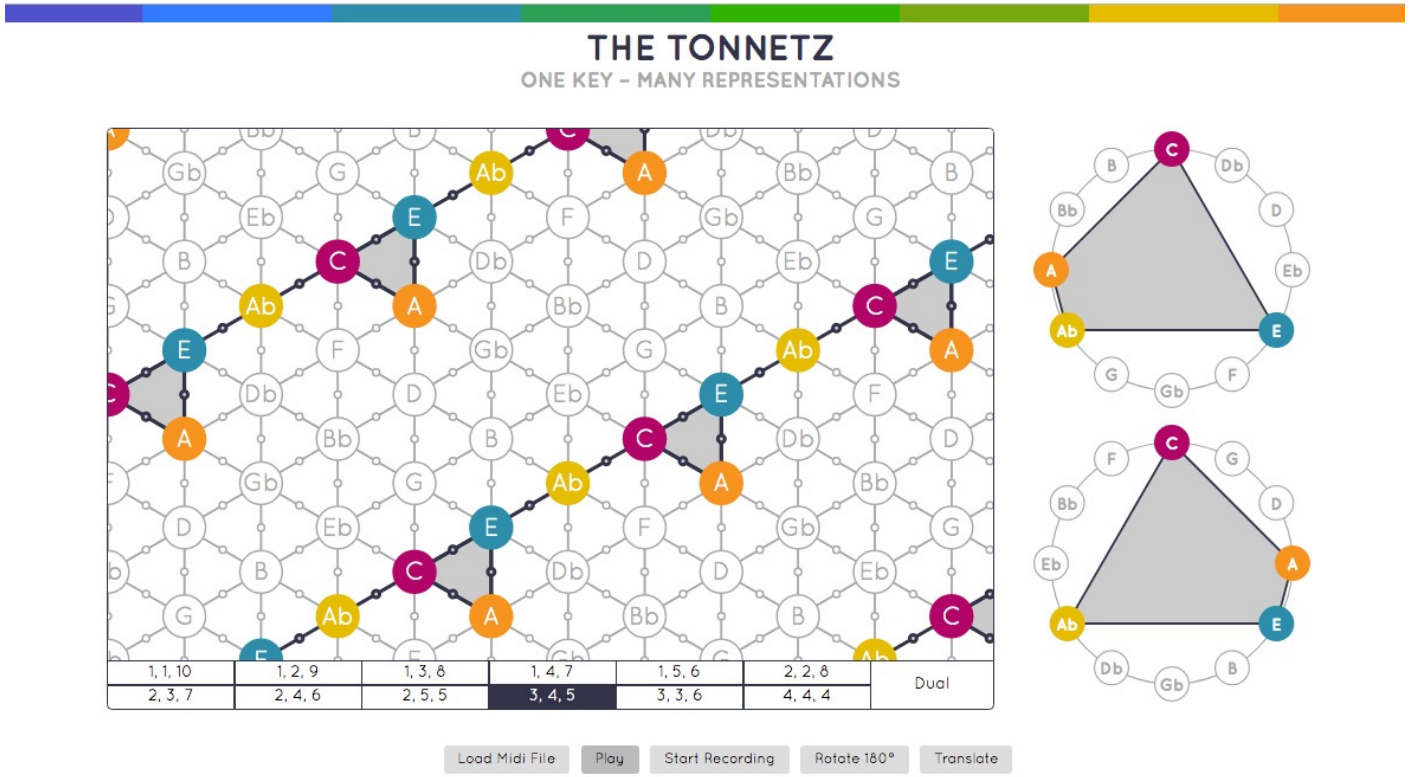
Construction du maillage hexagonal à partir du Tonnetz



Construction du maillage hexagonal à partir du Tonnetz



L'environnement web *Tonnetz* (© SMIR Project)



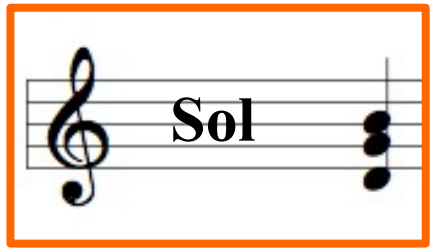
https://morenoandreatta.com/software/

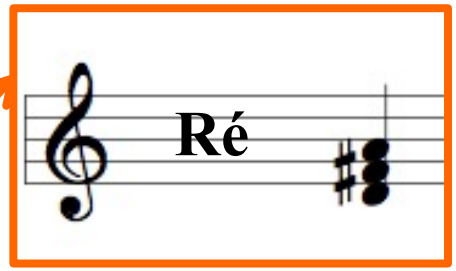
MAGIC IN THE AIR

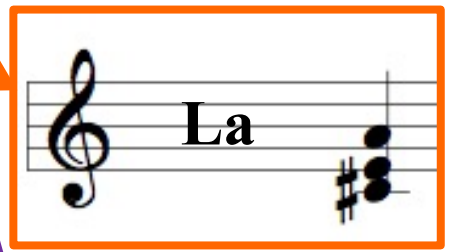
Sol **Ré**
Feel the magic in the air. Allez, allez, allez
La **Si-**
Levez les mains en l'air Allez, allez, allez
(x2)

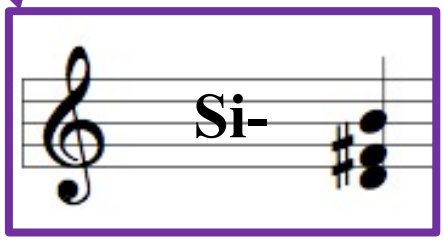
(x4 avec toutes les voix)

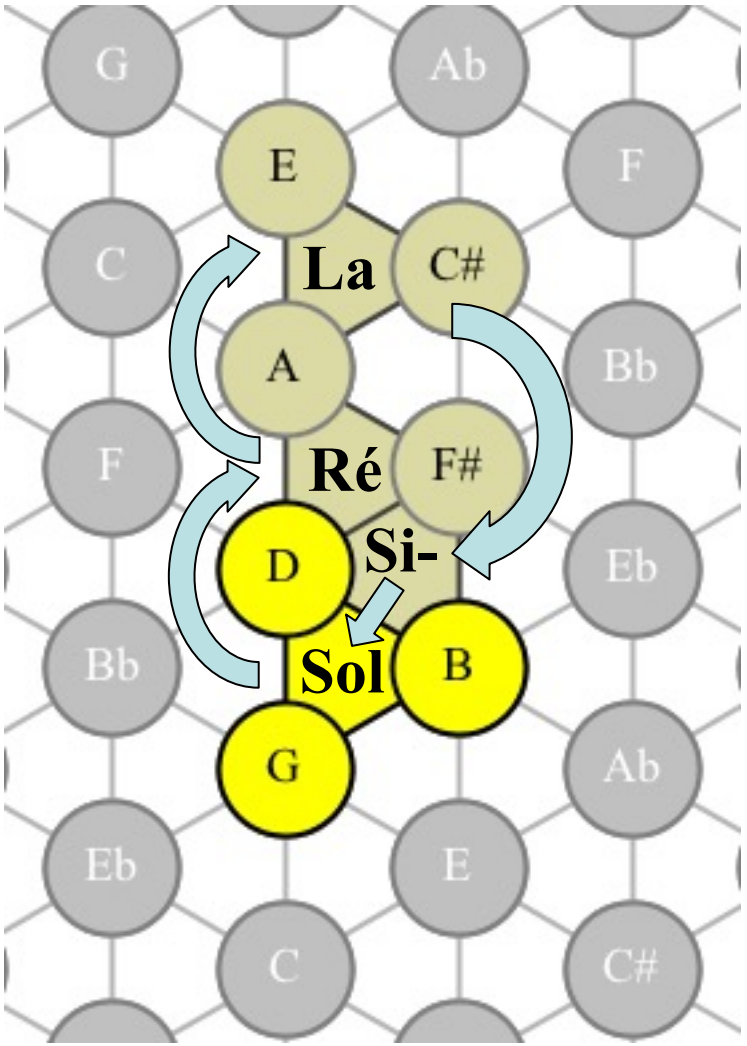
Ré
Comme d'habitude on est calés
La **Si-**
Comme toujours ça va aller
Sol **Ré**
On sème l'ambiance à gogo
La **Si-**
Tous ensemble on fait le show
Sol **Ré**
On t'invite à la magie Y'a pas de raccourci
La **Si-**
Oublie tes soucis Viens faire la folie
Sol **Ré**
On t'invite à la magie Y'a pas de raccourci
La **Si-**
Oublie tes soucis Oh oh oh oh oh oh
Sol
Feel the magic in the air ...

