



The tainted math of music

ou : la musique peut-elle se dissoudre dans les mathématiques ?

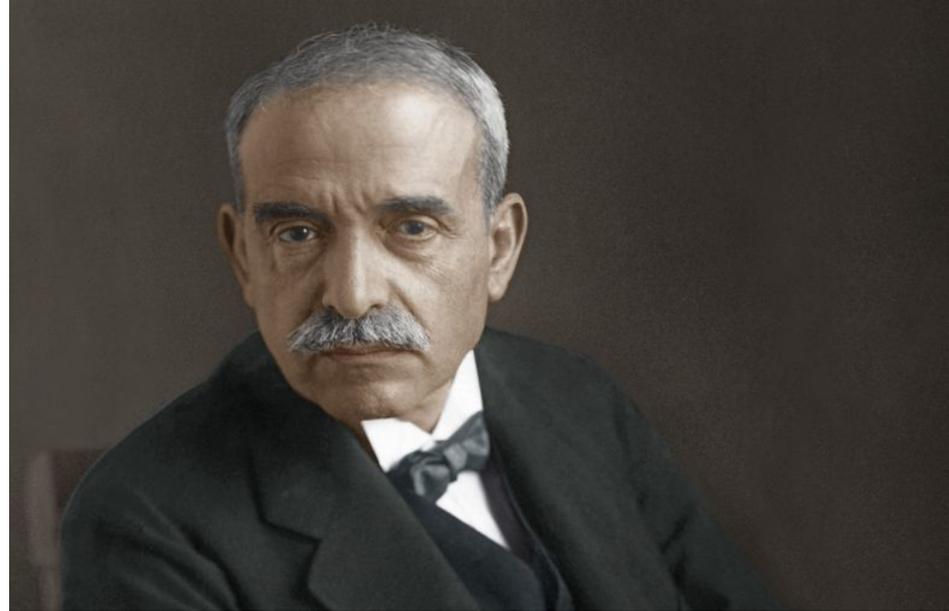
Jean-Louis Giavitto

Est-ce que la musique se dissout dans ~~les mathématiques~~ ? l'informatique

(deux exemples et une proposition)

- penser et représenter l'architecture d'un morceau de musique (Sasha Blondeau)
- comment partager le temps musical entre un musicien et une machine (Antescofo)
- le formalisme comme heuristique et la rigueur comme processus (plutôt que comme un résultat)

Aby Warburg : l'atlas mnemosyne



Aby Warburg : l'atlas mnemosyne



Un problème d'analogie

Etant donné A, B et C,

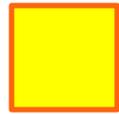
Trouver D qui est à C ce que B est à A

A	B
C	?

Exemple numérique

3	6
7	?

Exemple géométrique

	 
	?

Complexe simplicial abstrait

simplexe abstrait

$\{a\}$

$\{a,b\}$

$\{a,b,c\}$

$\{a,b,c,d\}$

...

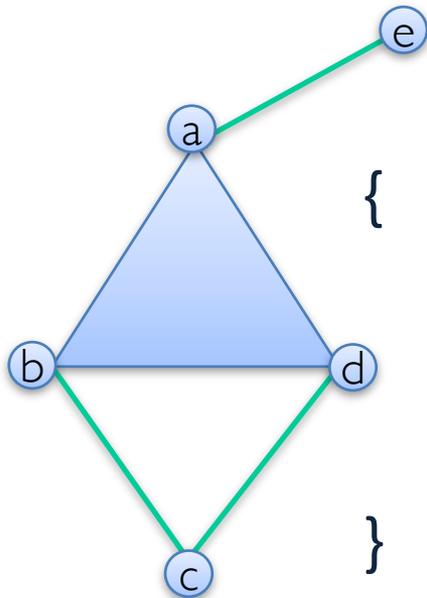
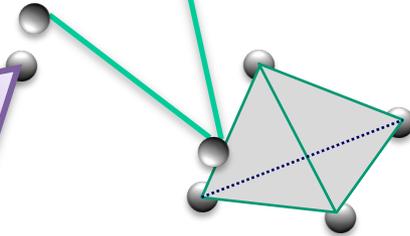
point

arête

face

volume

simplexe euclidien



$\{a\}, \{b\}, \{c\}, \{d\}, \{e\},$
 $\{a,b\}, \{b,c\}, \{b,d\}, \{a,d\}, \{a,e\}, \{c,d\},$
 $\{a,b,d\}$