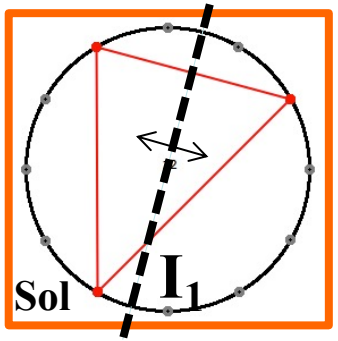


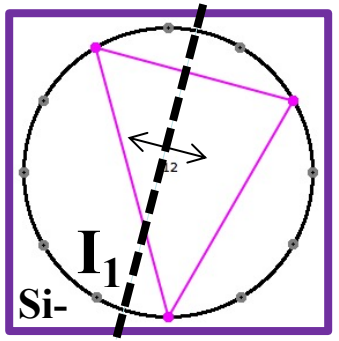




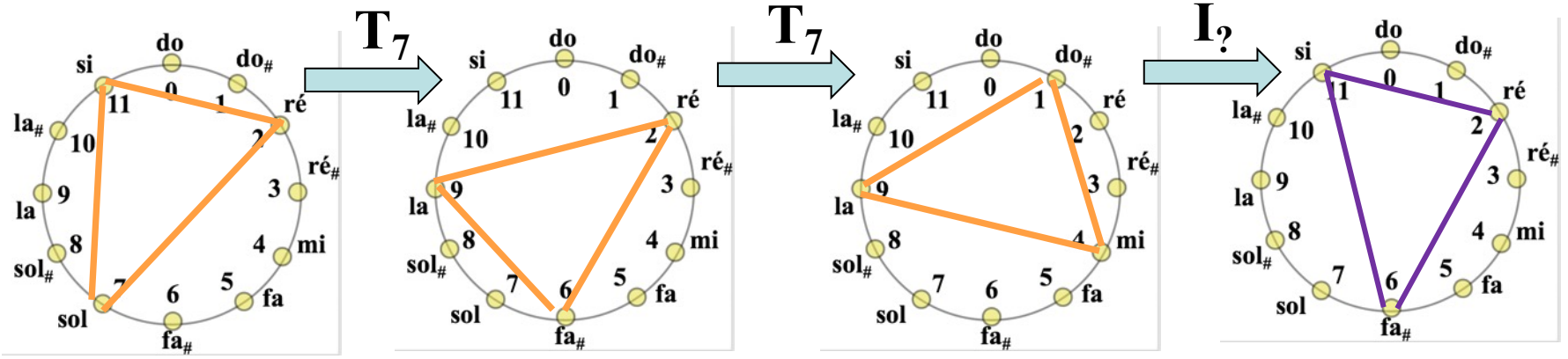


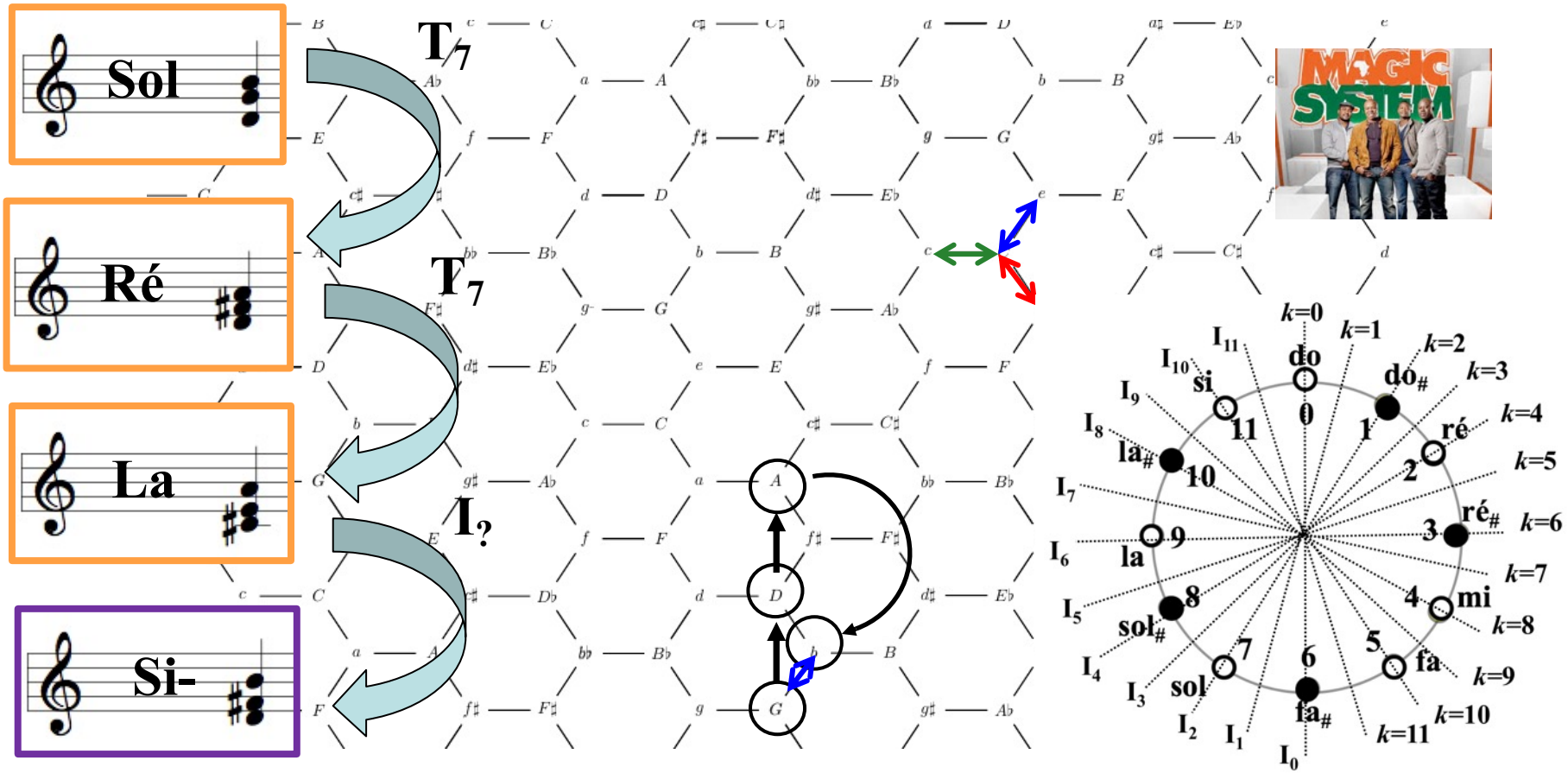




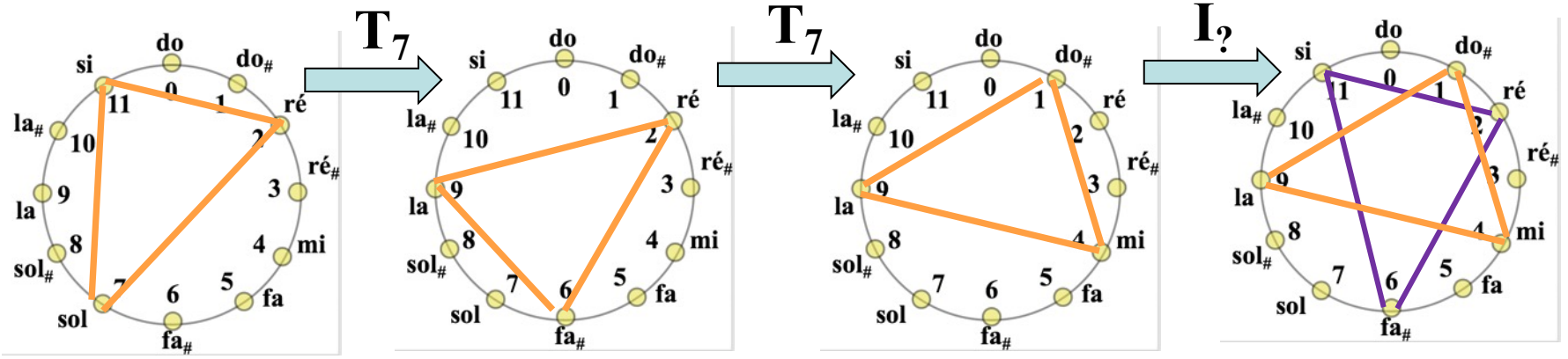


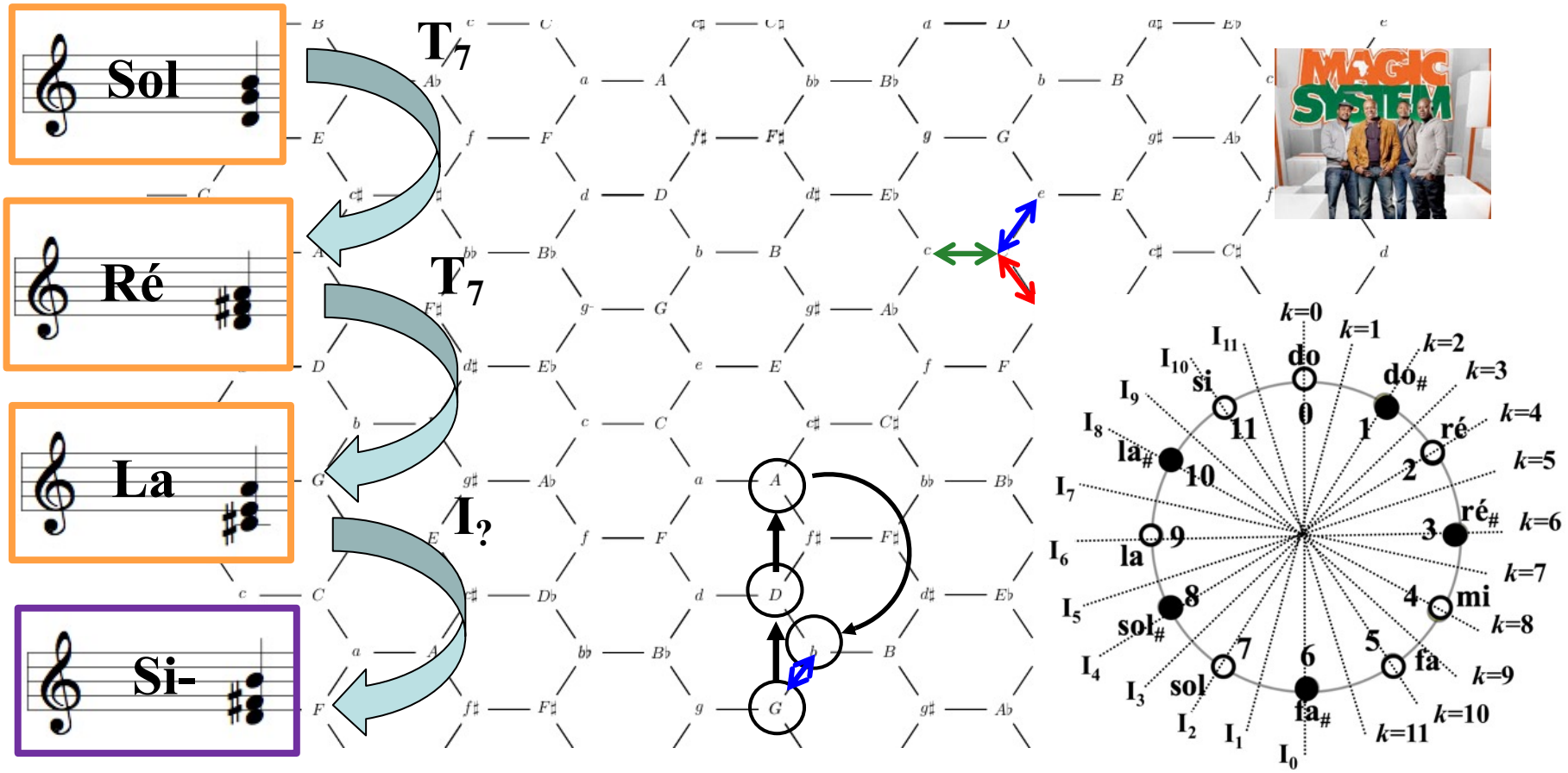
Quelques exemples analytiques



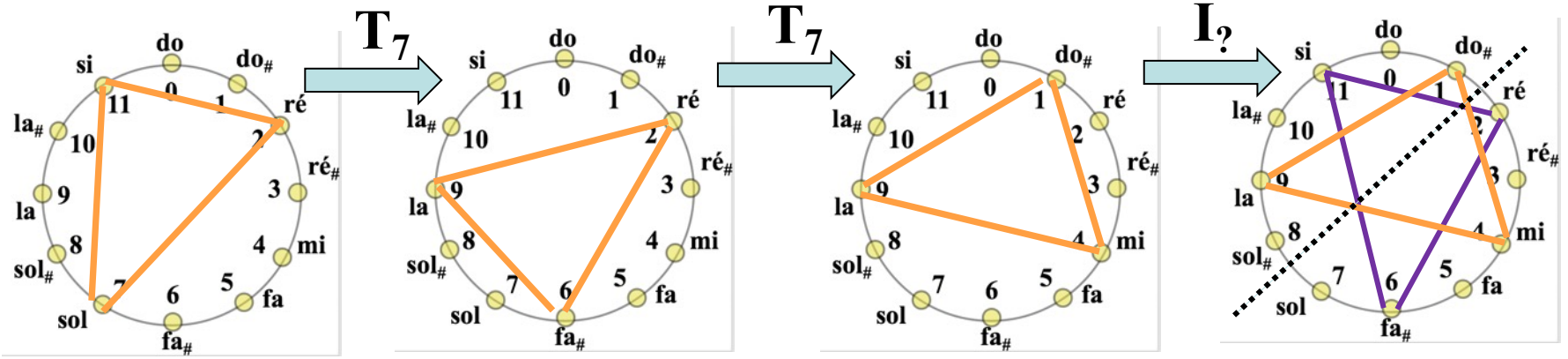


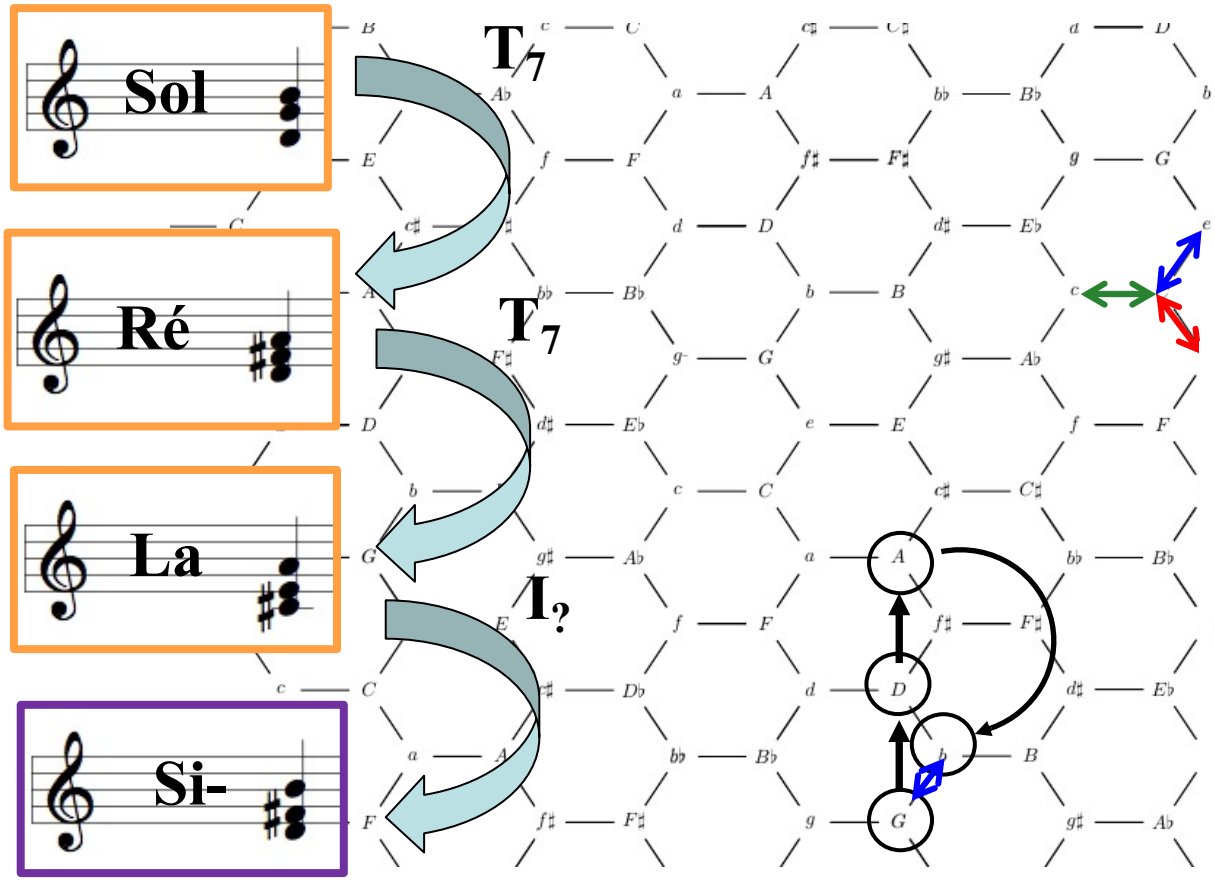
Quelques exemples analytiques

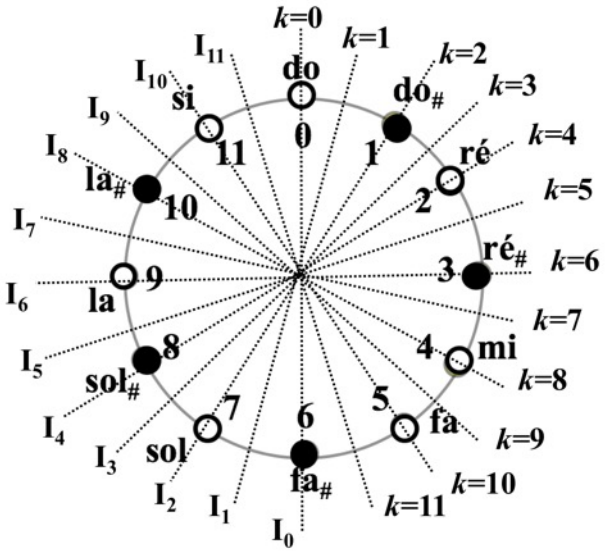




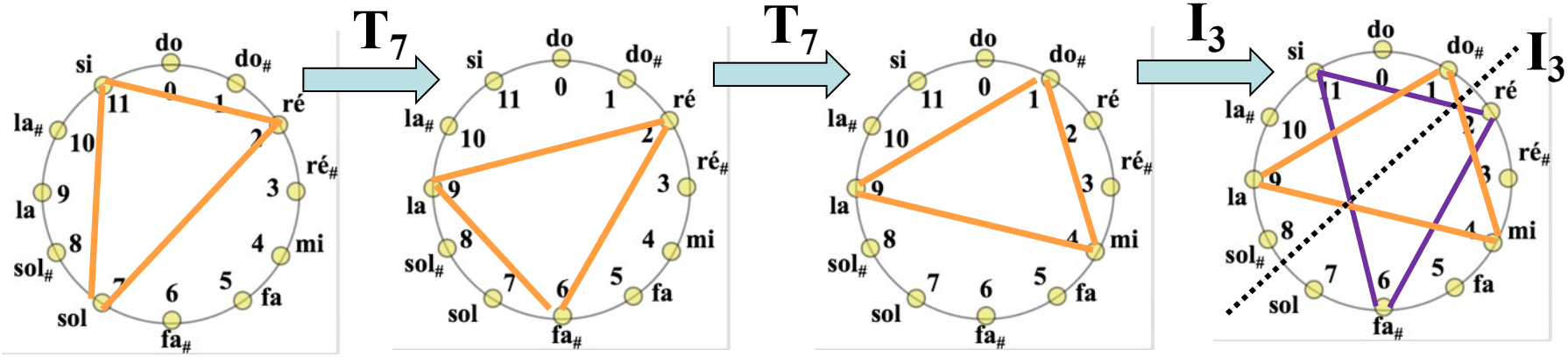
Quelques exemples analytiques

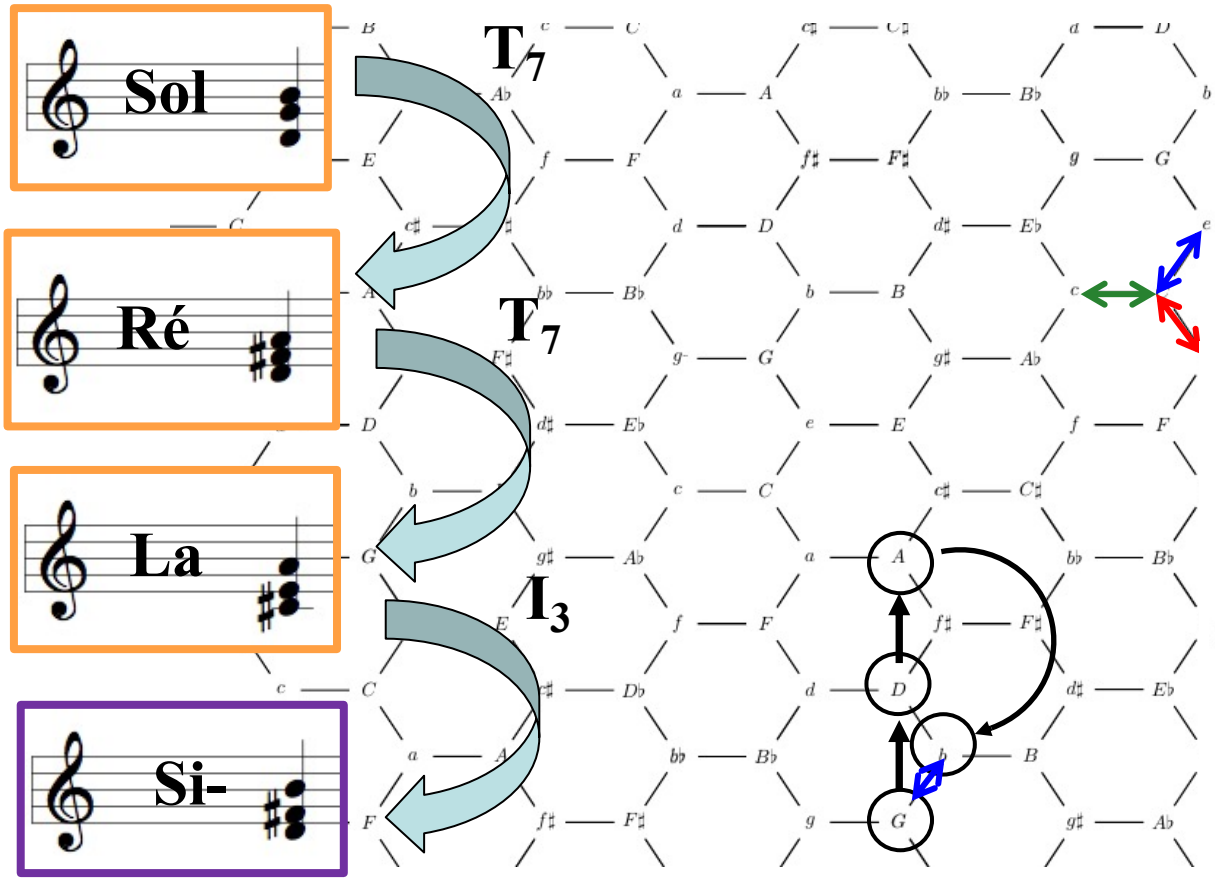


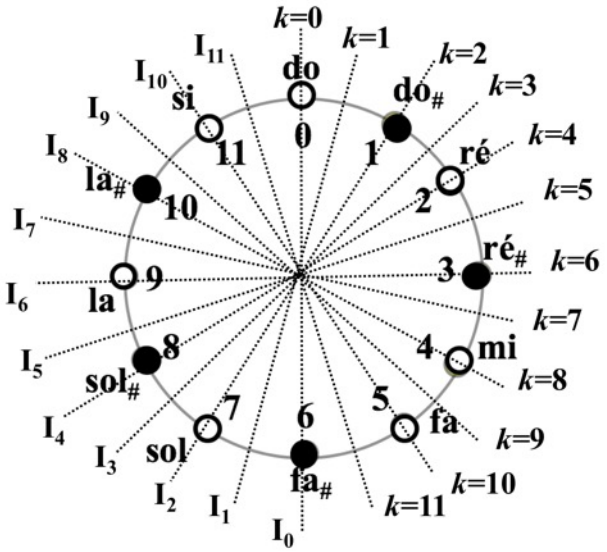




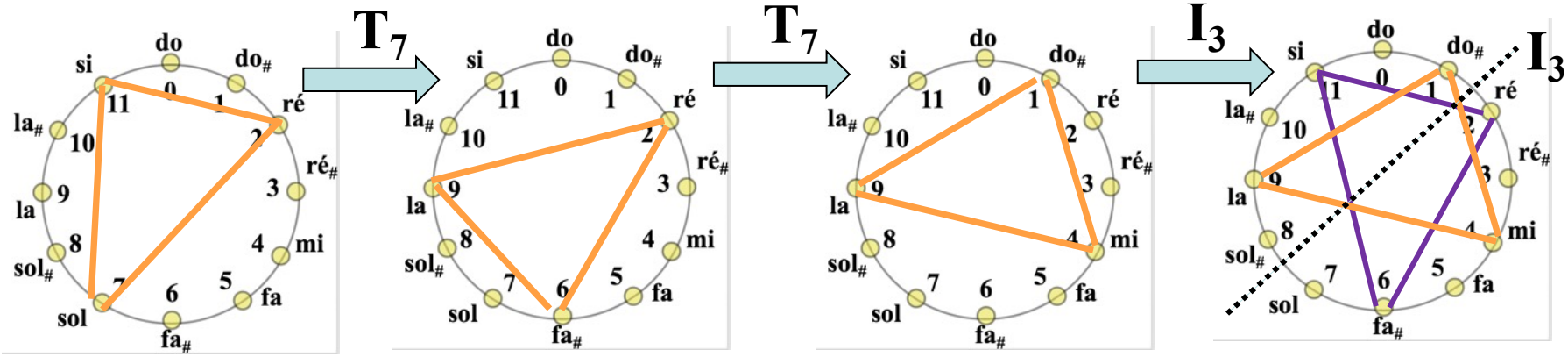
Quelques exemples analytiques

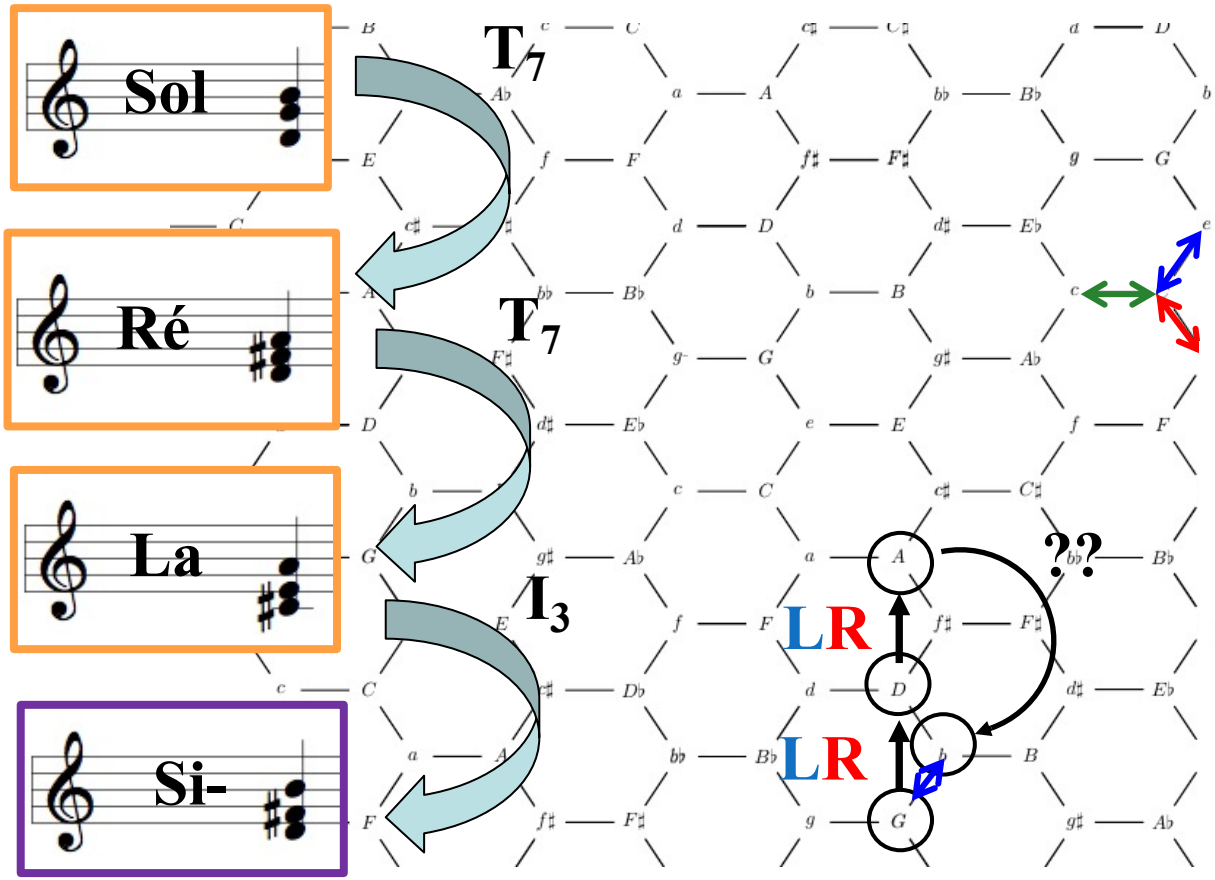


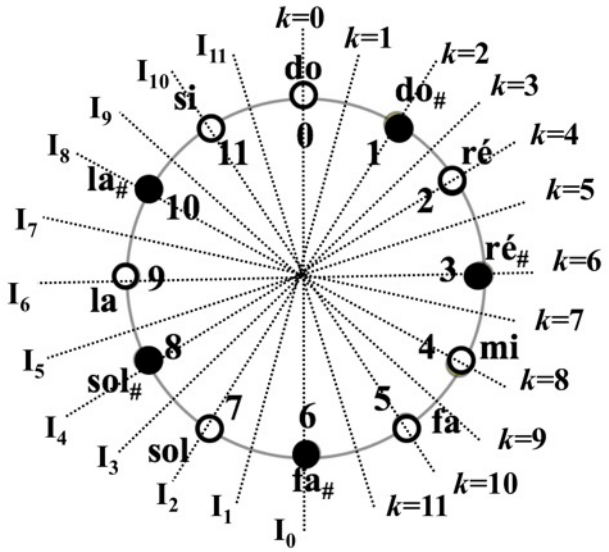




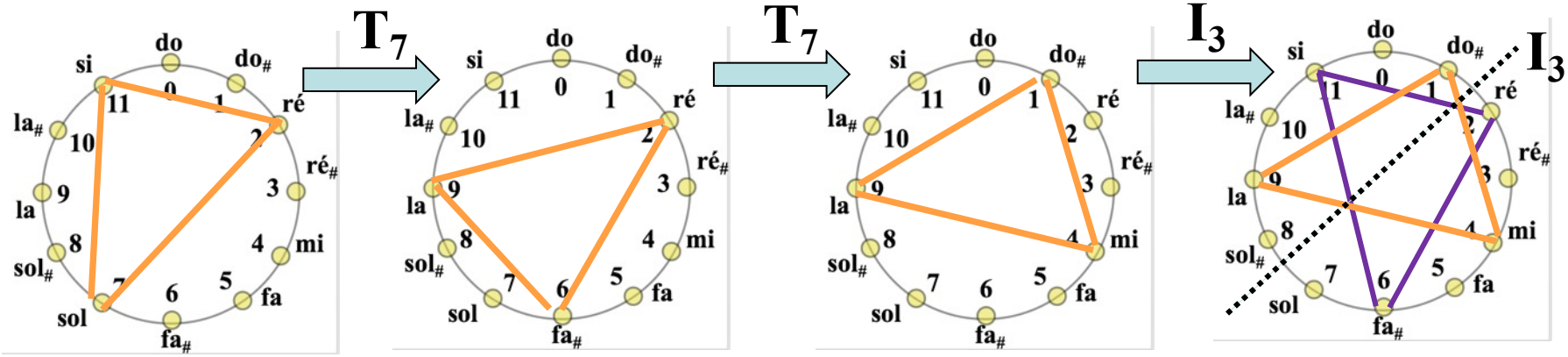
Quelques exemples analytiques

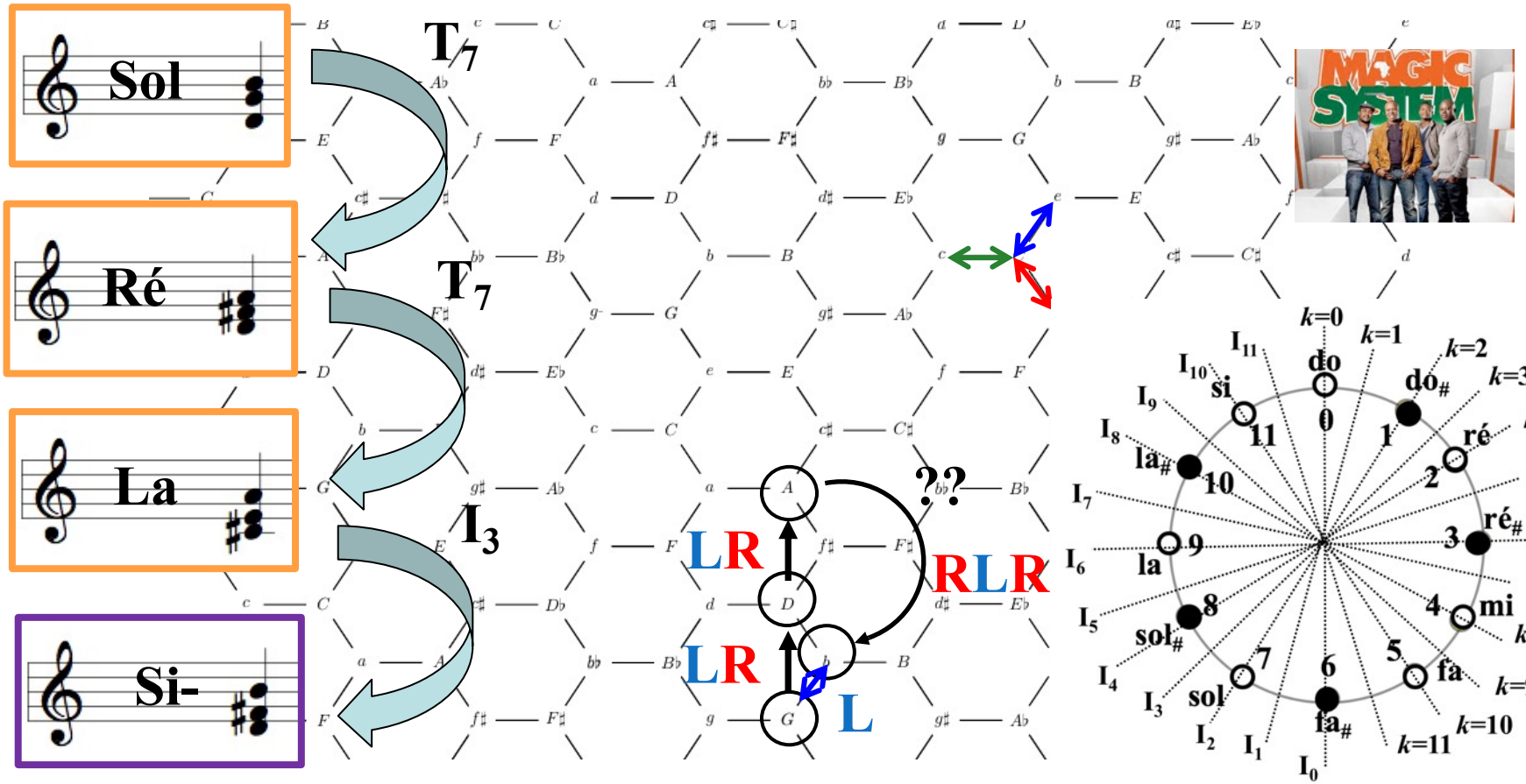




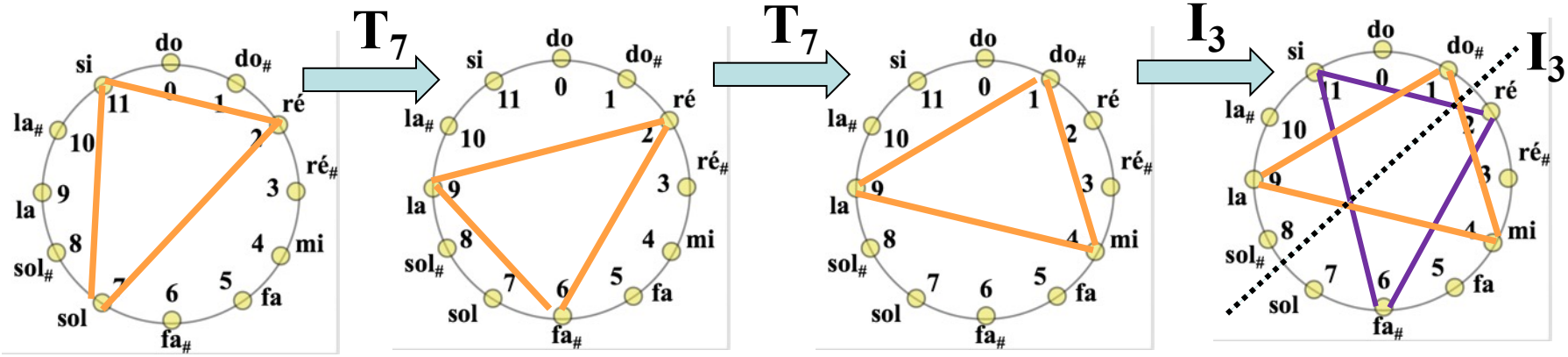


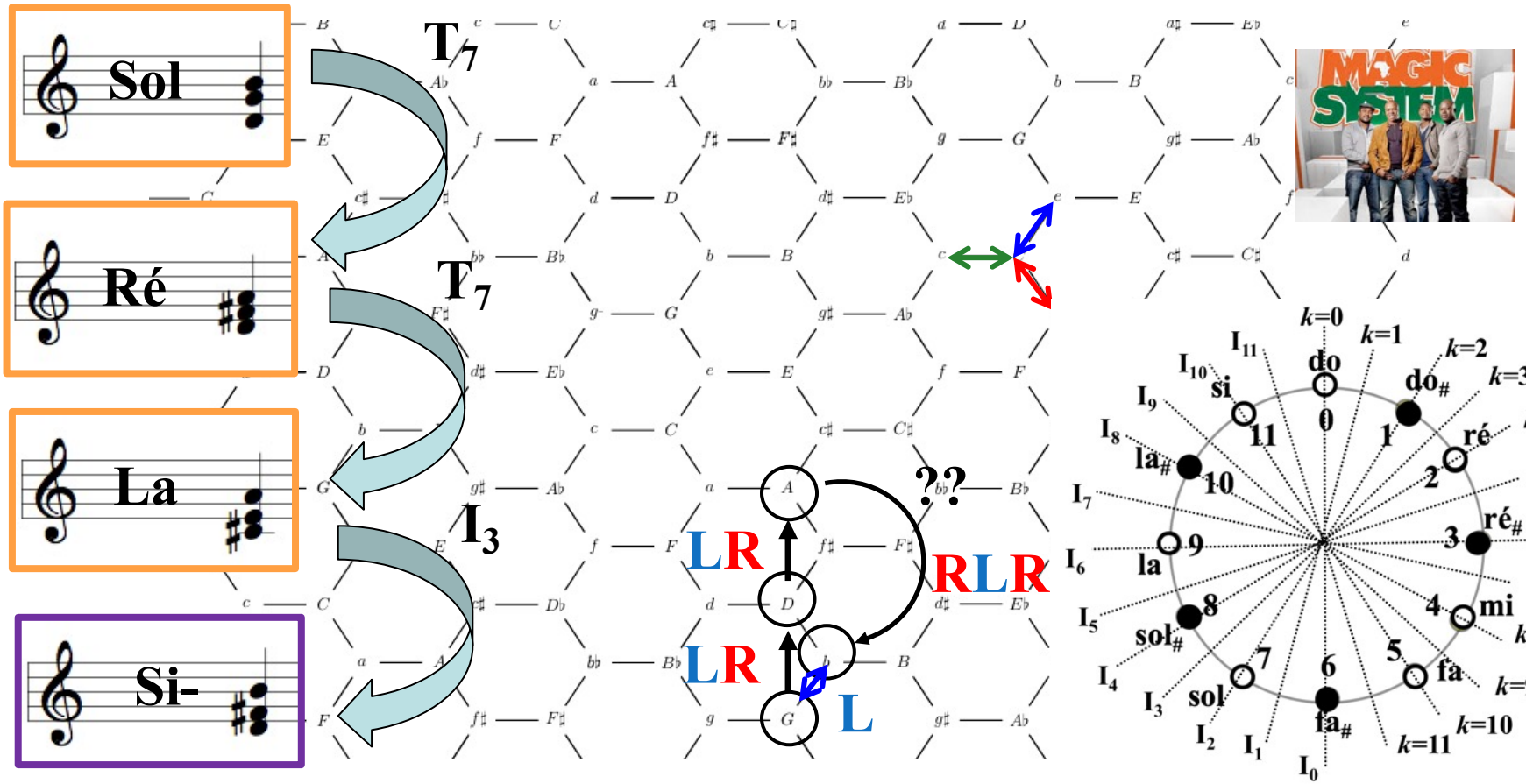
Quelques exemples analytiques





Quelques exemples analytiques

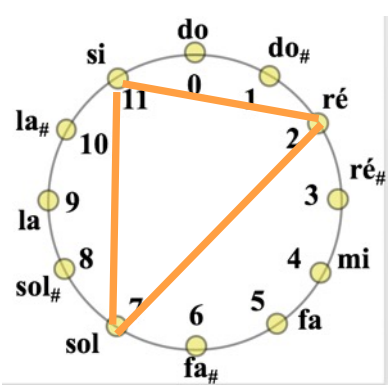


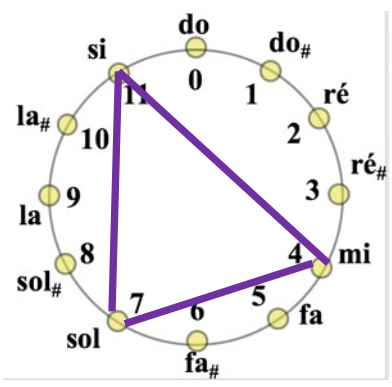


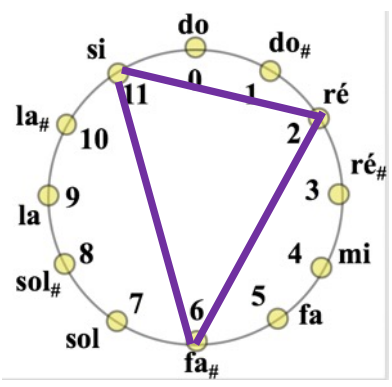
Quelques exemples analytiques

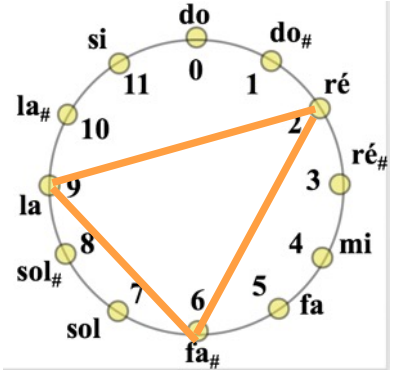
➔ www.mathemusic.net

Quelques exemples analytiques : une Anatole…

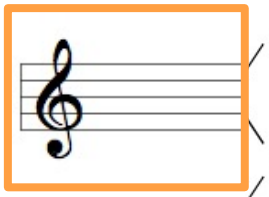




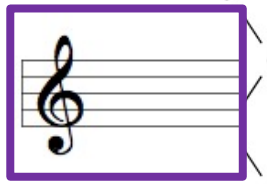




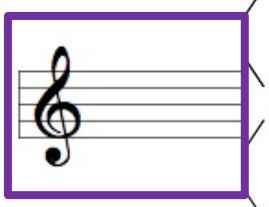
G



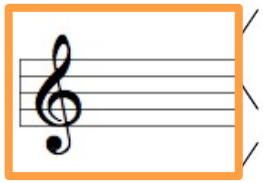
Em

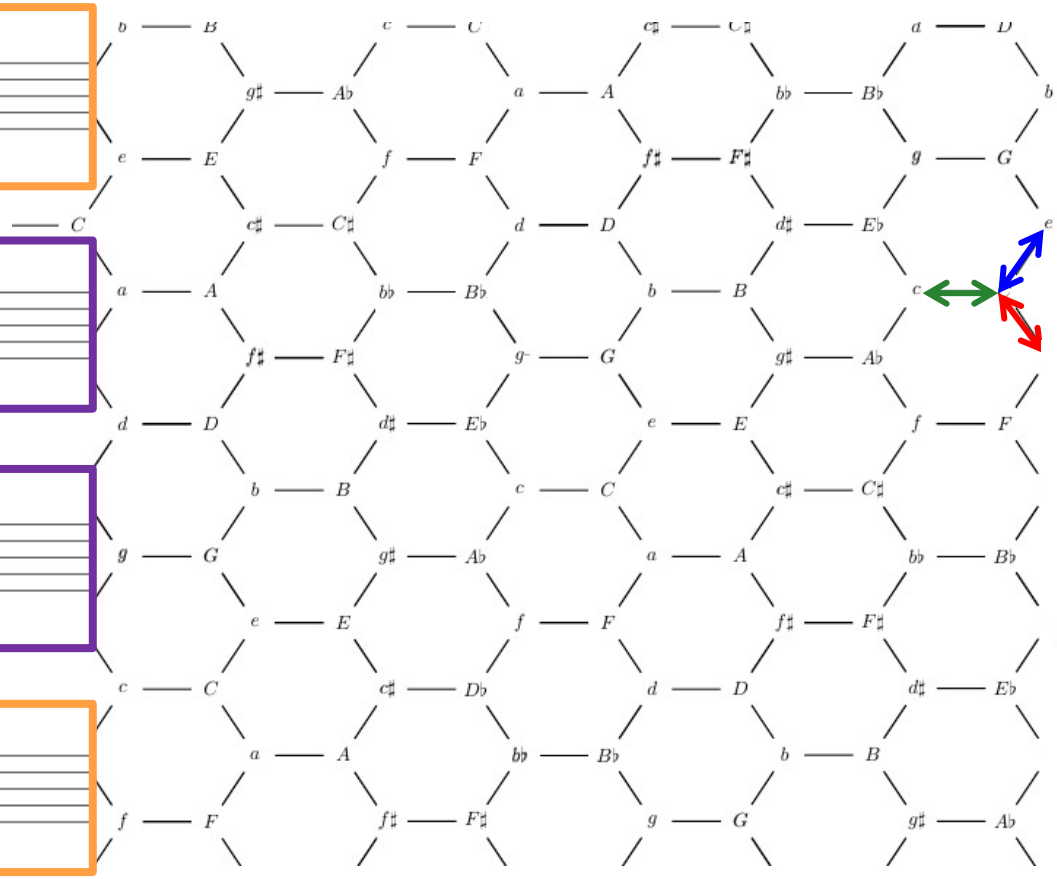


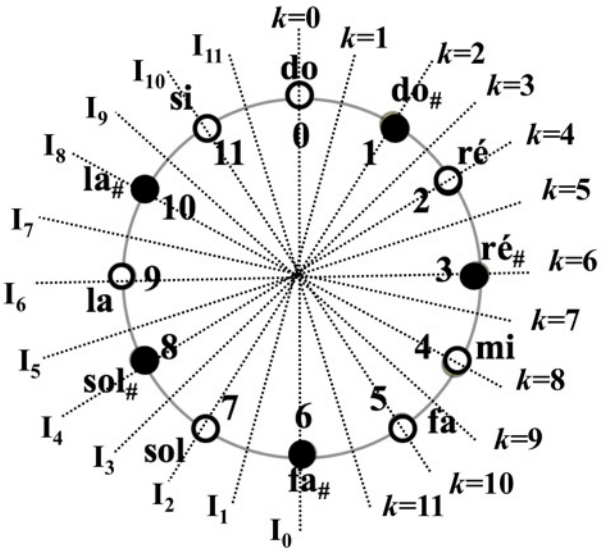
Bm



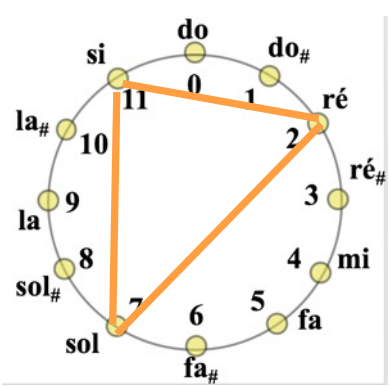
D

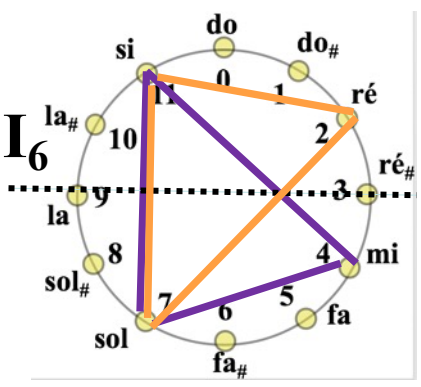


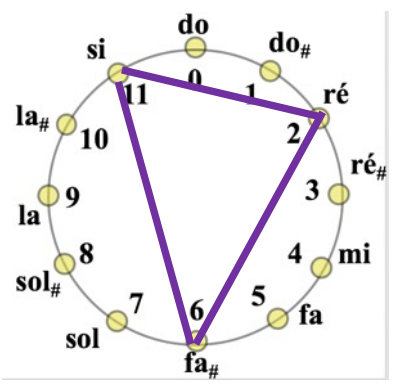


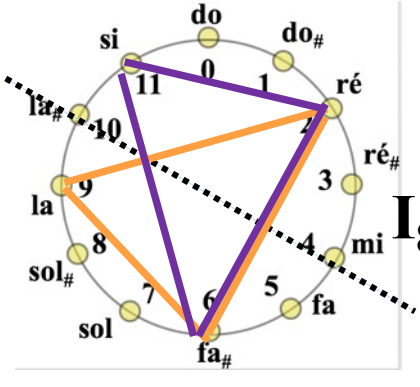


Quelques exemples analytiques : une Anatole…







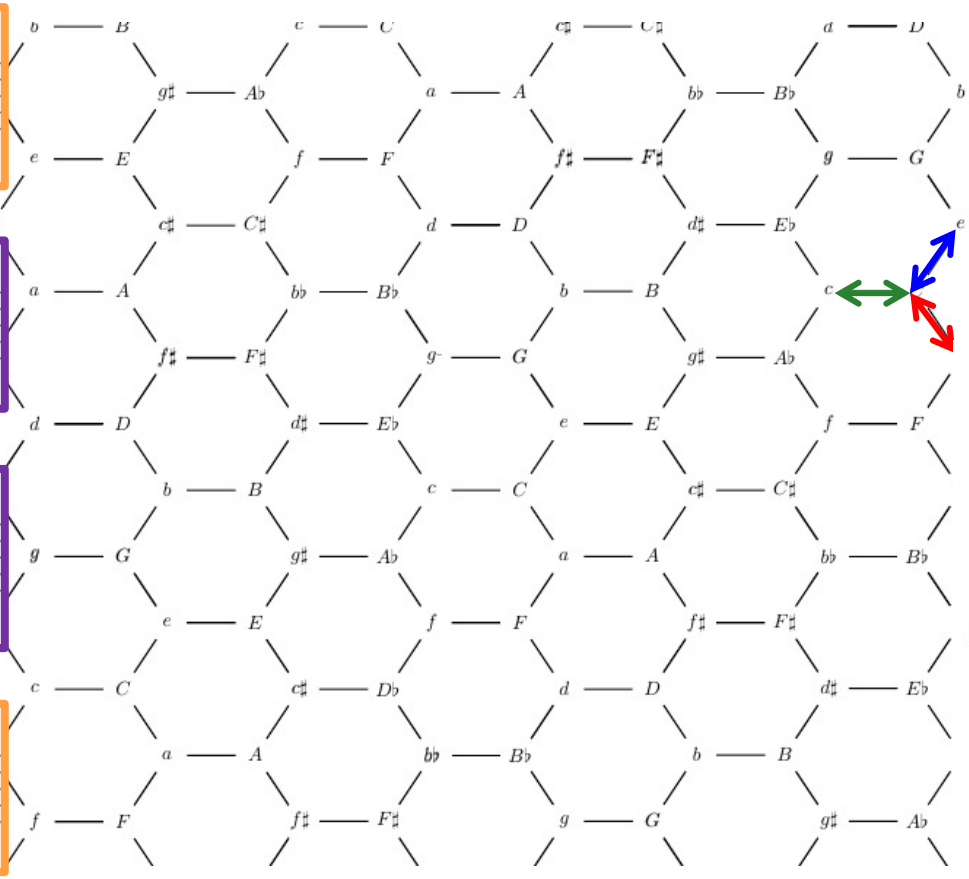


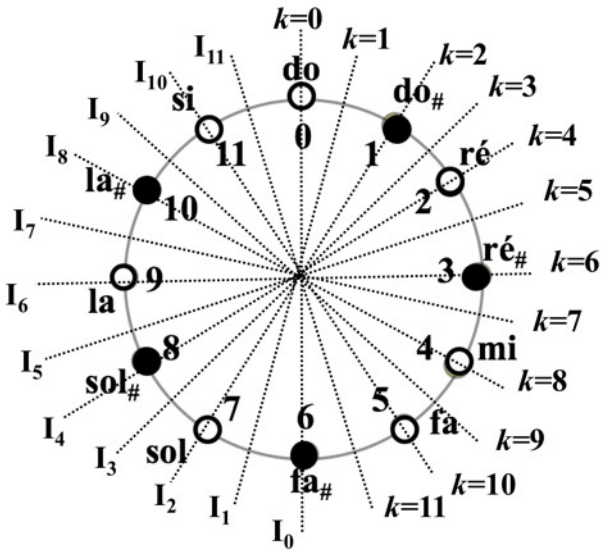
G

Em

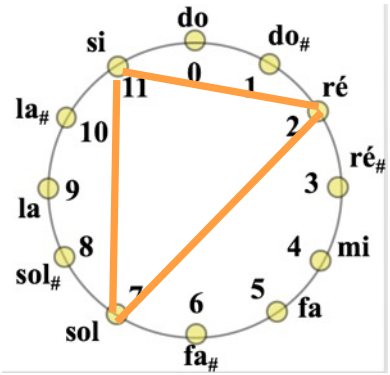
Bm

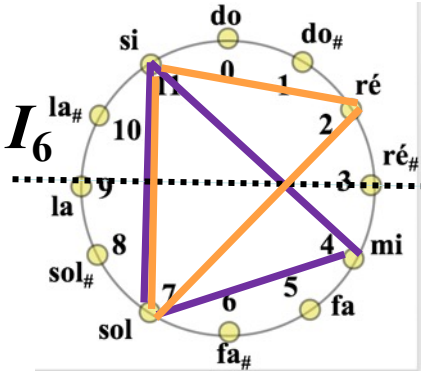
D

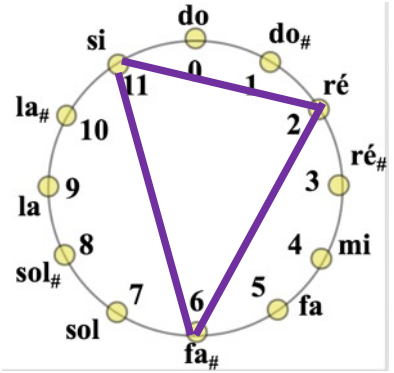


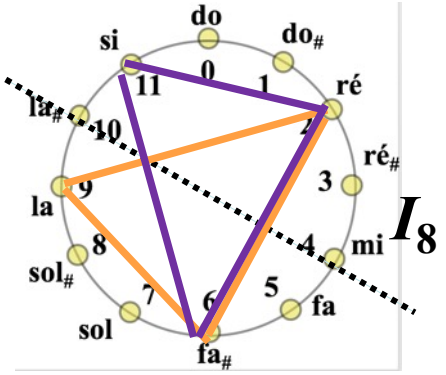


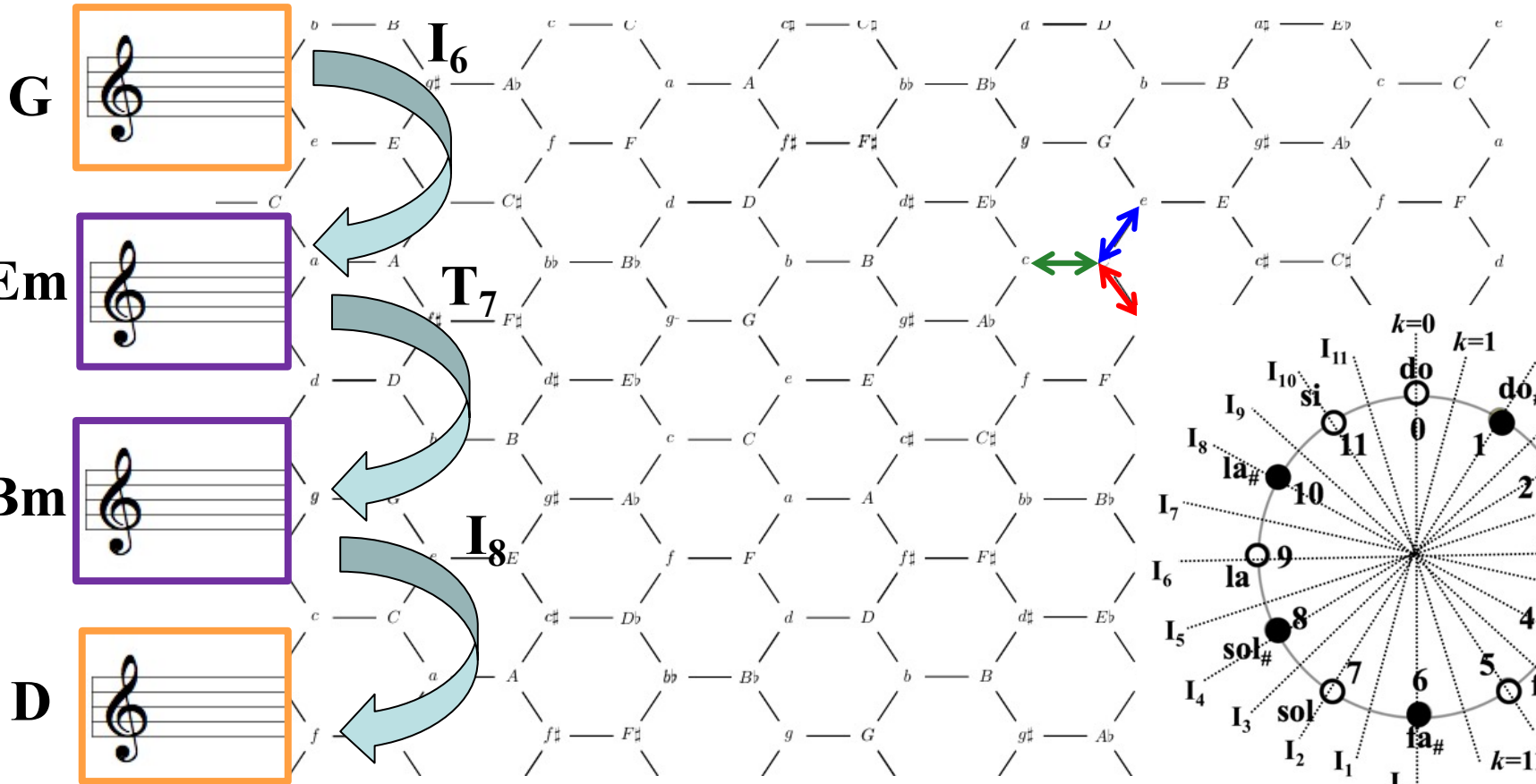
Quelques exemples analytiques : une Anatole…

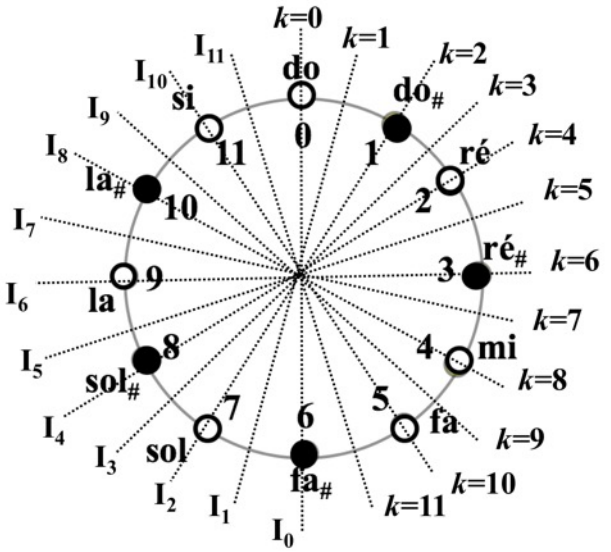




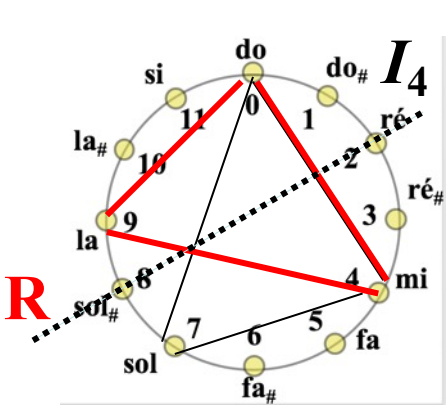


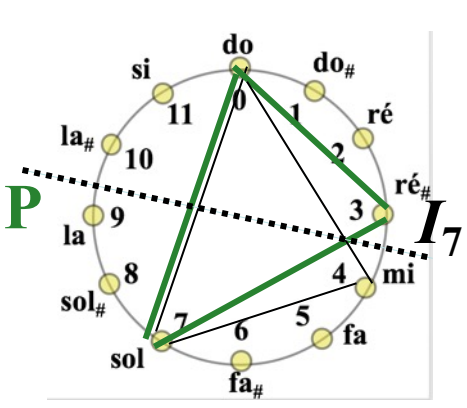


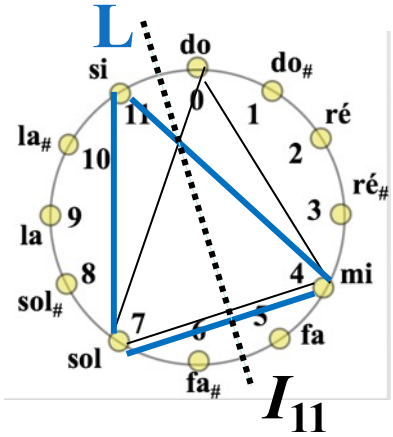


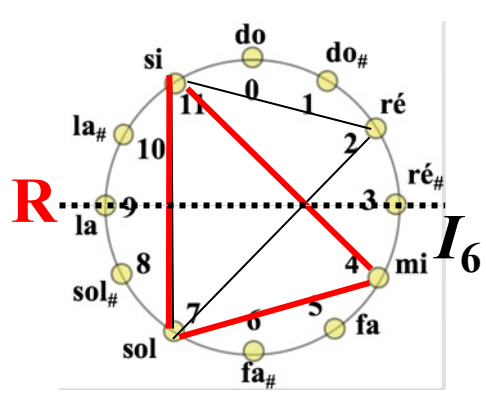


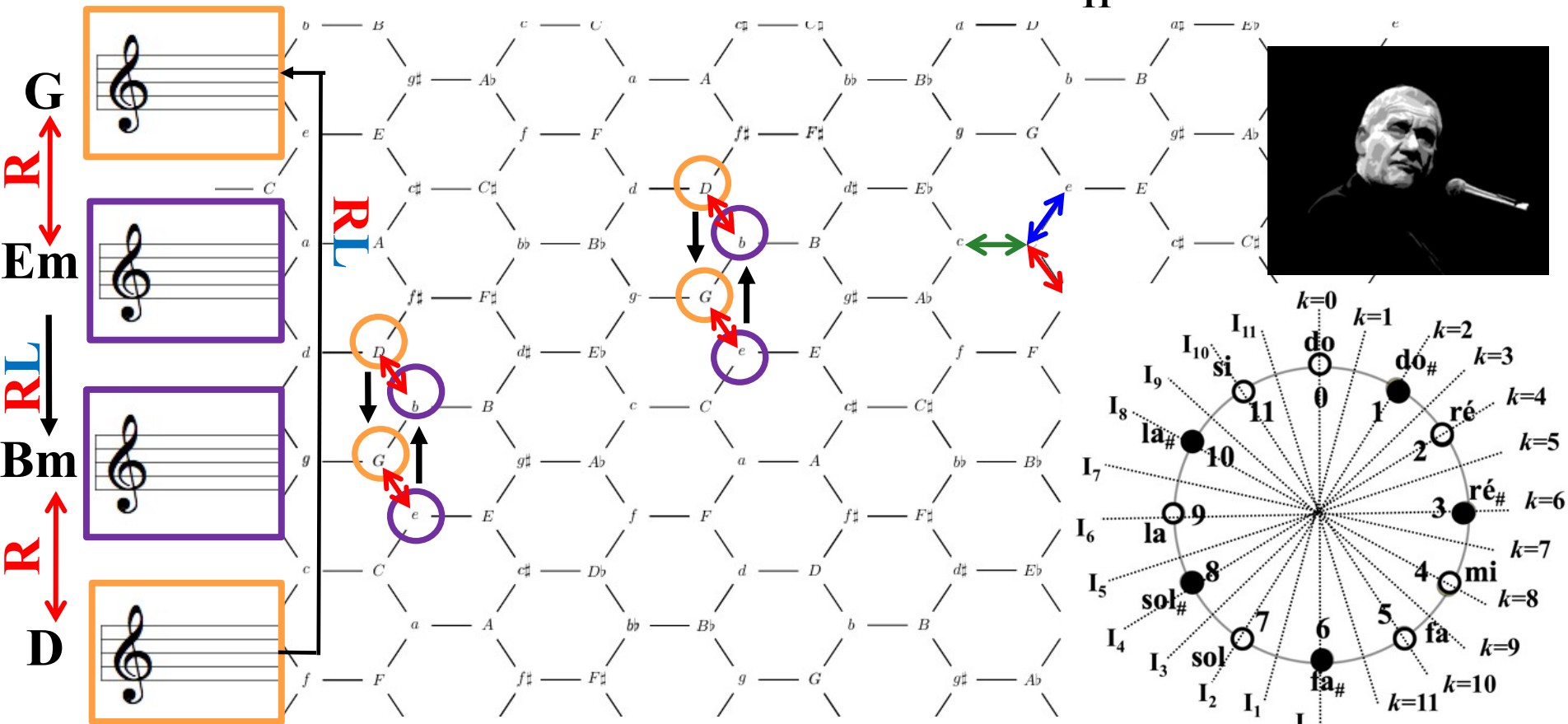
Quelques exemples analytiques : …chez Paolo Conte



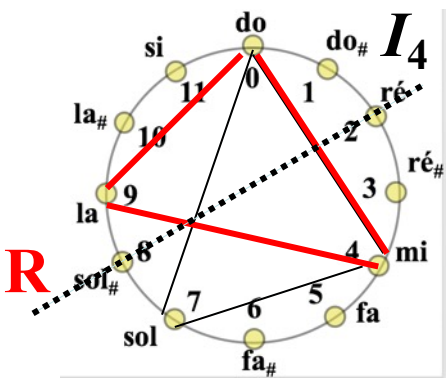


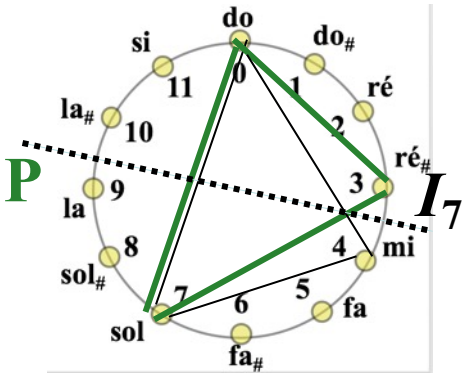


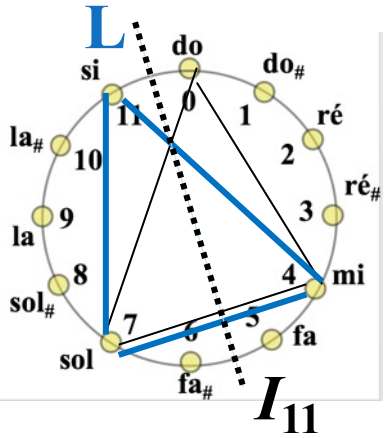


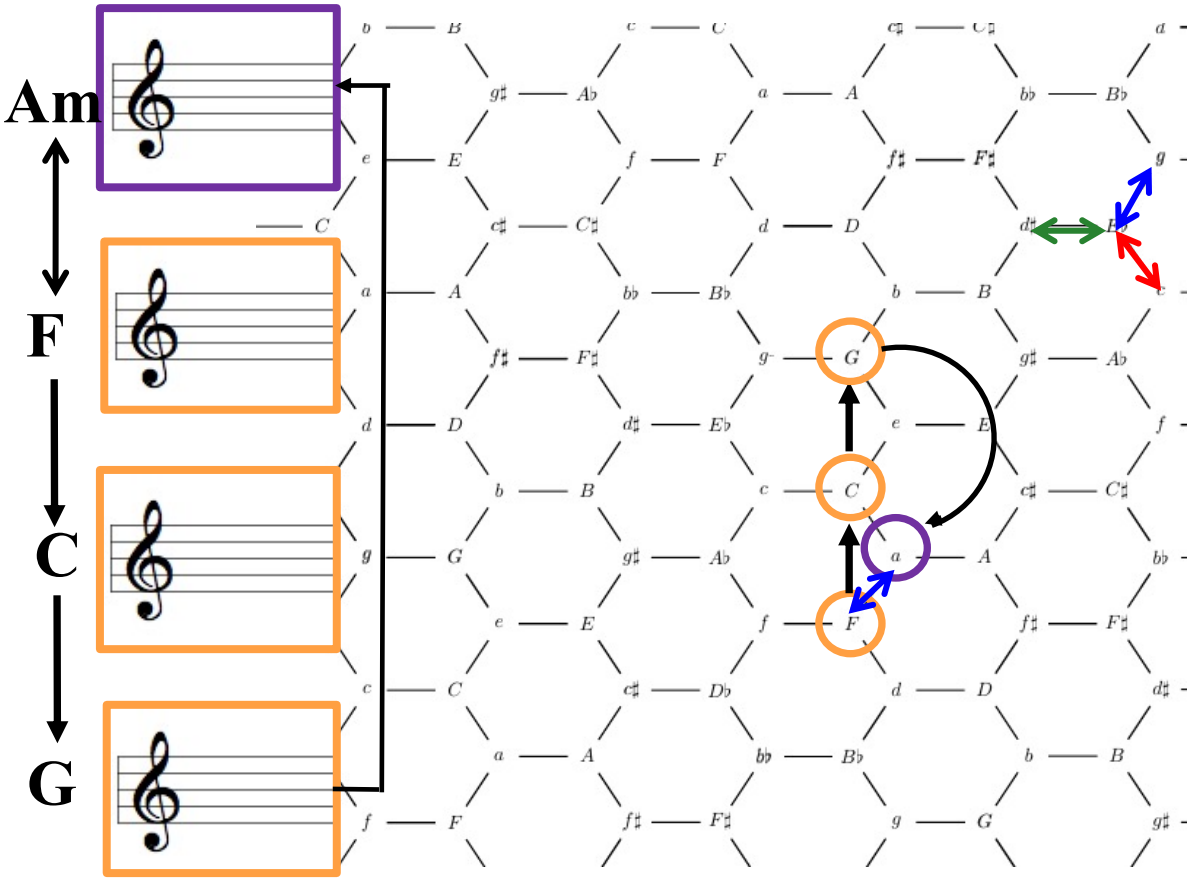


Boucles harmoniques dans la pop







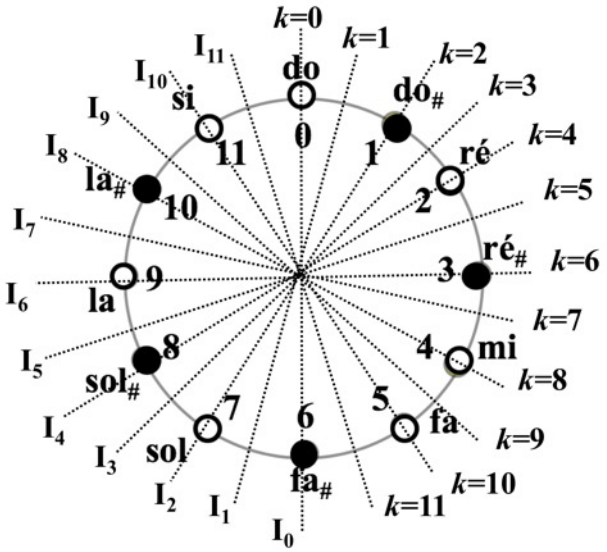


vi → IV → I → V

IV → I → V → vi

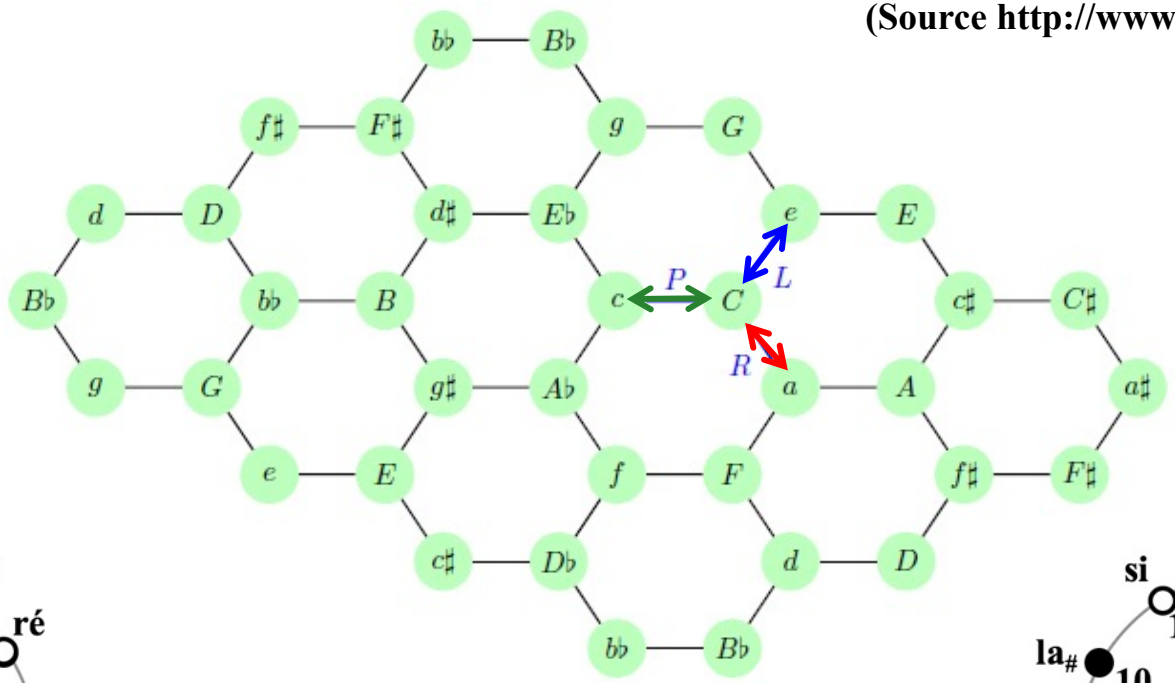
I → V → vi → IV

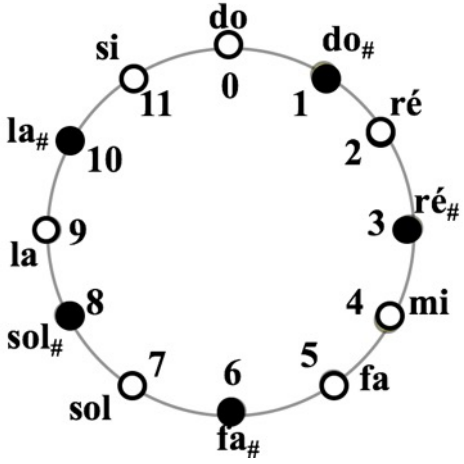
V → vi → IV → I



Yann Tiersen

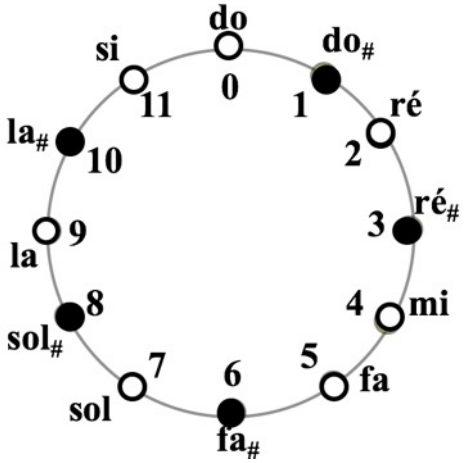
(Source http://www.mathisintheair.org/)

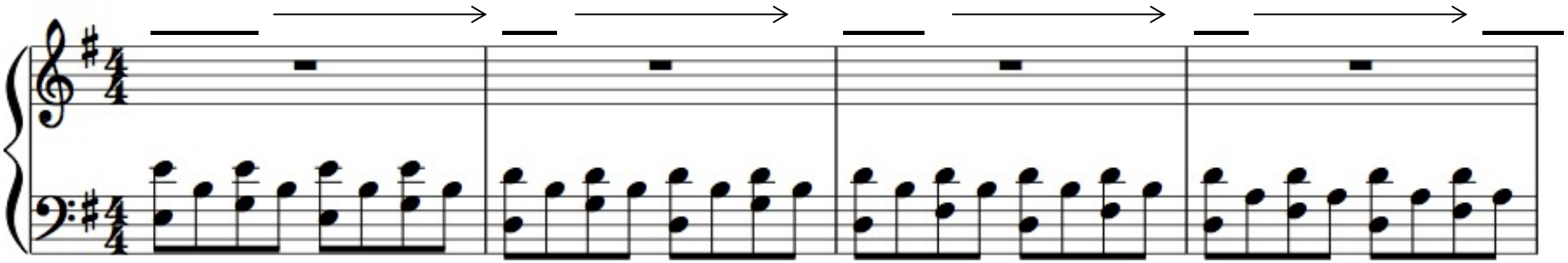




Comptine d'un autre été

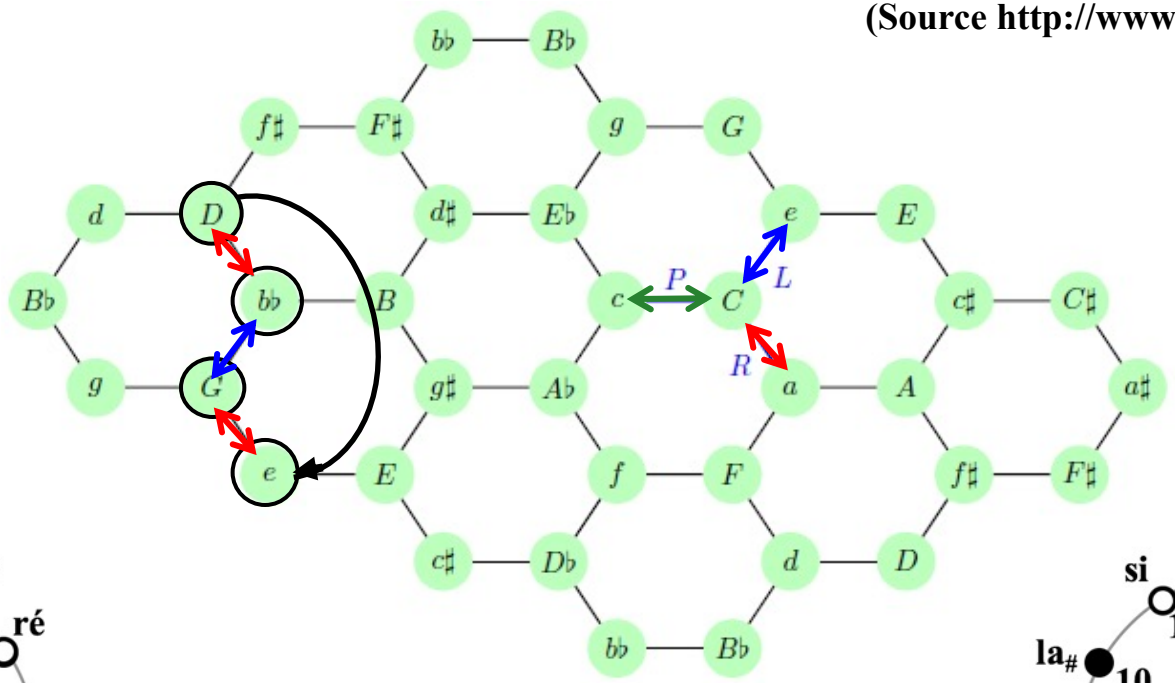
Amelie - Large Version

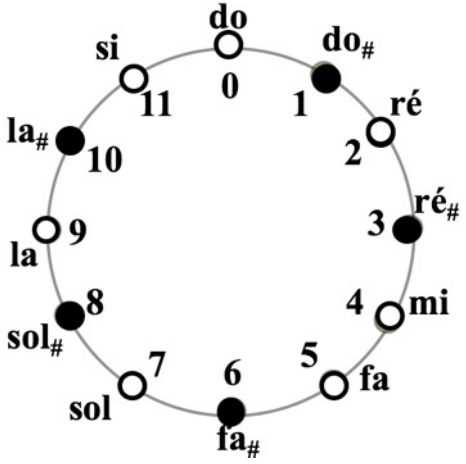




Yann Tiersen

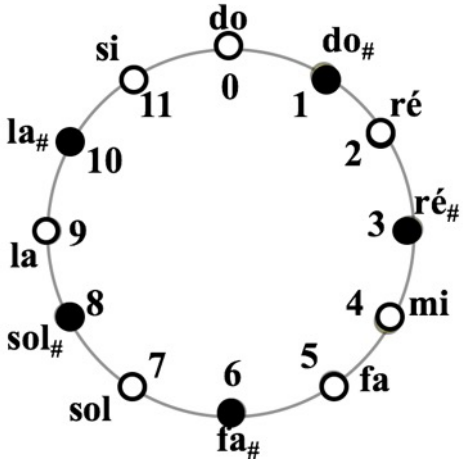
(Source http://www.mathisintheair.org/)

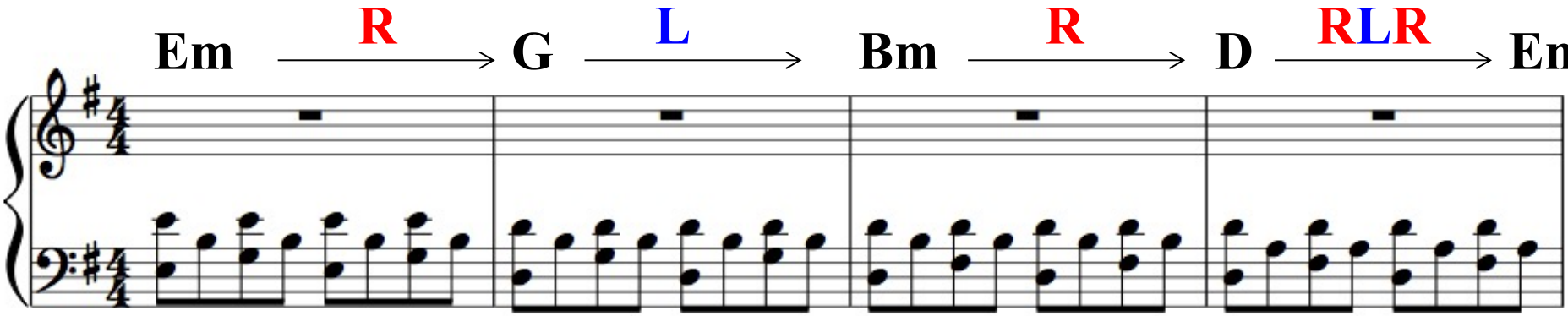




Comptine d'un autre été

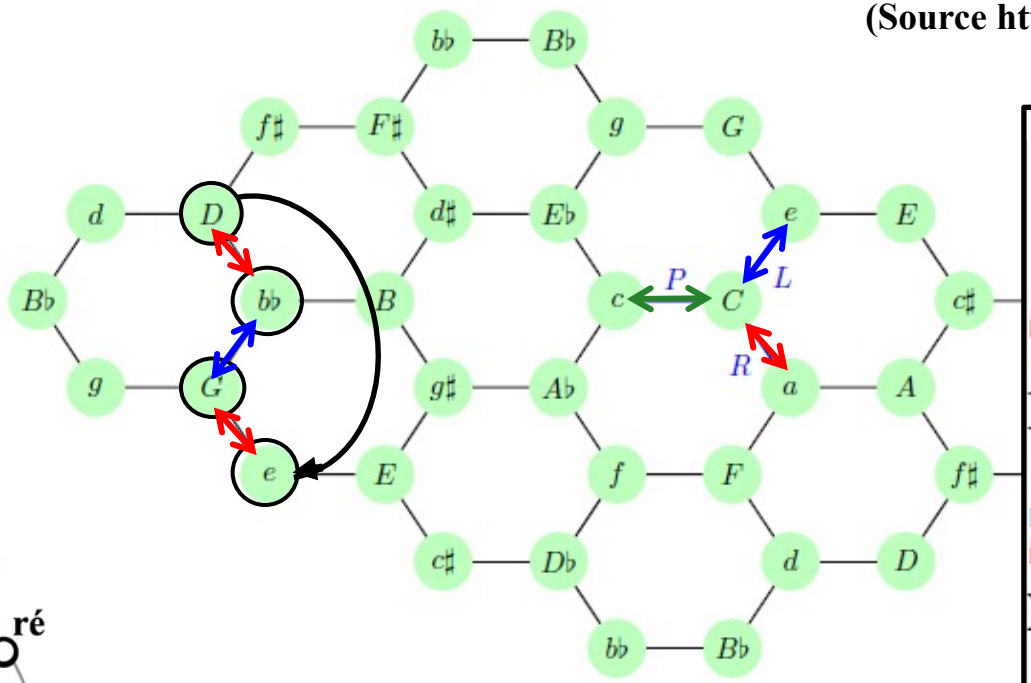
Amelie - Large Version

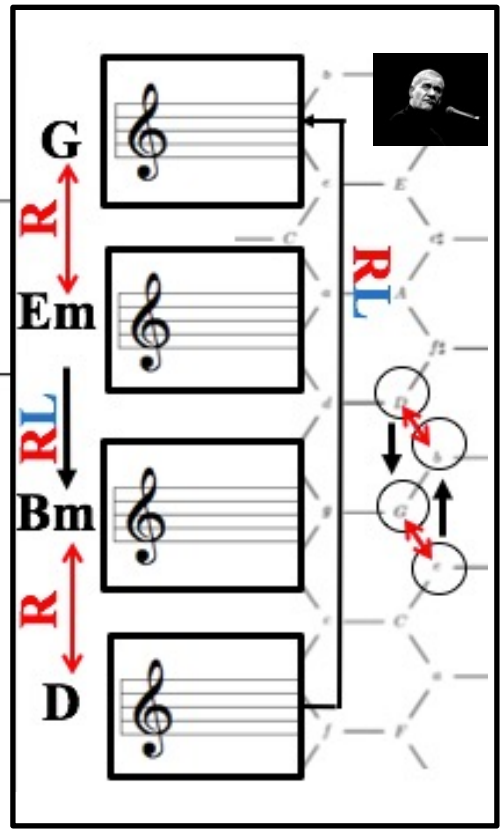


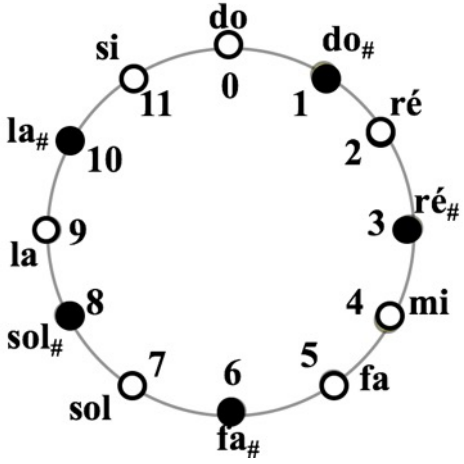


Yann Tiersen

(Source http://www.mathisintheair.org/)

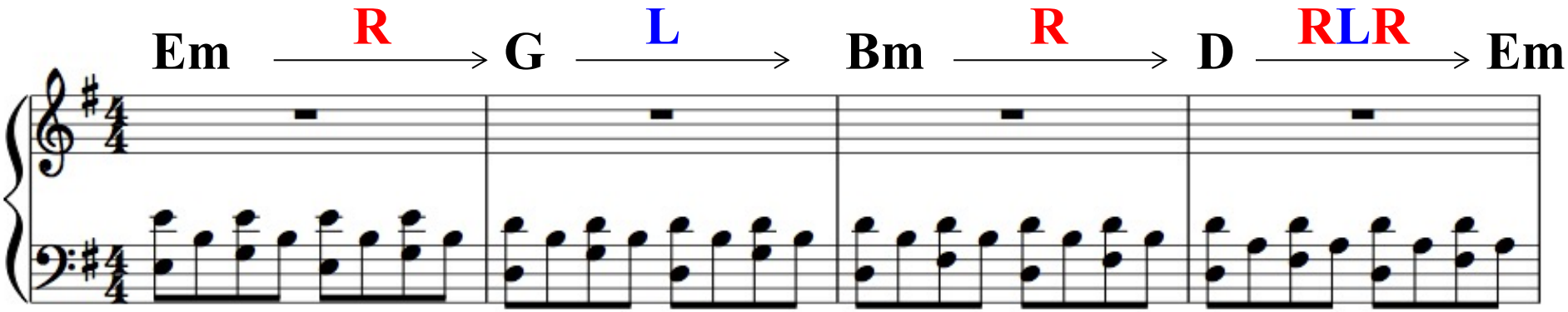






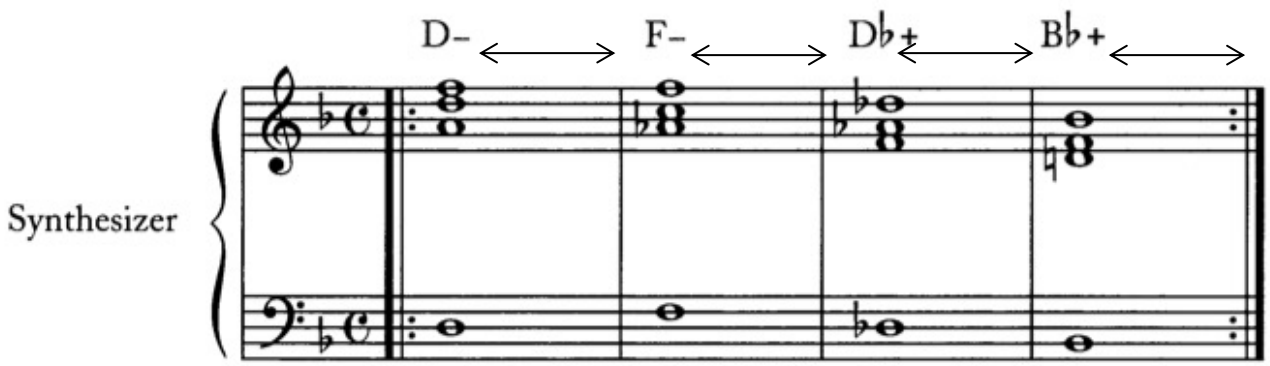
Comptine d'un autre été

Amelie - Large Version

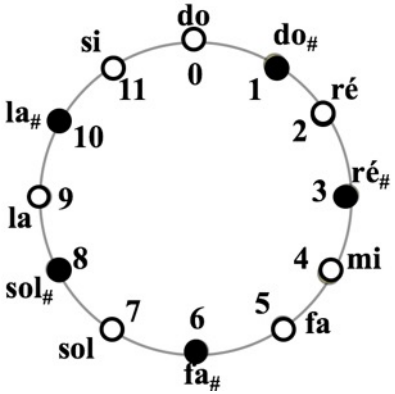


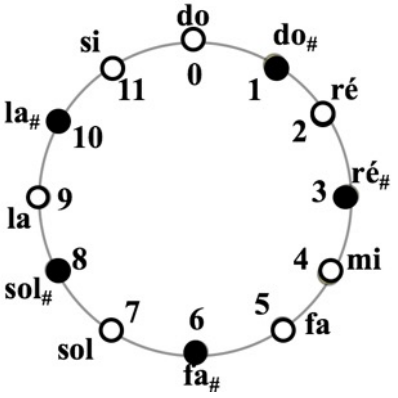
Mise en évidence des symétries dans la musica pop

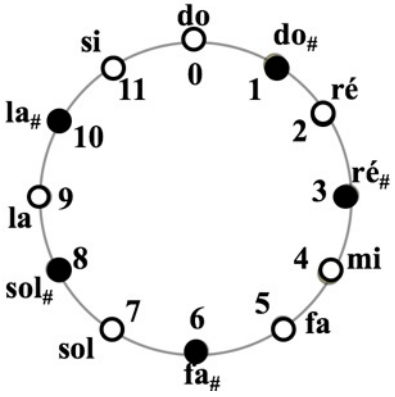
- Guy Capuzzo, "Neo-Riemannian Theory and the Analysis of Pop-Rock Music", Music Theory Spectrum 26(2), p. 177-199, 2004

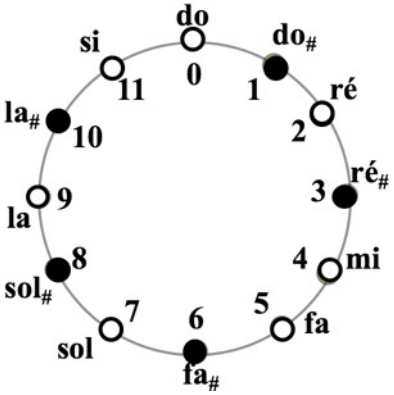


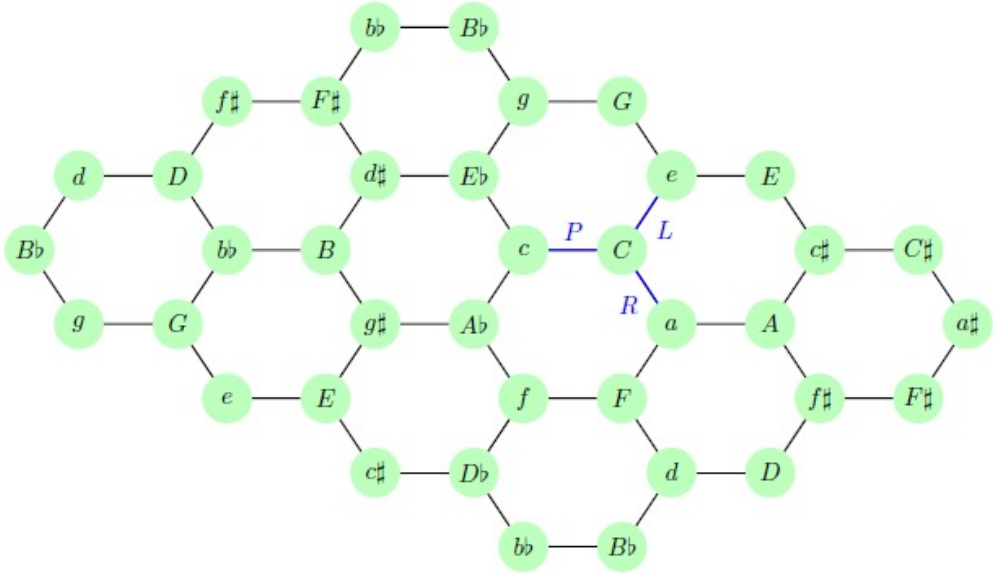
***Shake the disease* - 1985**
(Depeche Mode) – min. 2'17"





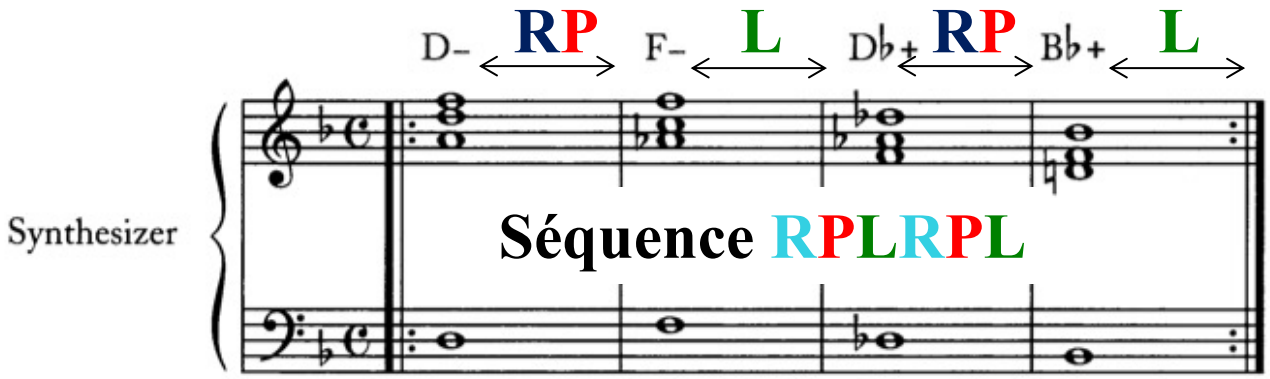






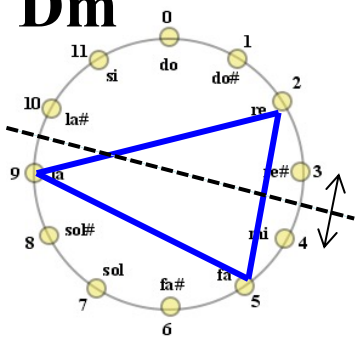
Mise en évidence des symétries dans la musica pop

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

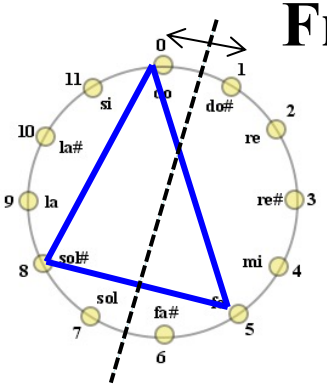


Shake the disease - 1985
(Depeche Mode) – min. 2'17''

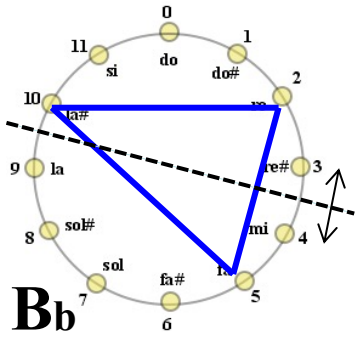
Dm



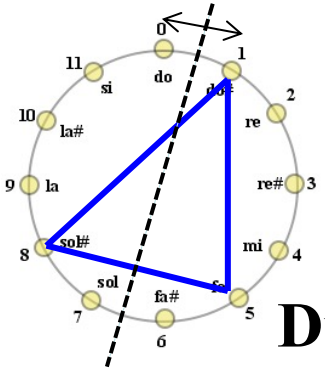
Fm

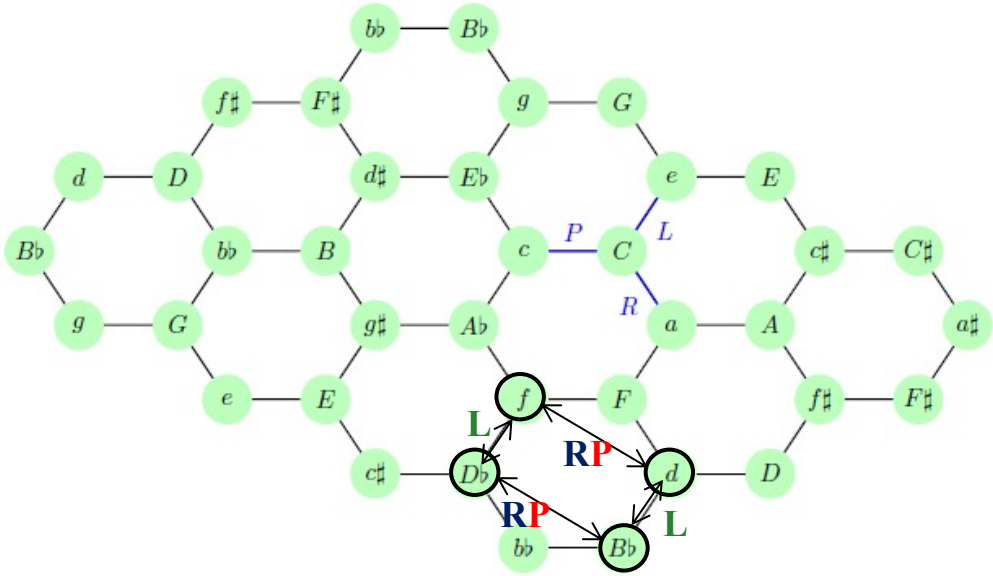


Bb



Db

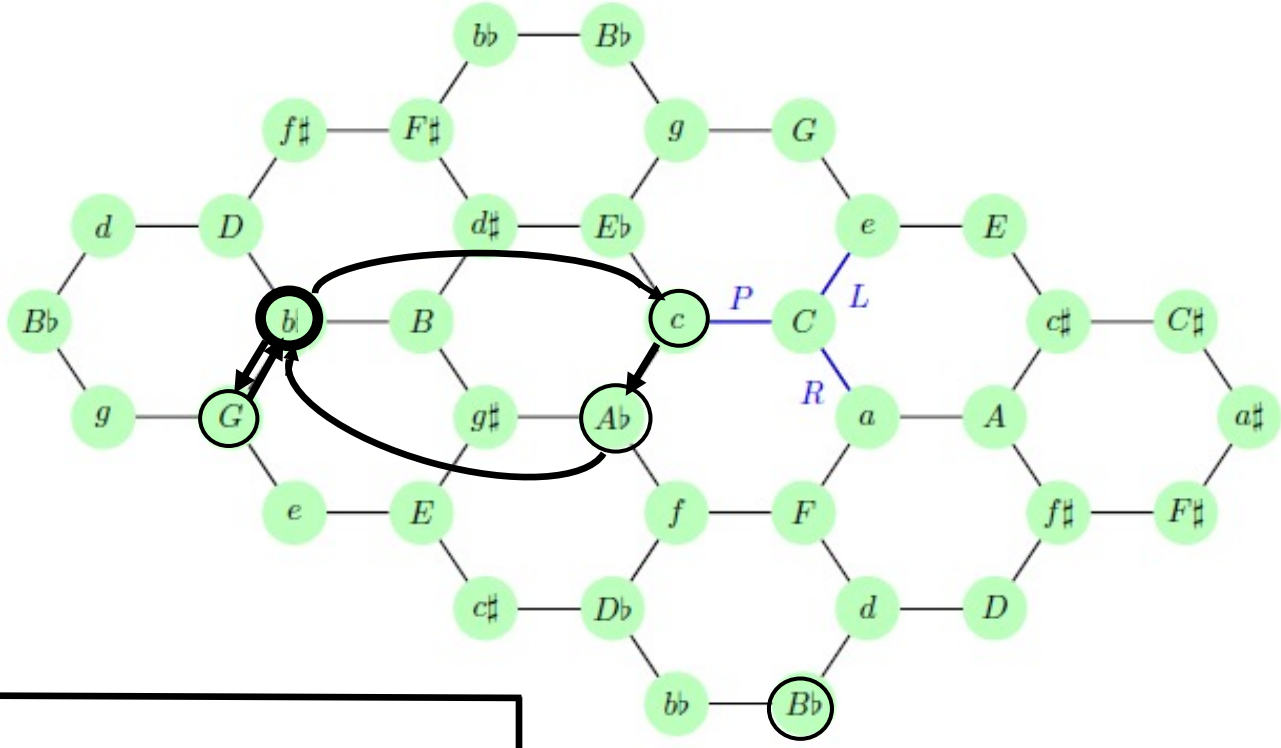




(Source http://www.mathisintheair.org/)

Parcours harmoniques chez Arthur H

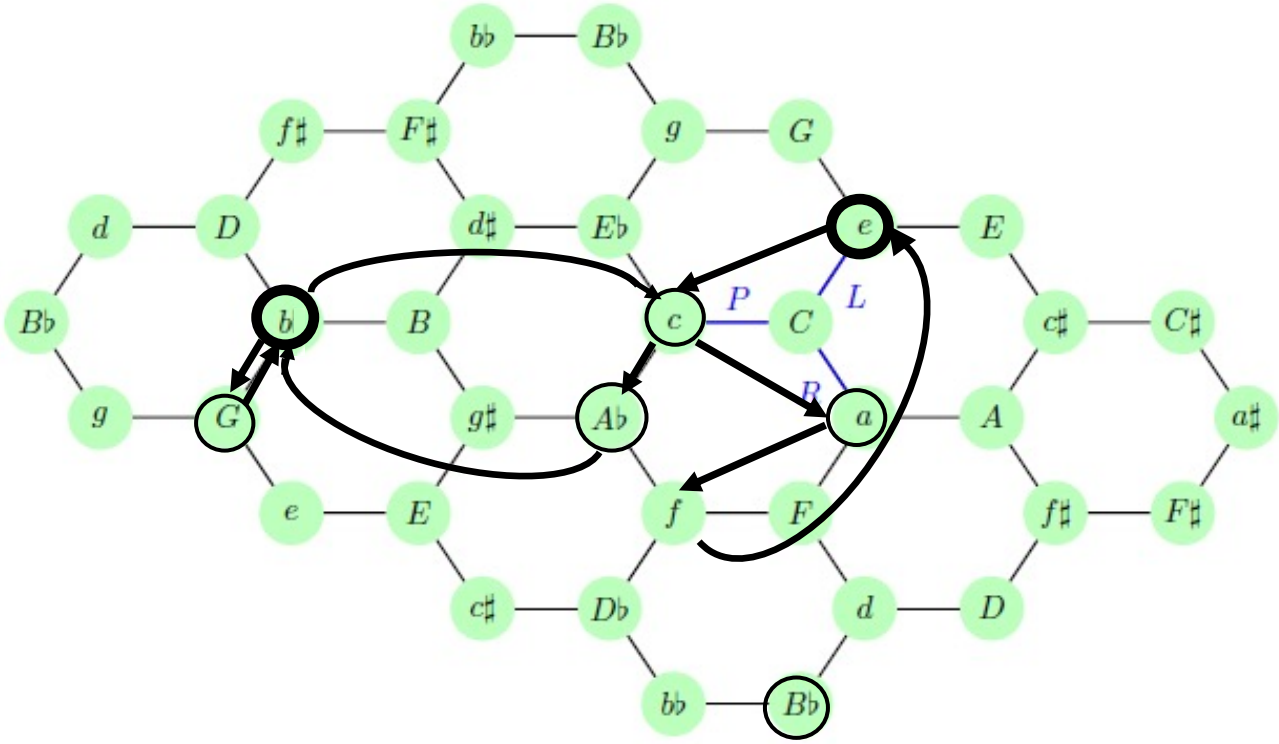
Le Baron noir
(album *Piano solo*, 2002)



Cycle 1 : Bm —PLPR→ Cm —L→ Ab —PRP→ Bm —L→ G —L→ Bm —L→ G —L→ Bm

Parcours harmoniques chez Arthur H

Le Baron noir
(album *Piano solo*, 2002)

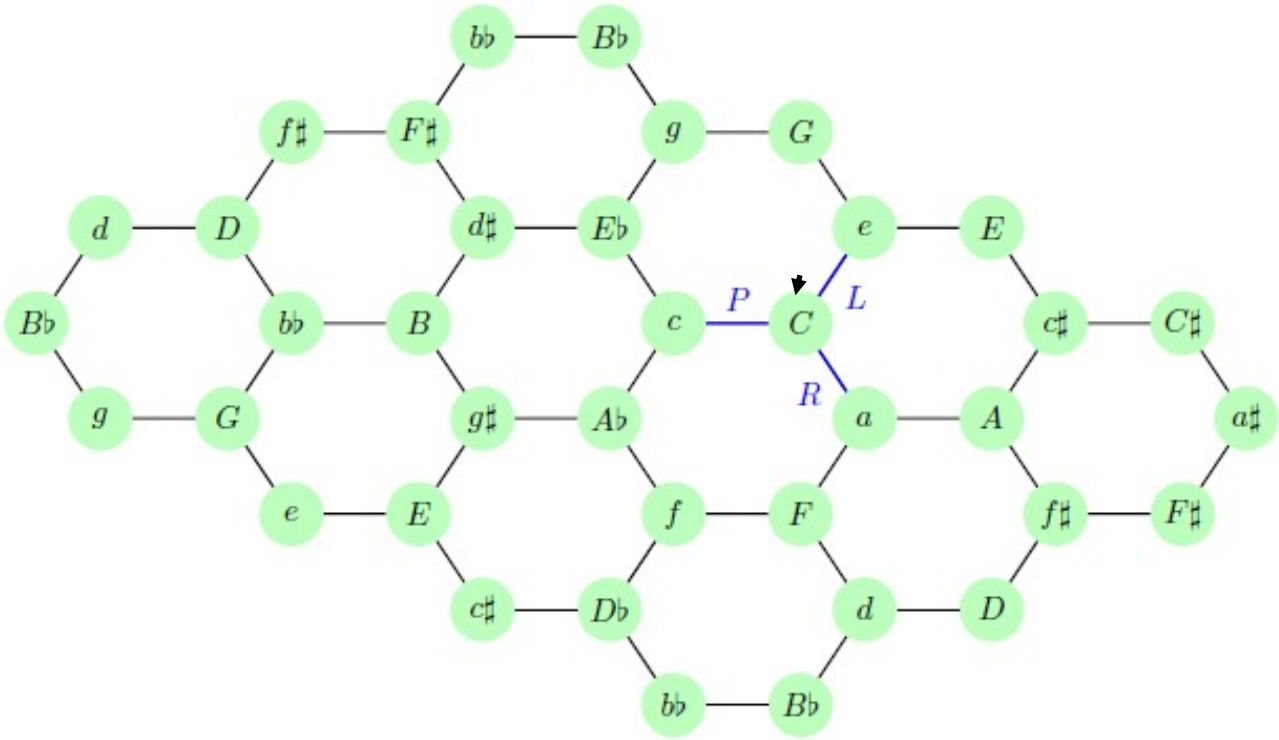


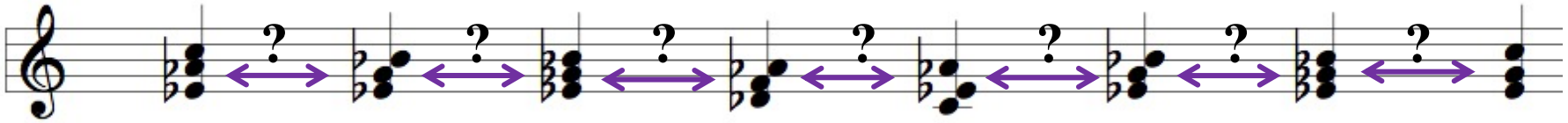
Em —LP→ **Cm** —PL→ **Em** —LP→ **Cm** —PR→ **Am** —LP→ **Fm**

PLRL

Parcours harmoniques chez William Sheller

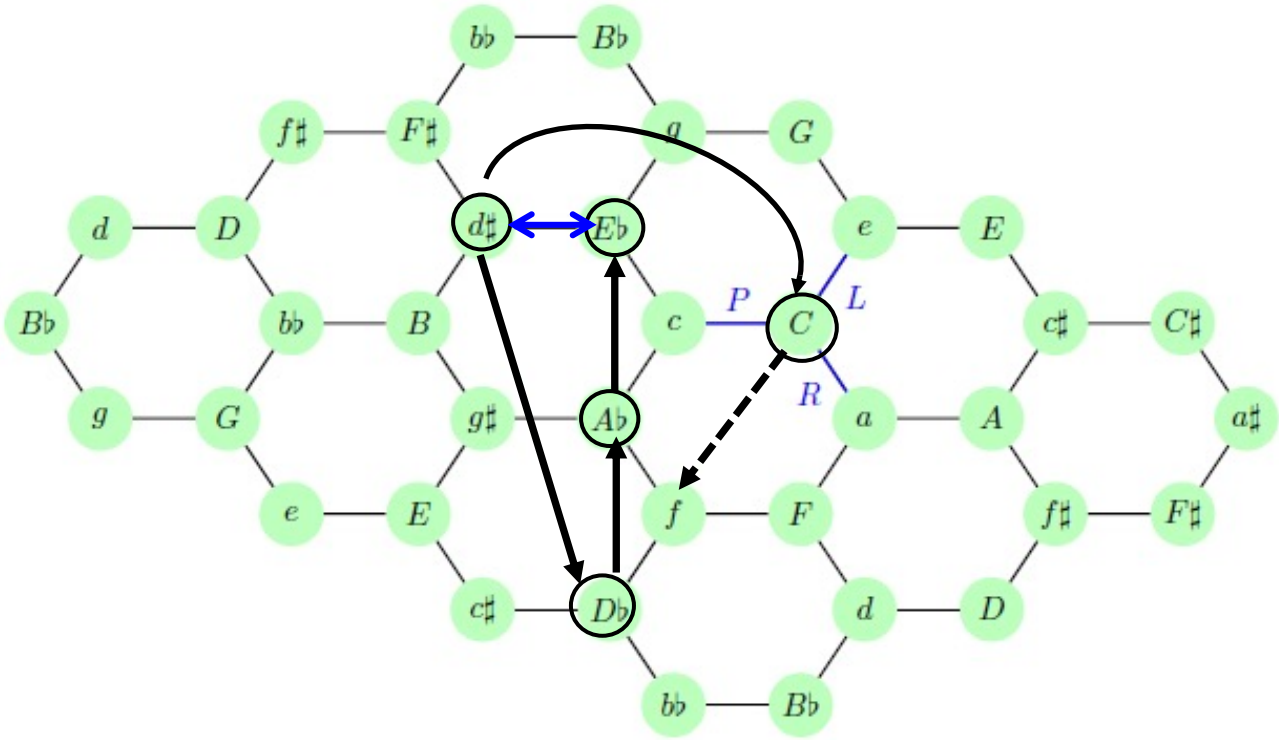
min. 0’33’’

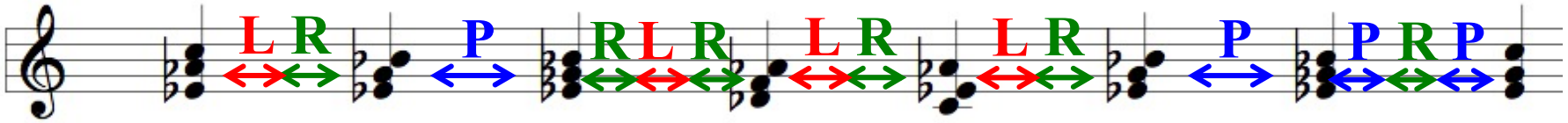


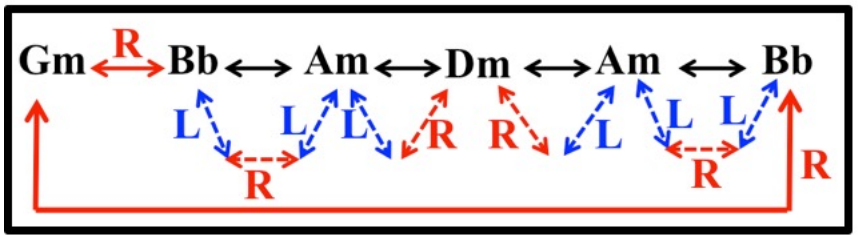


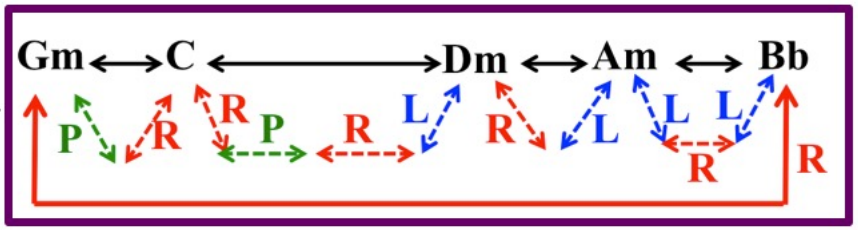
Parcours harmoniques chez William Sheller

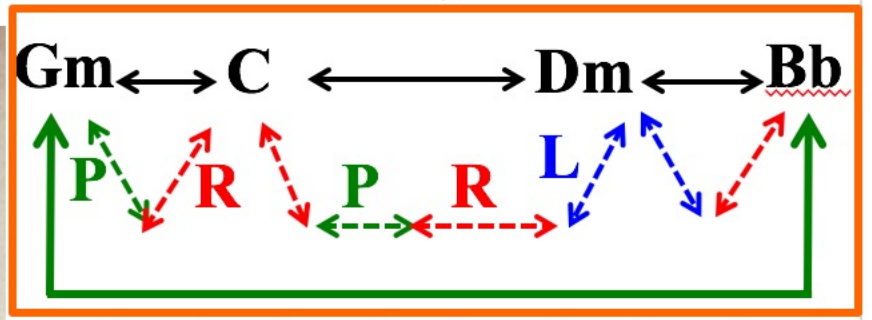
min. 0’33’’











MON APACHE

(Arman Méliès)

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

Ô mon inouïe antilope
dans tes flancs
et leurs reflets roux d'enfance
dort un cyclope

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

Où vont les flots noirs
de cendre

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

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

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

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

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

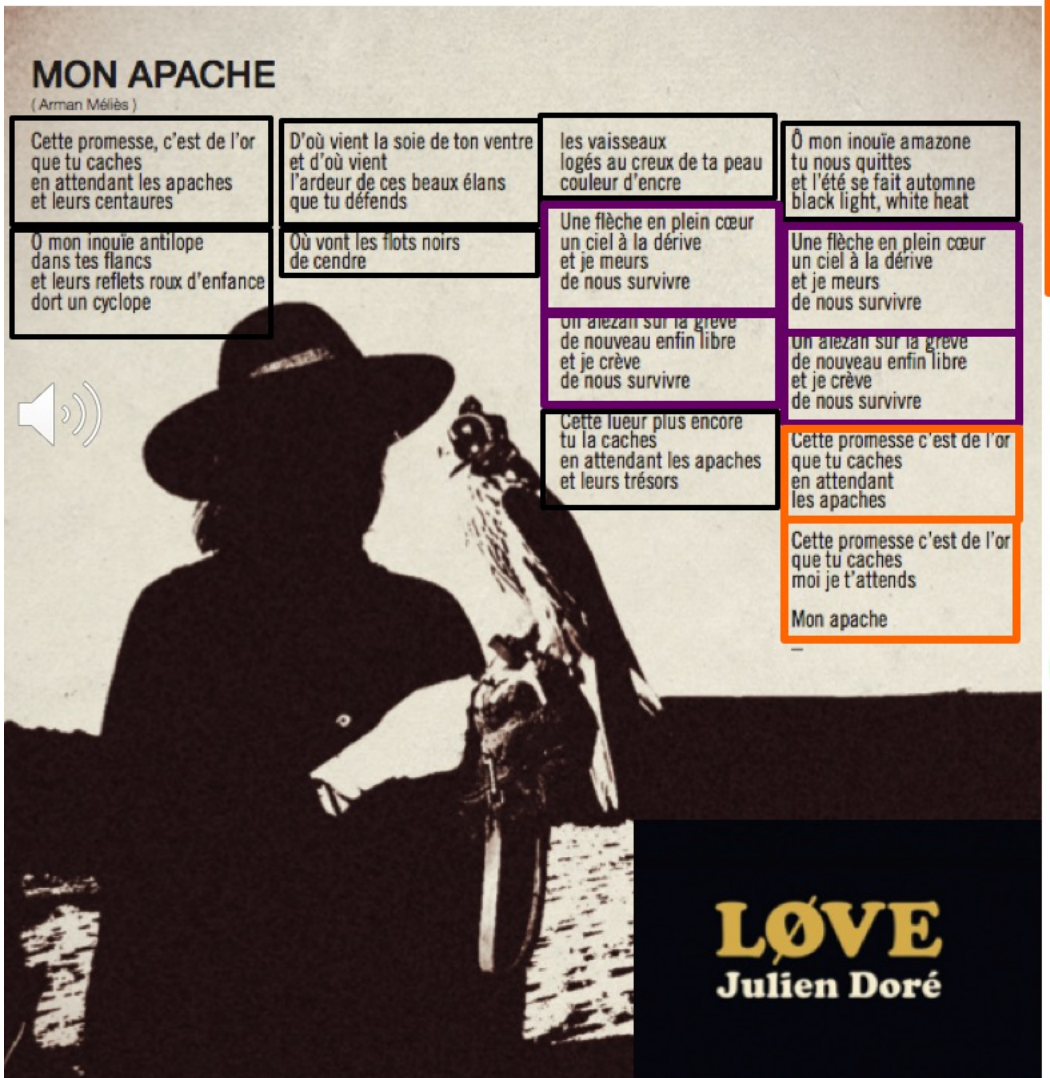
Une flèche en plein cœur
un ciel à la dérive
et je meurs
de nous survivre

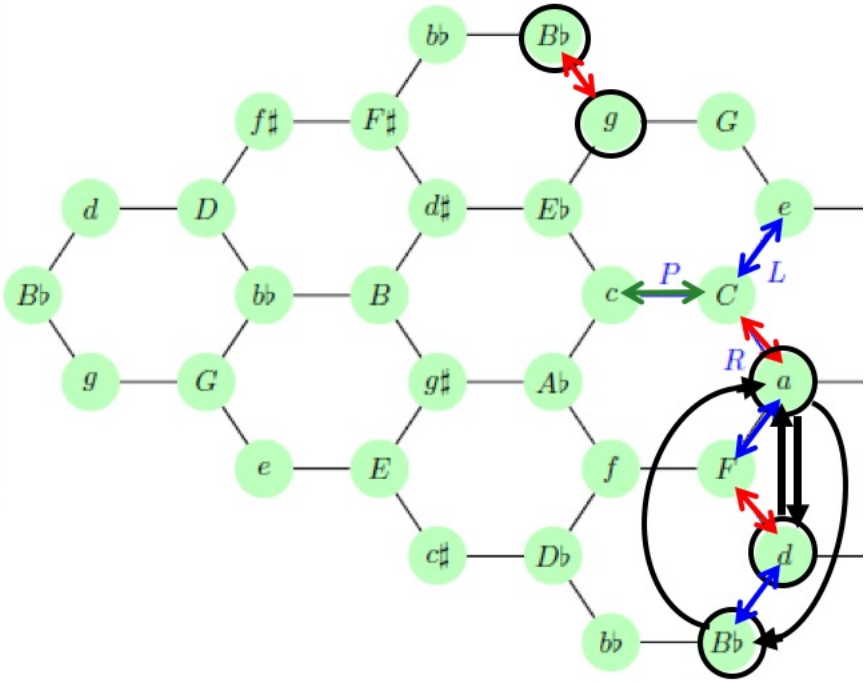
Un alezan sur la grève
de nouveau enfin libre
et je crève
de nous survivre

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

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

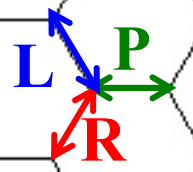
Mon apache

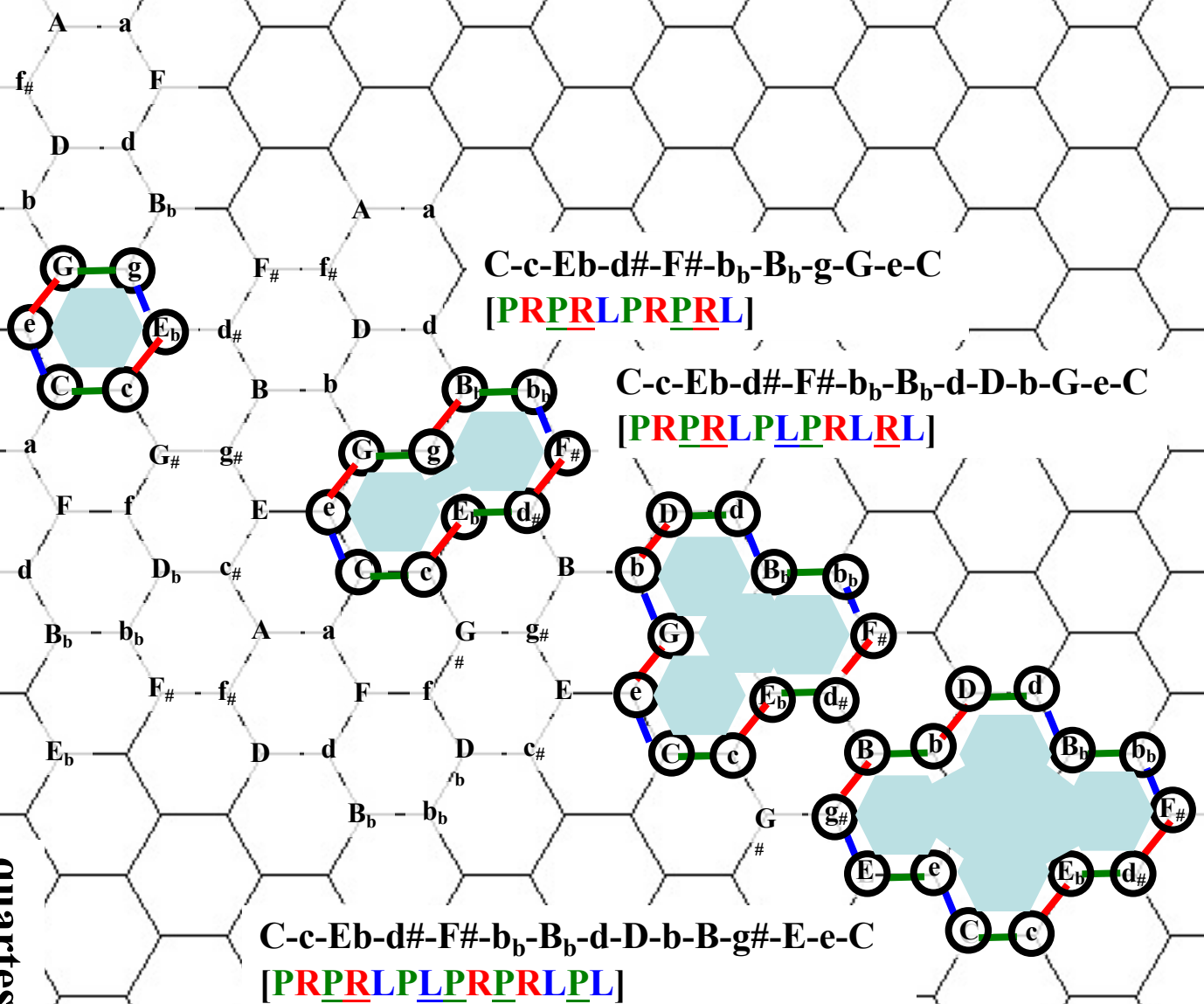




Un cycle et ses extensions

C-c-Eb-g-G-e-C → [PRLPRL]



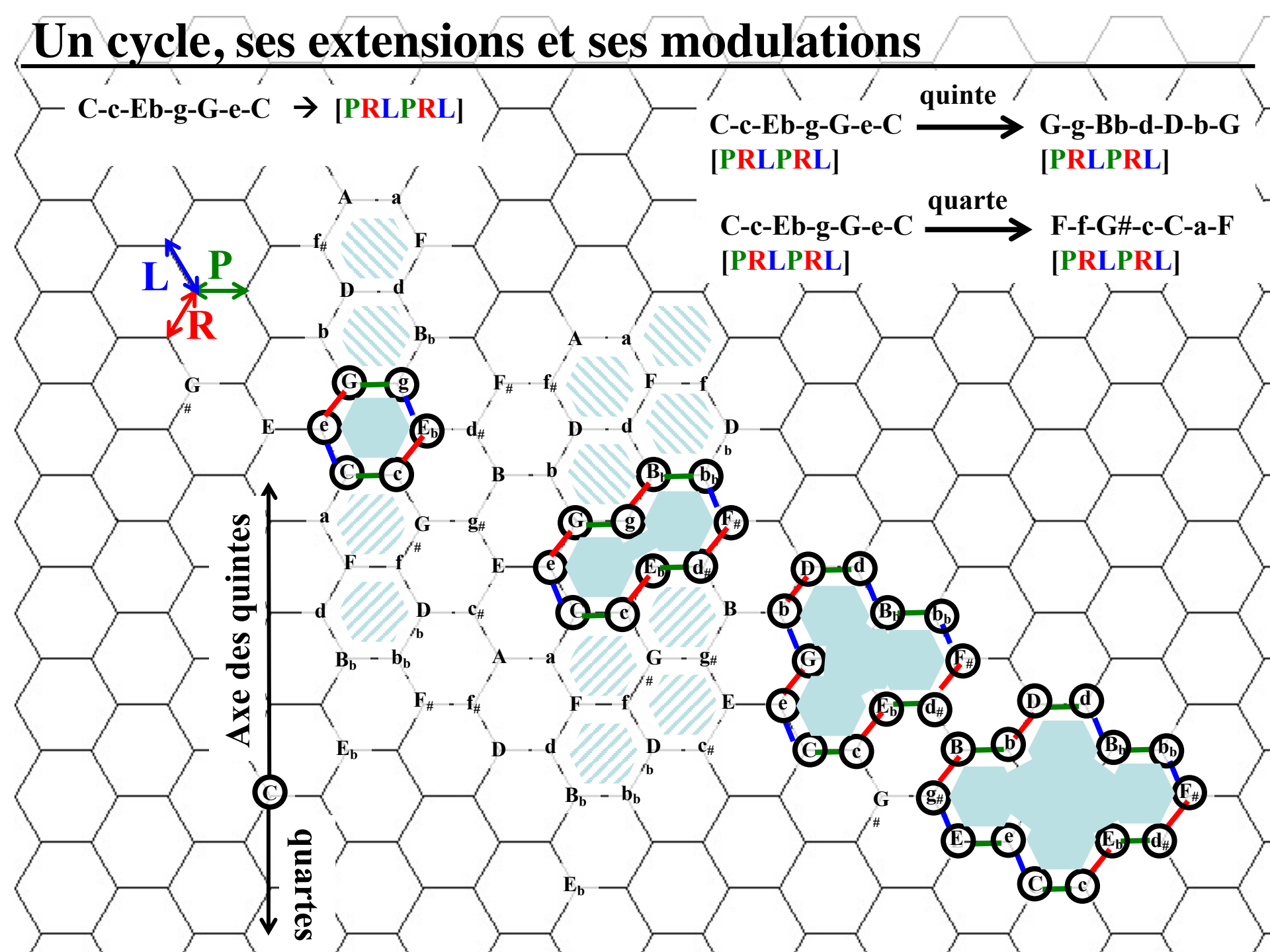


Un cycle, ses extensions et ses modulations

C-c-Eb-g-G-e-C → [PRLPRL]

C-c-Eb-g-G-e-C [PRLPRL] —quinte→ G-g-Bb-d-D-b-G [PRLPRL]

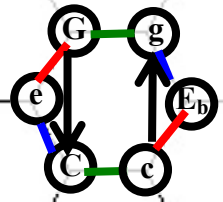
C-c-Eb-g-G-e-C [PRLPRL] —quarte→ F-f-G#-c-C-a-F [PRLPRL]

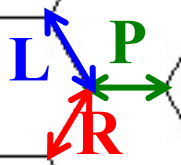


Un cycle et ses raccourcis…

C-c-E_b-g-G-e-C → [PRLPRL]

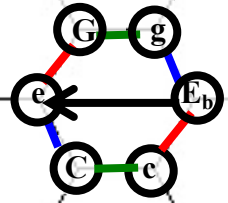
C-c-----g-G---C → [P(RL)P(RL)]

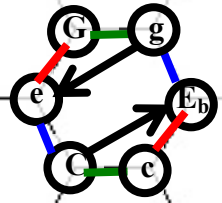




C-c-E_b-g-G-e-C → [PRLPRL]

C-c-E_b-------e-C → [PR(LPR)L]





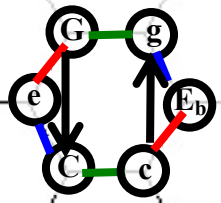
C-c-E_b-g-G-e-C → [PRLPRL]

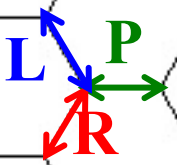
C----E_b-g----e-C → [(PR)L(PR)L]

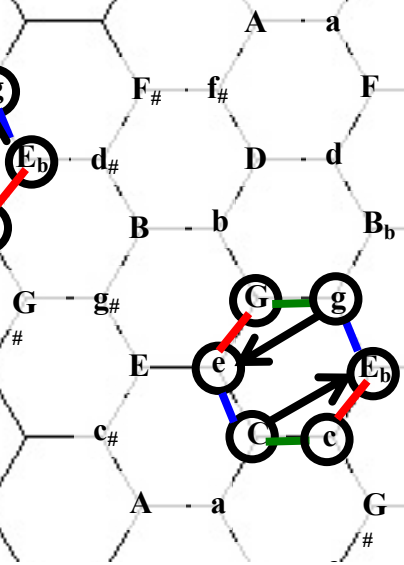
Un cycle et ses raccourcis…

C-c-E_b-g-G-e-C → [PRLPRL]

C-c-----g-G---C → [P(RL)P(RL)]

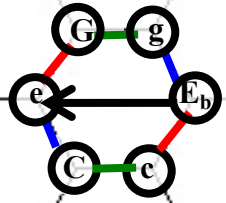






C-c-E_b-g-G-e-C → [PRLPRL]

C-c-E_b-------e-C → [PR(LPR)L]



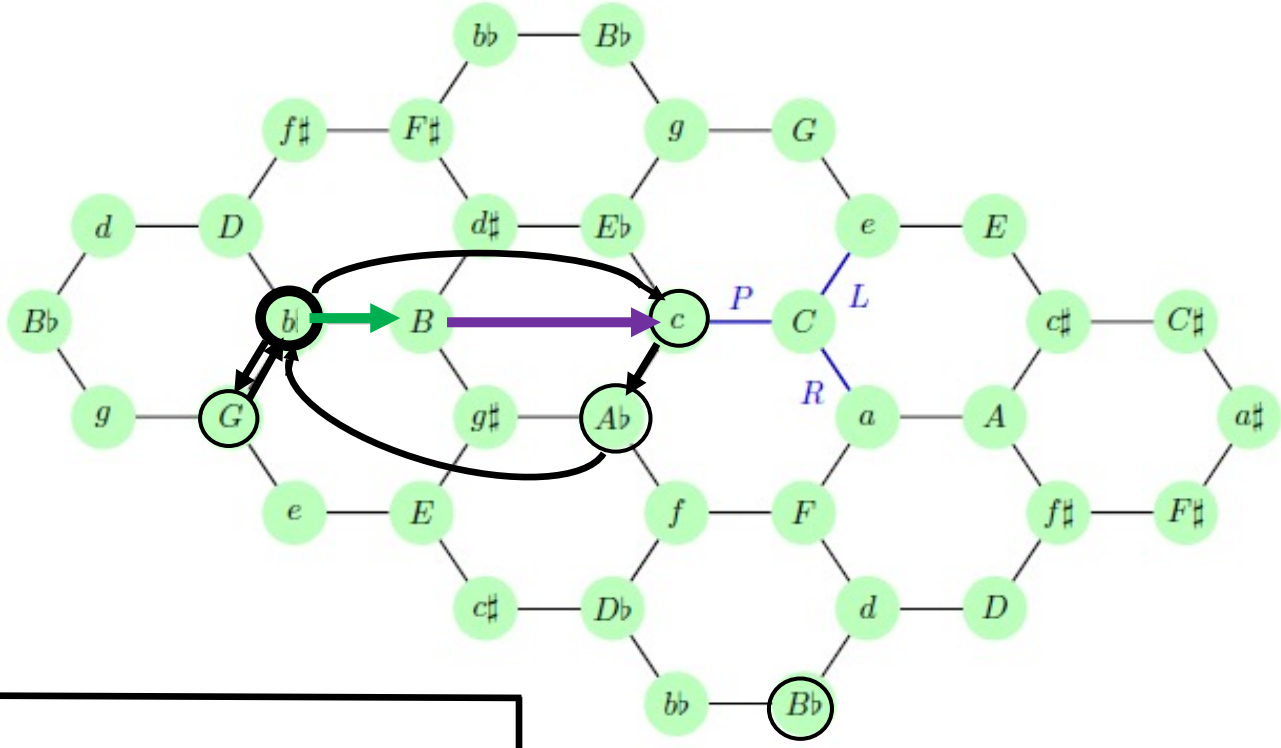
LPR = SLIDE

C-c-E_b-g-G-e-C → [PRLPRL]

C----E_b-g----e-C → [(PR)L(PR)L]

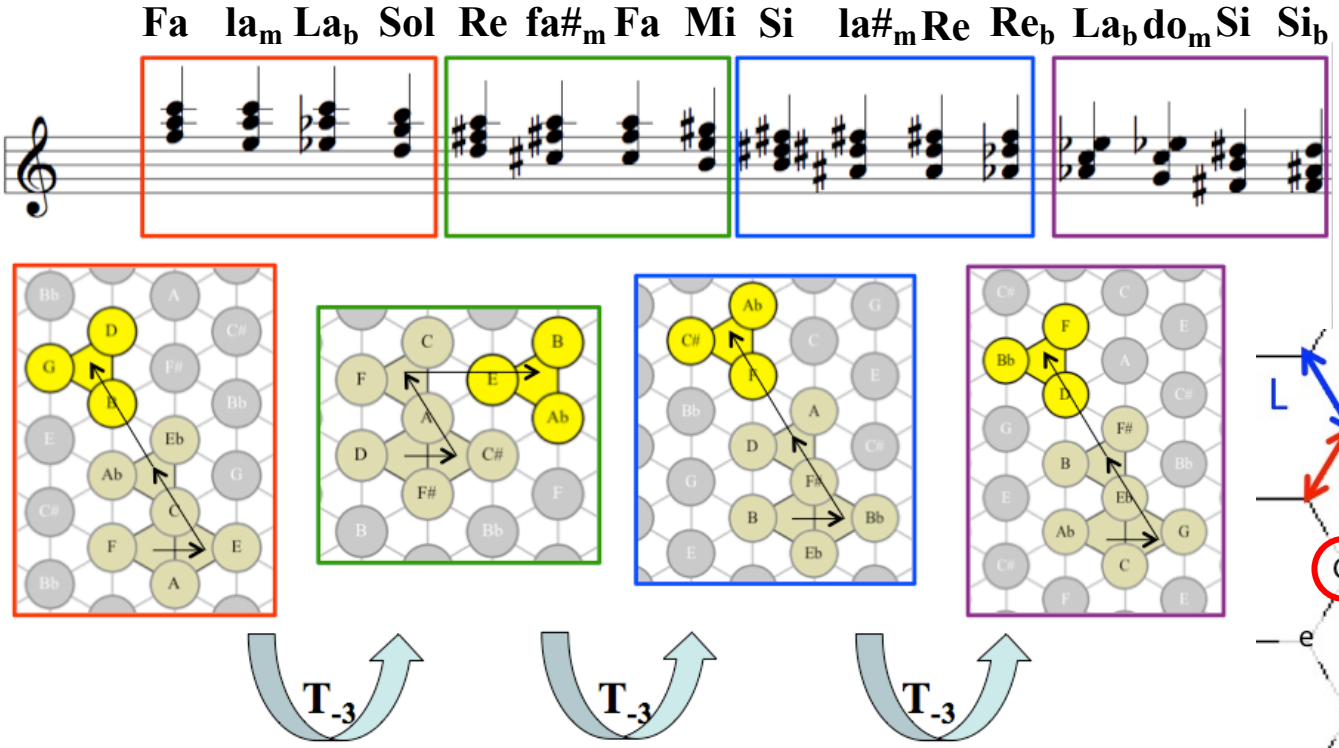
Le SLIDE chez Arthur H

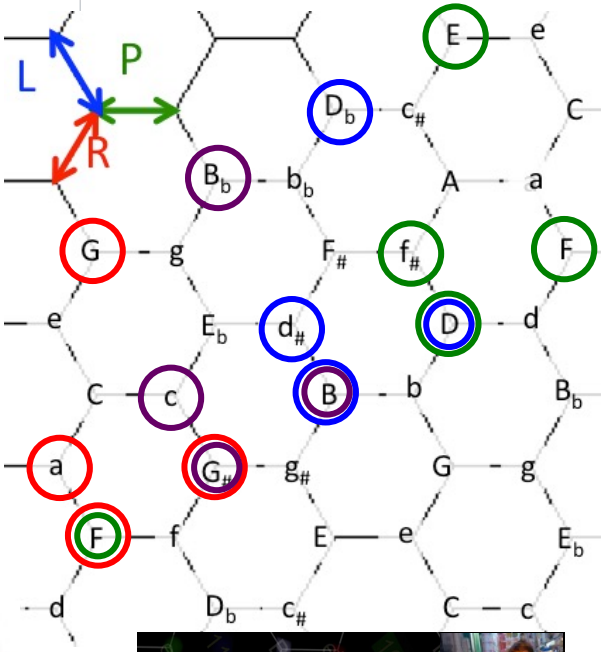
Le Baron noir
(album *Piano solo*, 2002)



Cycle 1 : Bm $\xrightarrow[PS]{PLPR}$ Cm $\xrightarrow{L}$ Ab $\xrightarrow{PRP}$ Bm $\xrightarrow{L}$ G $\xrightarrow{L}$ Bm $\xrightarrow{L}$ G $\xrightarrow{L}$ Bm

Symétries dans la musique de Frank Zappa

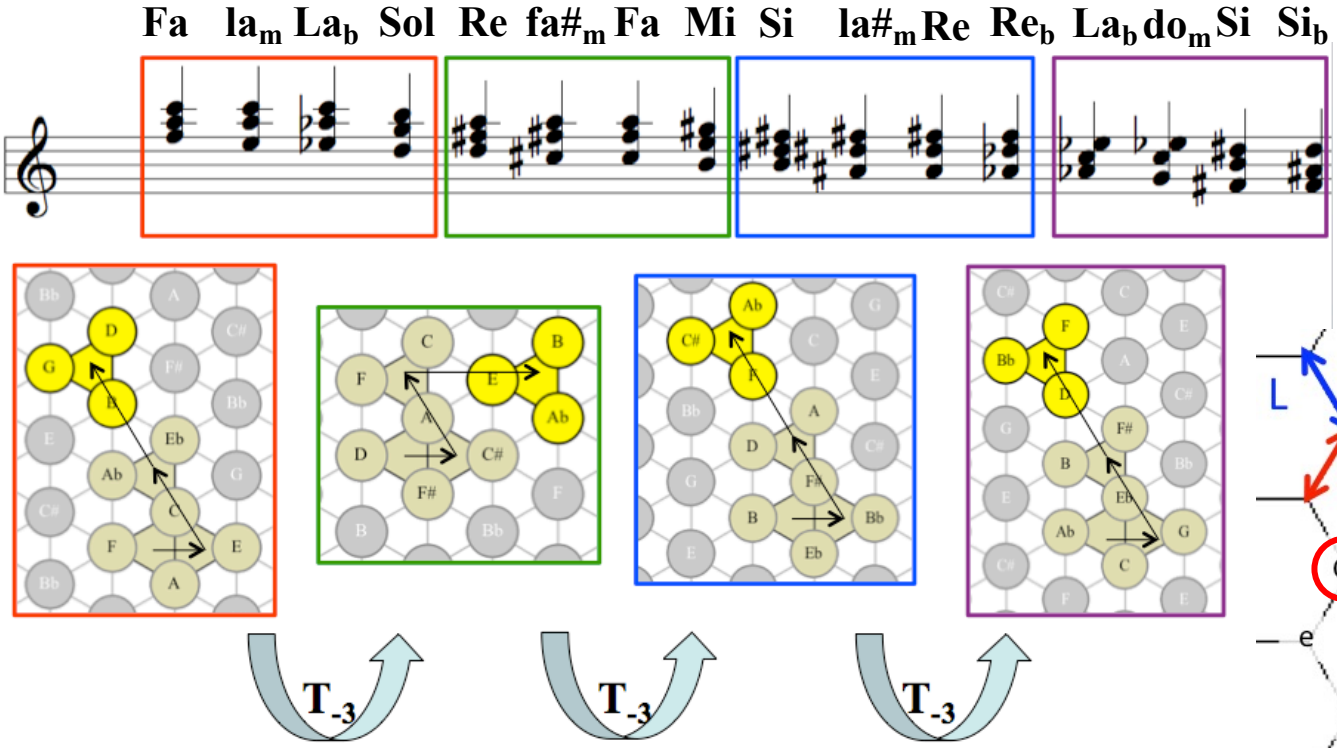


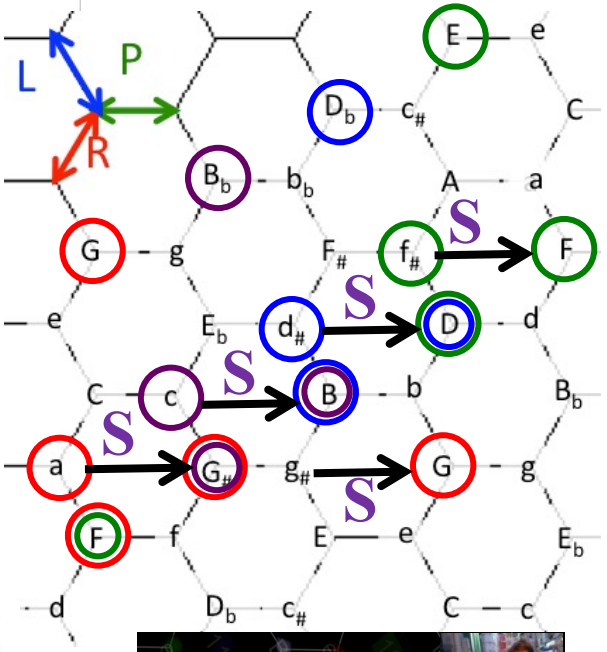


« Easy Meat » - 1981 (Frank Zappa)
min. 1'44'' – 2'39''

➔ www.mathemusic.net

Le SLIDE chez Zappa





« Easy Meat » - 1981 (Frank Zappa)
min. 1'44'' – 2'39''

➔ www.mathemusic.net

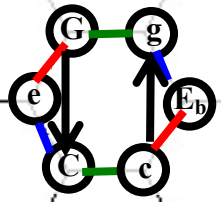
Un cycle et ses raccourcis : SLIDE et NEBENVERWANDT

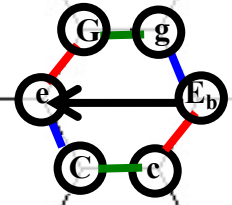
C-c-E_b-g-G-e-C → [PRLPRL]

C-c-----g-G---C → [P(RL)P(RL)]

C-c-E_b-g-G-e-C → [PRLPRL]

C-c-E_b-------e-C → [PR(LPR)L]



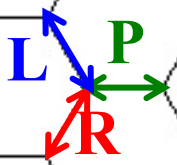


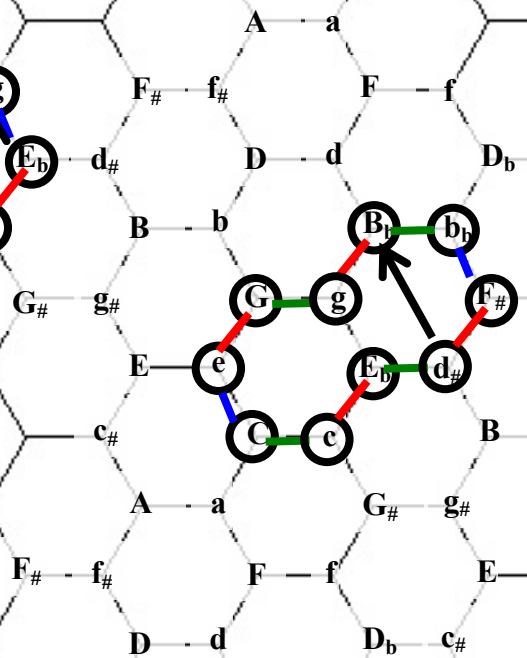
LPR = SLIDE

C-c-Eb-d#-F#-b_b-B_b-g-G-e-C

C---Eb-d#----------B_b-g----e-C

RLP = NEBENVERWANDT

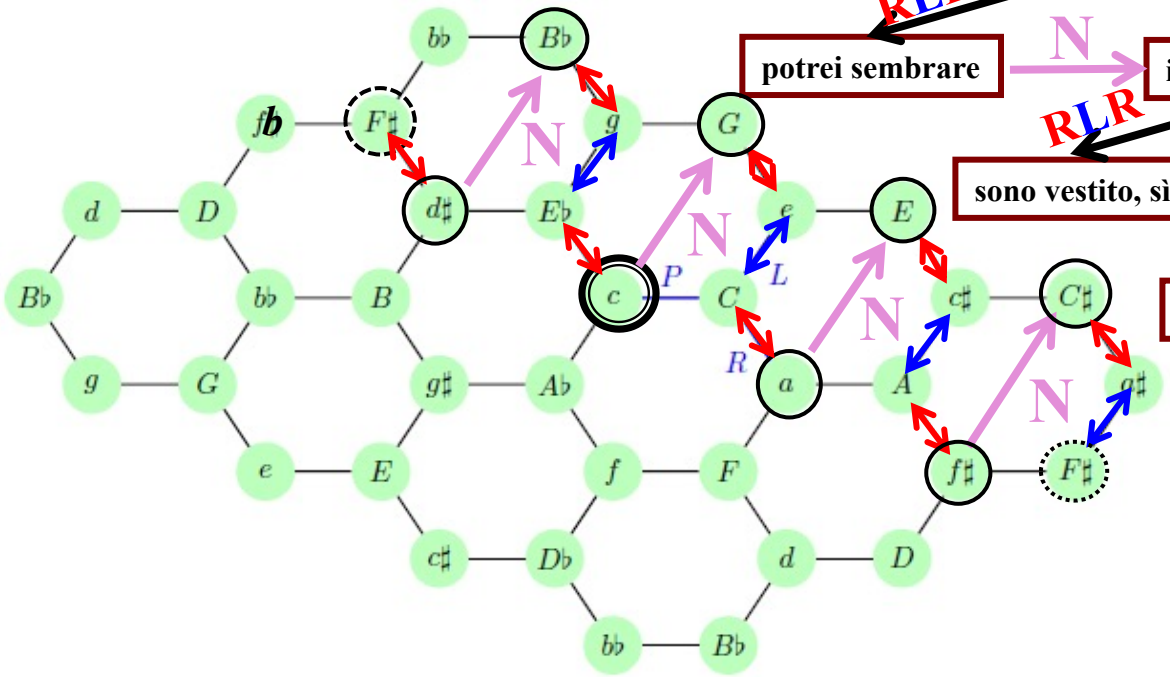




Les zig-zag du *Nebenverwandt* chez Paolo Conte

IL REGNO DEL TANGO (Paolo Conte)

Non son neanche del —N→ paese
—RLR→ ho una valigia di —N→ carton
—RLR→ sono vestito, sì —N→ in borghese,
—RLR→ ma dentro c'è —N→ il bandoneon...
—RLR→ potrei sembrare —N→ in borghese,
—RLR→ sono vestito, sì —N→ un ragioniere,
—RLR→ anche un geometra —N→ potrei,
—RLR→ ma un tango sento io —N→ gridare
—RLR→ in fondo ai sentimenti —N→ miei

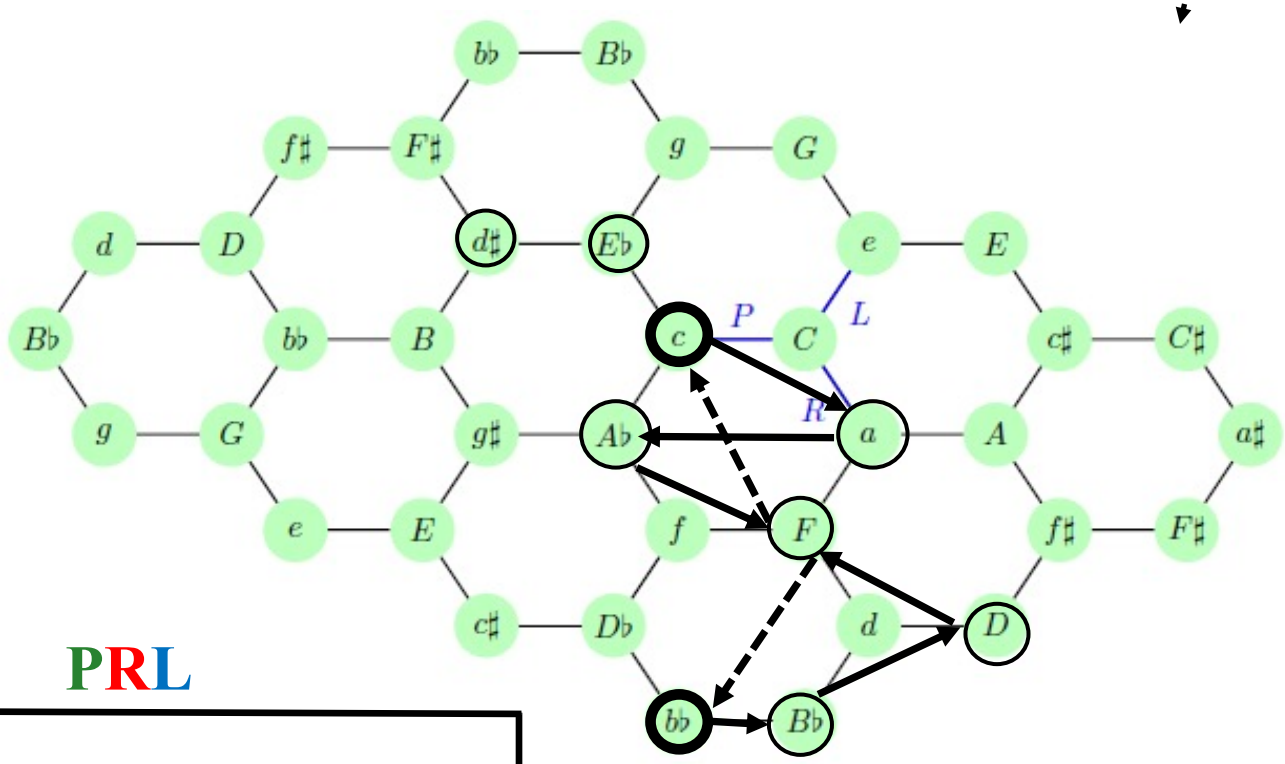


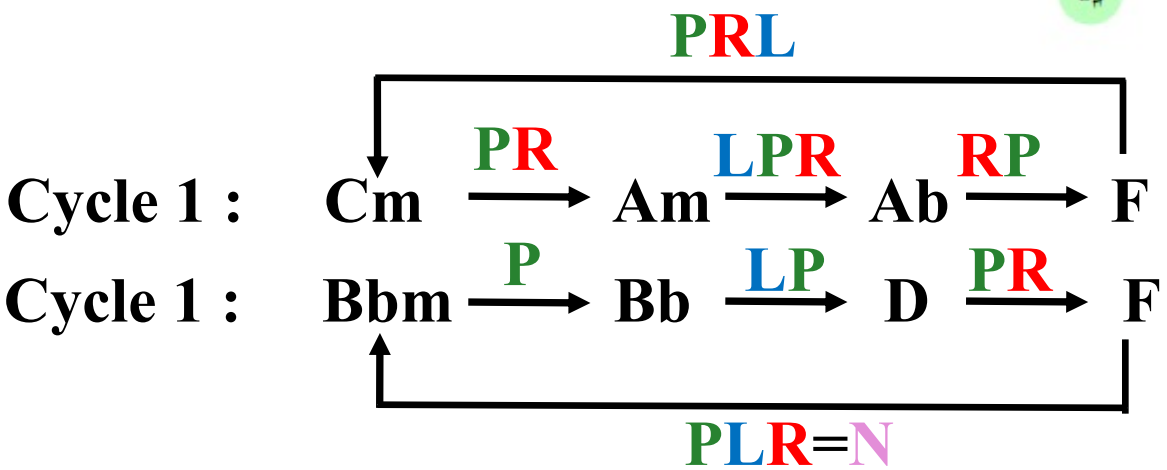
Le mouvement horizontal de l'harmonie

➔ **www.mathemusic.net**

Parcours harmoniques chez Arthur H

Les Parures Secrètes
(album *Pour Madame X*, 2000)



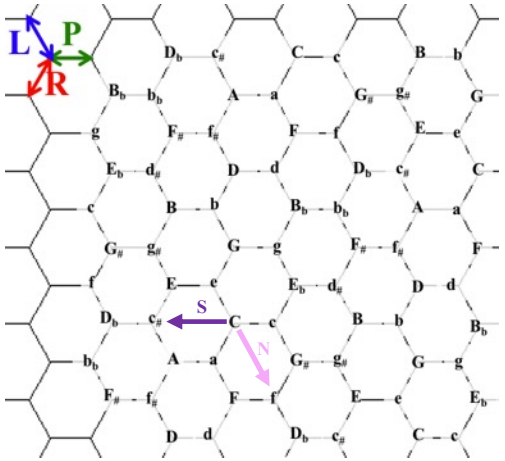


LPR = SLIDE

RLP = NEBENVERWANDT

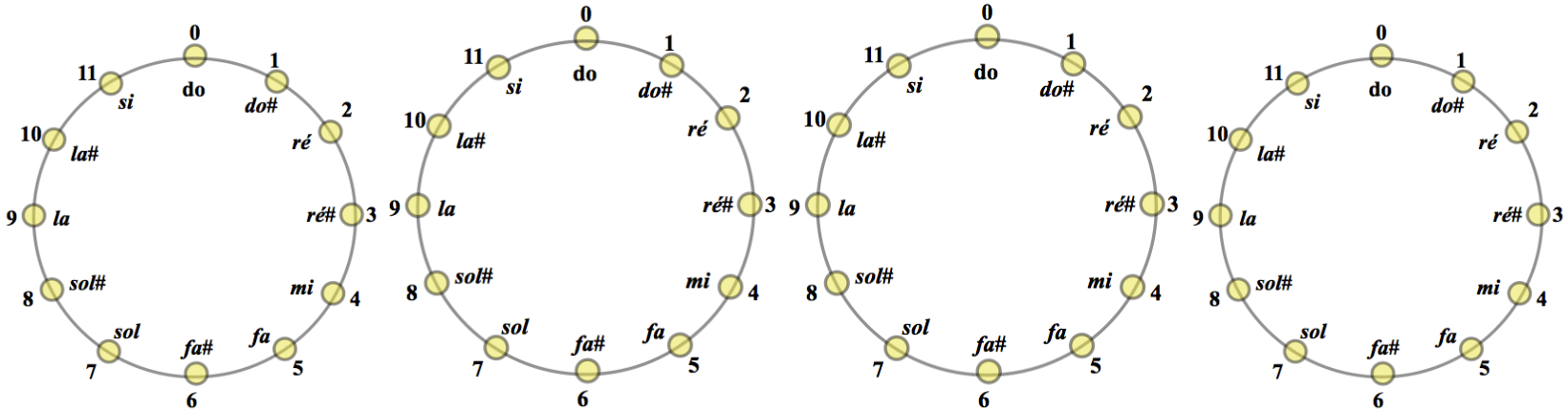
Partiel n. 1

(12 février 2019)



Calculer les transformations suivantes et dire à quoi elles correspondent musicalement en les représentant également à l'aide des représentations circulaires en Fig. 3 :

- R(E)= ..... [1 pt.]
- P(f) =..... [1 pt.]
- S(E) = ... [1 pt.]
- N(E) = ... [1 pt.]



LPR = SLIDE

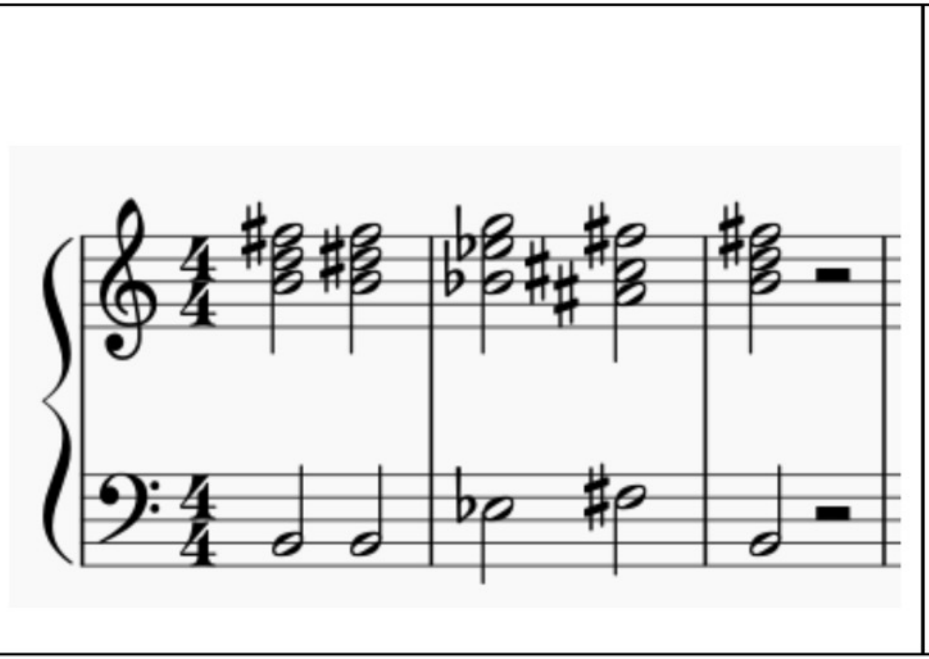
RLP = NEBENVERWANDT

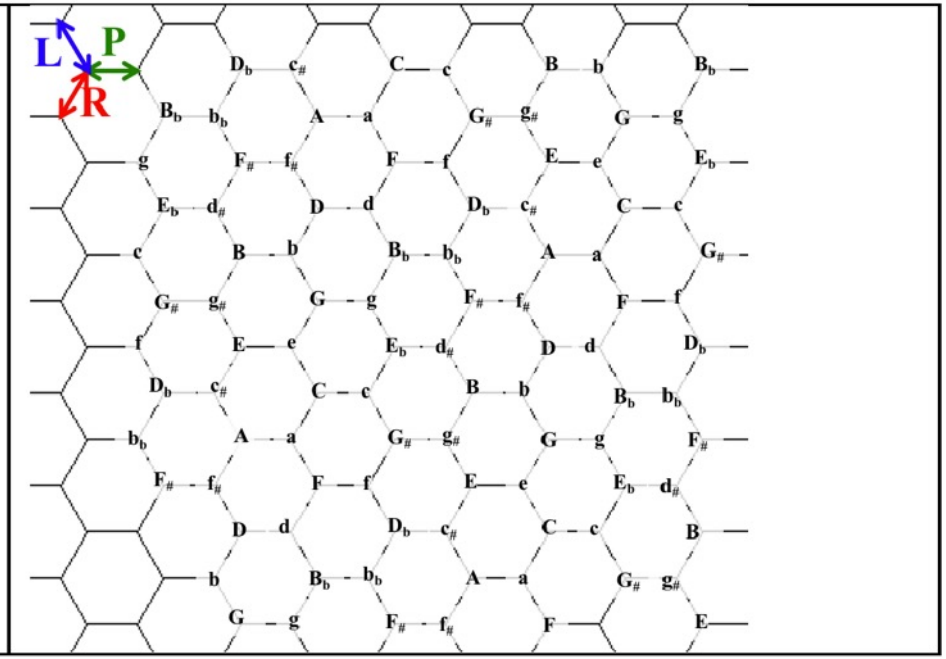
Partiel n. 1

12 février 2019

Analyse d'un court extrait de partition [8pt].

On vous propose d'analyser une des deux progressions harmoniques à la base de la chanson "Les Parures Secrètes" d'Arthur H (album *Pour Madame X*, 2000). La progression est donnée en notation musicale en Fig. 4 (partie gauche). Représenter la progression harmonique comme une trajectoire spatiale dans le *Tonnetz* des accords majeurs et mineurs en Fig 4 (à droite).

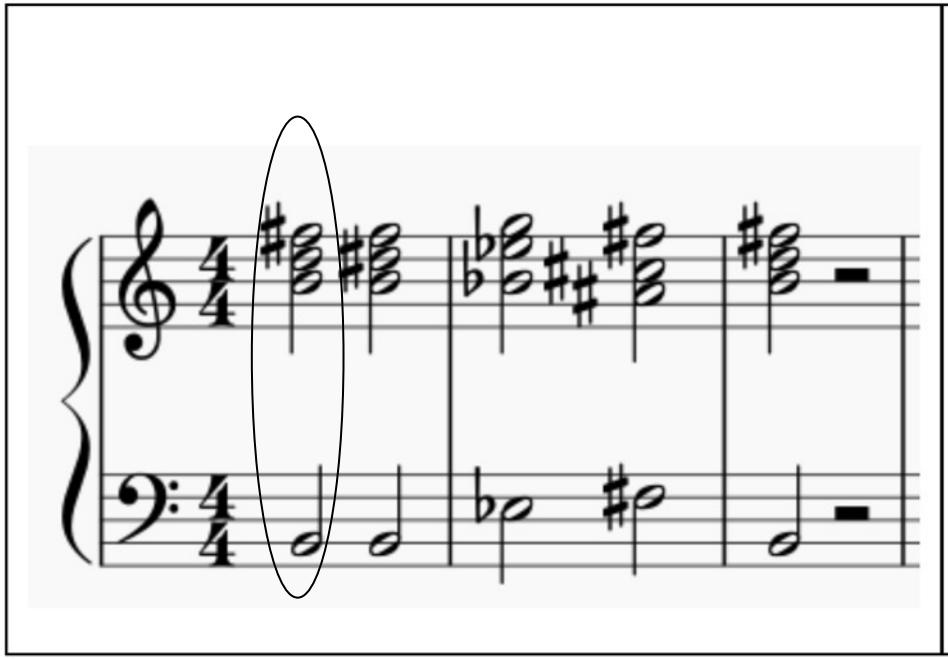


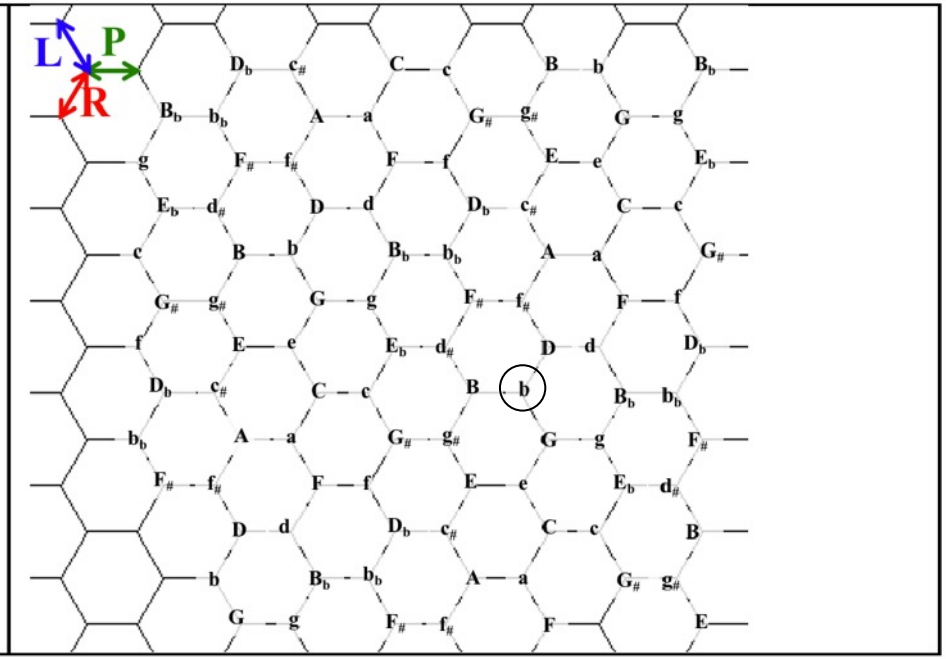


Les Parures Secrètes
(album *Pour Madame X*, 2000)

Analyse d'un court extrait de partition [8pt].

On vous propose d'analyser une des deux progressions harmoniques à la base de la chanson "Les Parures Secrètes" d'Arthur H (album *Pour Madame X*, 2000). La progression est donnée en notation musicale en Fig. 4 (partie gauche). Représenter la progression harmonique comme une trajectoire spatiale dans le *Tonnetz* des accords majeurs et mineurs en Fig 4 (à droite).

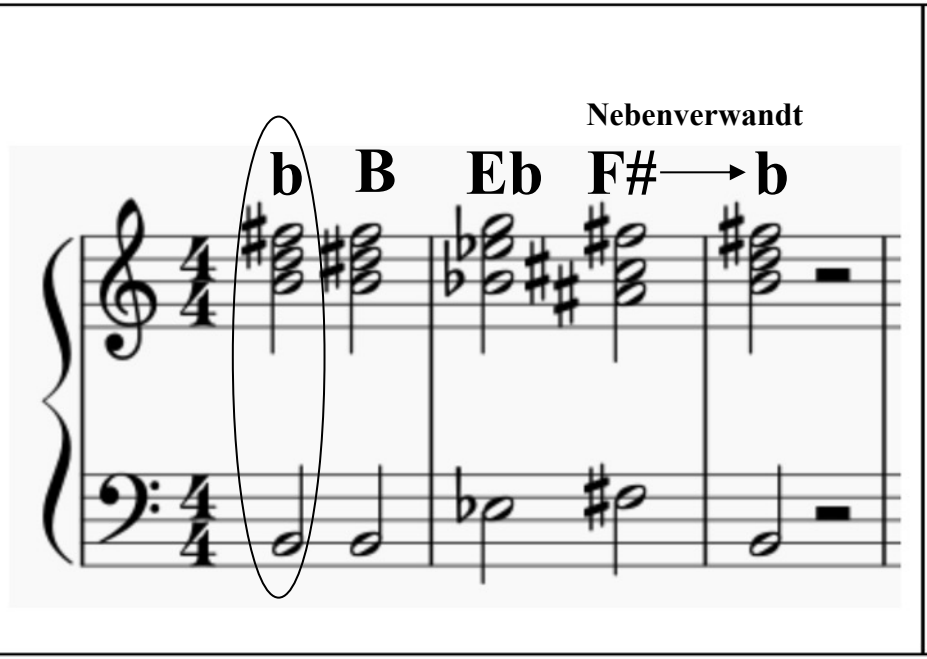


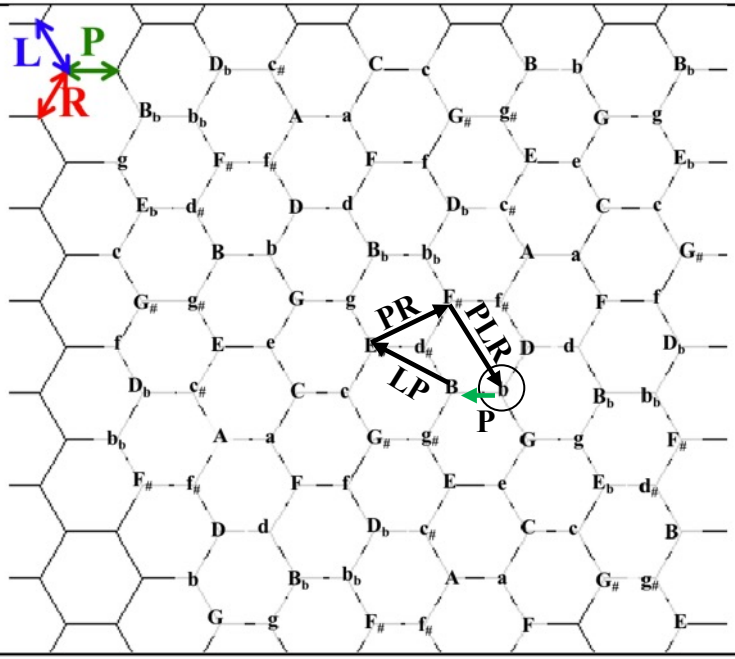


Les Parures Secrètes
(album *Pour Madame X*, 2000)

Analyse d'un court extrait de partition [8pt].

On vous propose d'analyser une des deux progressions harmoniques à la base de la chanson "Les Parures Secrètes" d'Arthur H (album *Pour Madame X*, 2000). La progression est donnée en notation musicale en Fig. 4 (partie gauche). Représenter la progression harmonique comme une trajectoire spatiale dans le *Tonnetz* des accords majeurs et mineurs en Fig 4 (à droite).





PARTIELS

Rappelons que les notes d'une octave sont indiquées avec les nombres entre 0 (= *do*) et 11 (= *si*) tandis que les accords sont indiqués avec la notation anglo-saxonne, à savoir C pour l'accord de *do* majeur, C# pour l'accord de *do#* majeur etc. jusqu'à B pour celui de *si* majeur (respectivement c ou Cm pour l'accord de *do* mineur, c# ou C#m pour l'accord de *do#* mineur et ainsi de suite).

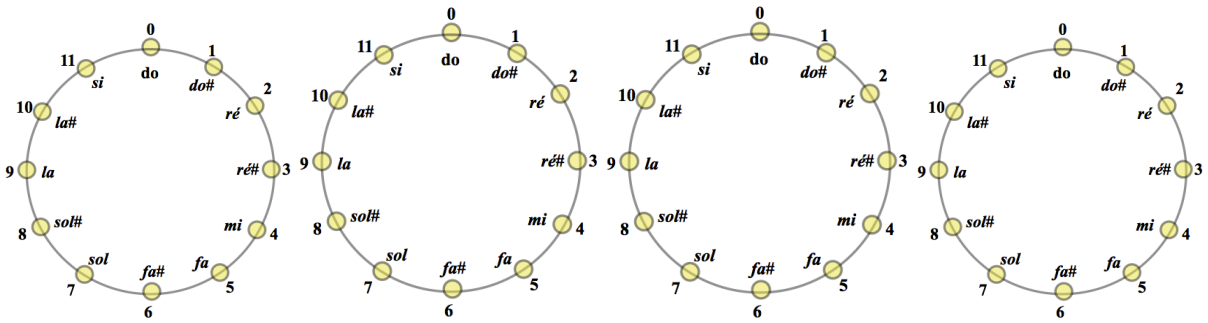
1.1) Première opération de base : la transposition

Rappelons que *transposer* une note x de k demi-tons correspond à appliquer la transformation T_k à la note x en lui additionnant la valeur k et en réduisant le résultat "modulo 12" (c'est-à-dire à l'intérieur d'une octave). Par exemple la transposition à la tierce majeure d'une note x correspond à la transformation $T_4(x)=x+4$. En prenant à la place de x la note *ré* on obtient ainsi $T_4(2)=2+4=6$, ce qui signifie qu'en transposant d'une tierce majeure la note *ré* on obtient la note *fa#*. Rappelons également qu'étant donné un accord $X=\{x, y, z\}$, le transposer de k demi-tons correspond à transposer de k demi-tons chaque note de l'accord. Par exemple, dans le cas de l'accord D de *ré* majeur, on obtient que sa transposition à la tierce majeure correspond à F#, à savoir à l'accord de *fa#* majeur. En effet :

$$T_4(D)= T_4(\{2,6,9\})=\{2+4,6+4,9+4\}=\{6,10,13\} \text{ modulo } 12=\{6,10,1\}=\{1,6,10\}=F\#.$$

Calculer les transformations suivantes et dire à quoi elles correspondent musicalement en les représentant également à l'aide des représentations circulaires en Fig. 1 :

- $T_3(G)=T_3(\{__,__,__\})=$.....
- $T_4(G)=T_4(\{__,__,__\})=$.....



1.2) Une deuxième opération de base : l'inversion

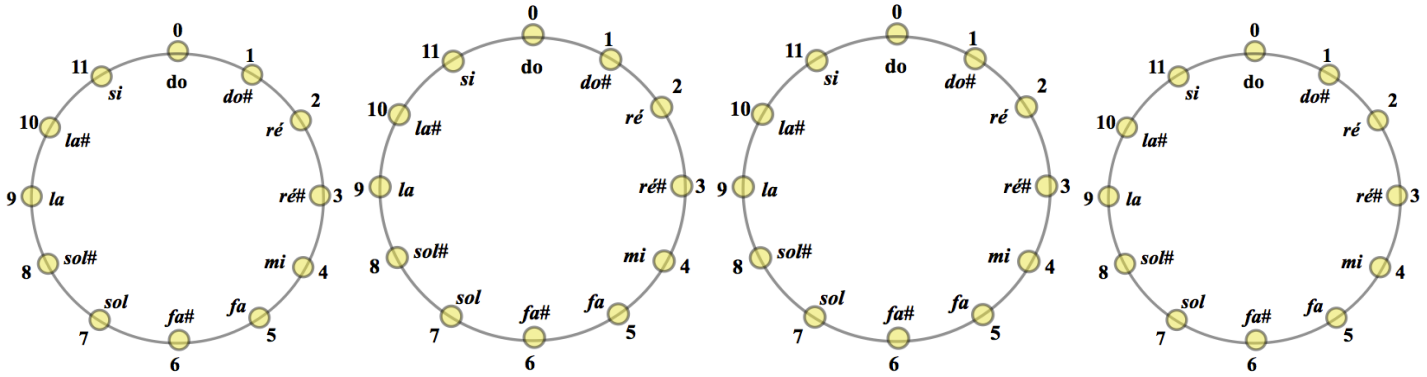
Rappelons qu'*inverser* une note x par rapport à l'axe de symétrie I_k correspond à transformer la note x en $-x$ et ensuite la transposer de k demi-tons, toujours en réduisant le résultat "modulo 12" (c'est-à-dire à l'intérieur d'une octave). Cela correspond à la transformation $I_k(x)=k-x$. Par exemple l'inversion I_1 de la note *do* correspond à la note *do#* car en appliquant la formule précédente $I_1(x)=1-x$ en correspondance de la note $x=0$ on obtient $I_1(0)=1-0=1$. En particulier, pour $k=0$ on retrouve l'inversion par rapport au diamètre principal passant les notes *do* et *fa#* et le fait que $I_0(0)=0$ et que $I_0(6)= -6 = 6$ signifie précisément que cette symétrie axiale ne change pas les deux notes *do* et *fa#*. Cette définition de symétrie, indiquée en général avec la notation I_k, se généralise au cas d'un accord $X=\{x, y, z\}$ en transformant chaque note de l'accord via la même inversion I_k. Par exemple, en prenant l'accord d de *ré* majeur, on obtient :

$$I_1(d)= I_1(\{2,5,9\})=\{1-2,1-5,1-9\}=\{-1,-4,-8\} \text{ modulo } 12 = \{11,8,4\}=\{4,8,11\}=E$$

ce qui signifie que l'accord de *ré* mineur est inversé dans l'accord de *mi* majeur via l'inversion I_1.

Calculer les transformations suivantes et dire à quoi elles correspondent musicalement en les représentant également à l'aide des représentations circulaires en Fig. 2 :

- $I_3(G)= I_3(\{__,__,__\})=$.....
- $I_4(G)= I_4(\{__,__,__\})=$.....



1.3) Les trois transformations néo-riemanniennes R, P, L et leur composition

Rappelons que les trois transformations néo-riemanniennes R (comme "relatif"), P (comme "parallèle") et L (comme "*leading tone*") sont les trois symétries principales du Tonnetz. Elles s'appliquent uniquement à des accords majeurs ou à des accords mineurs et sont définies de la façon suivante :

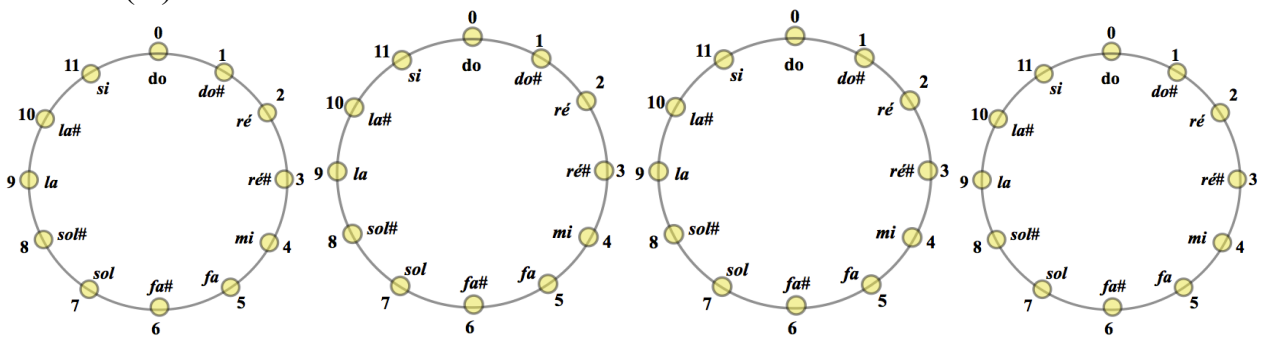
R(C)=a P(C)=c L(C)=e

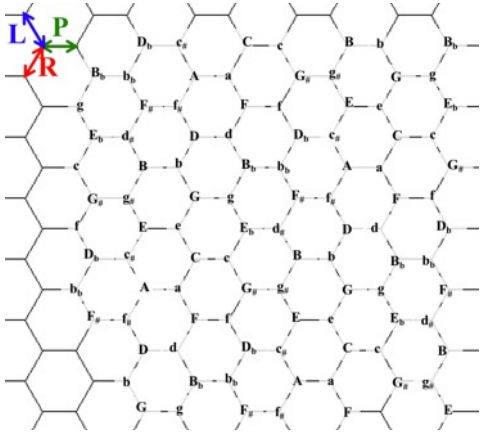
ce qui signifie que l'accord de *do majeur* est transformé respectivement en *la mineur (*via le relatif R), en *do mineur* (via le parallèle P) et en *mi mineur* (via l'opérateur de sensible ou leading-tone L).

Ces opérateurs se composent entre eux en donnant lieu à d'autres transformations musicales, telles le SLIDE (indiqué par S), le *Nebenverwandt* (indiqué par N) ou d'autres qui n'ont pas encore obtenu une appellation officielle. C'est le cas, par exemple, de la transformation PRL qui applique à un accord donné tout d'abord l'opération P, ensuite R et finalement L. Par exemple l'accord de C est transformé en Cm via l'application P, ensuite l'accord de Cm est transformé en E_b via l'application R et, finalement, le E_b est transformé en Gm via l'application L. On écrira donc PRL(C)=g.

Calculer les transformations suivantes et dire à quoi elles correspondent musicalement en les représentant également à l'aide des représentations circulaires en Fig. 3 :

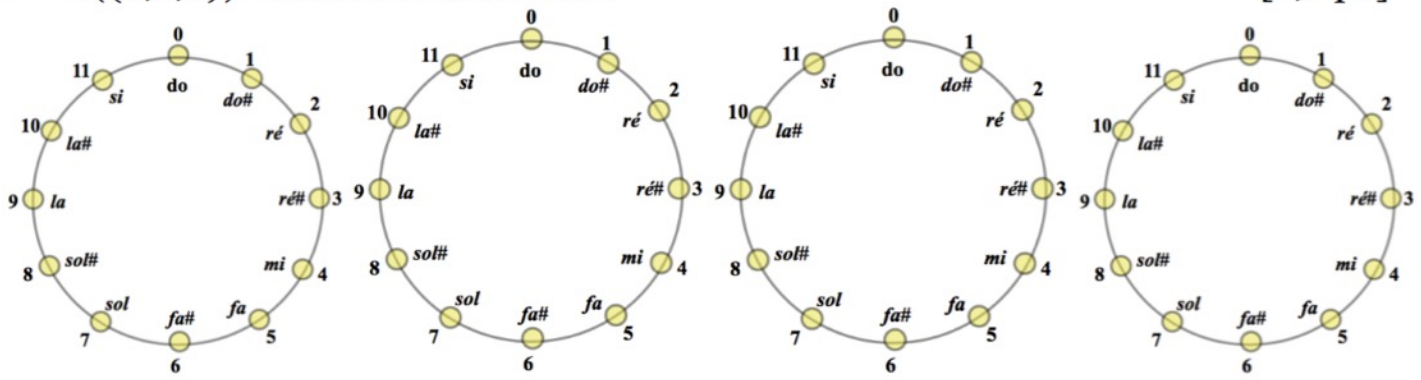
- R(G)= .....
- P(G) =.....
- L(G) = ...
- PRL(G) = ...

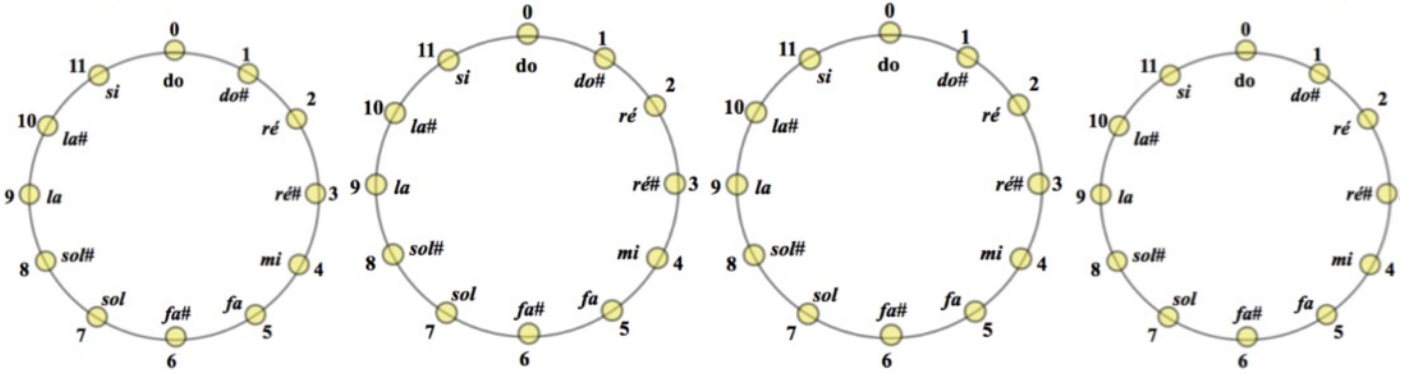
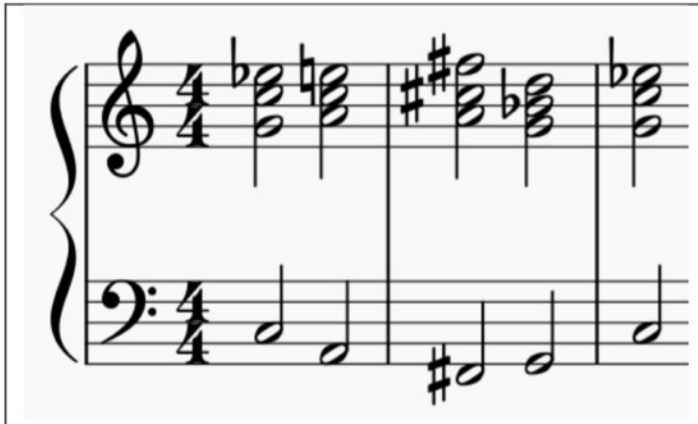
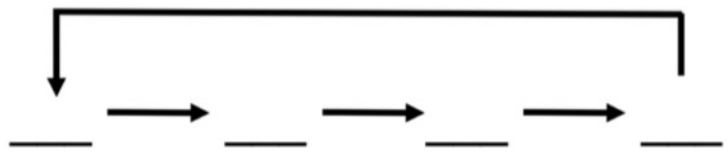
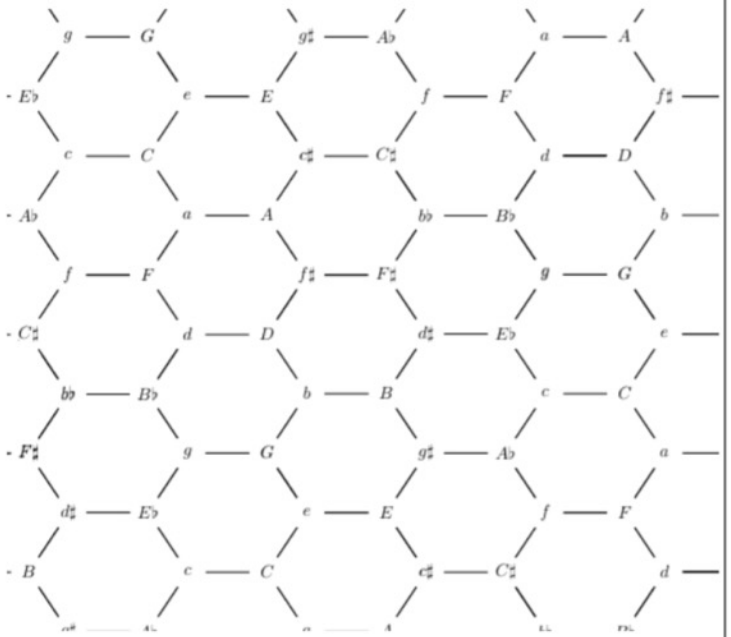
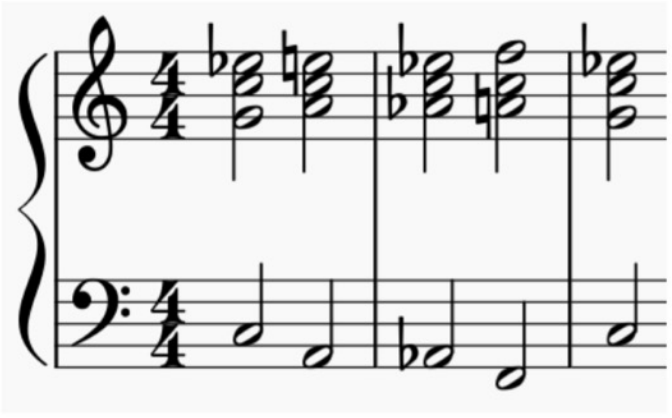
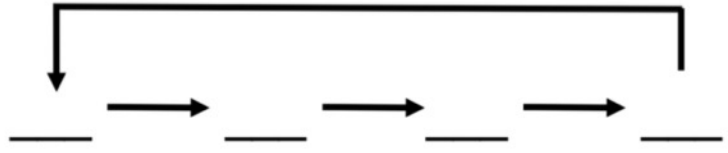
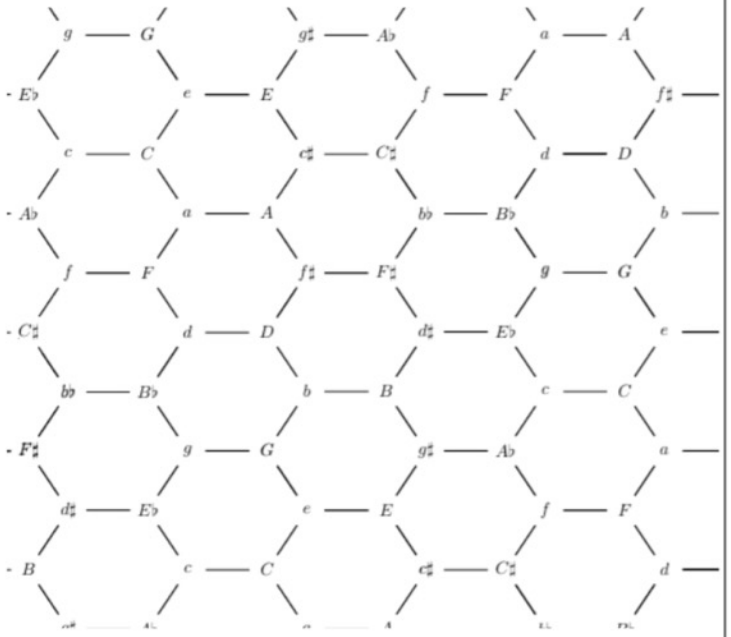




1.) Premières opérations de base : la transposition et l'inversion [6pt] **PARTIELS**

- $T_9(\{0,3,7\})$=..... [1,5 pt.]
- $T_1(\{1,6,9\})$=..... [1,5 pt.]
- $I_9(\{0,4,9\})$=..... [1,5 pt.]
- $I_0(\{0,5,9\})$=..... [1,5 pt.]



2.) Les trois transformations néo-riemanniennes R, P, L et leur composition [6pt]

- PR(c)= ..... [1,5 pt.]
- S(a) =..... [1,5 pt.]
- L(a) = ... [1,5 pt.]
- RP(Ab) = ... [1,5 pt.]