simplexe de dim 0

simplexe de dim 1

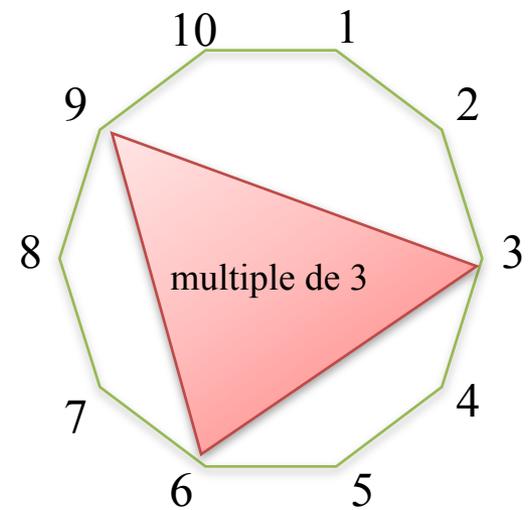
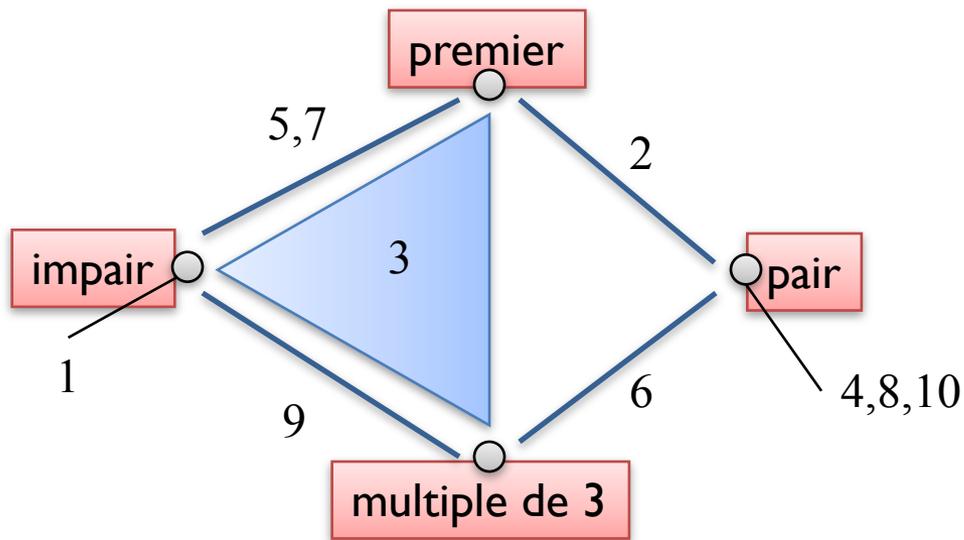
simplexe de dim 2

Représentation d'un ensemble de prédicats

$\lambda \subset \text{Objets} \times \text{Predicats} : (o,p) \in \lambda \Leftrightarrow p(o)$

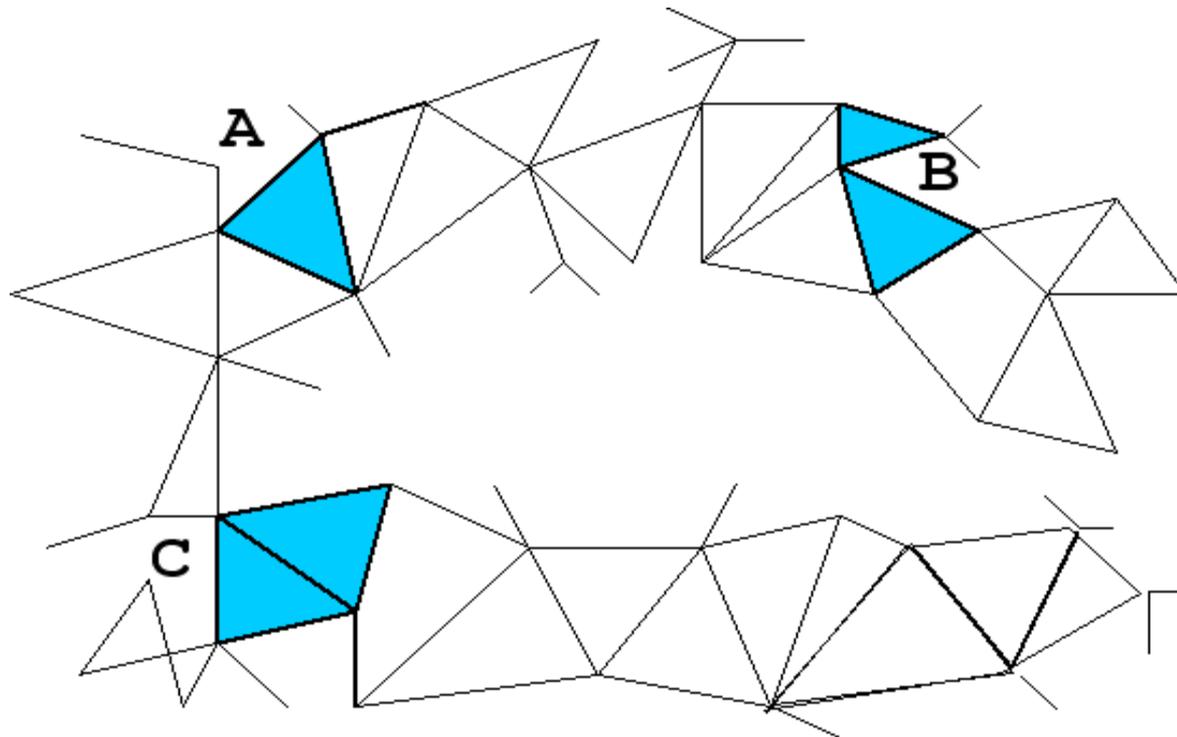
Objets = {1, 2, 3, ..., 10}

Predicats = {premier, pair, impair, multiple-de-3}



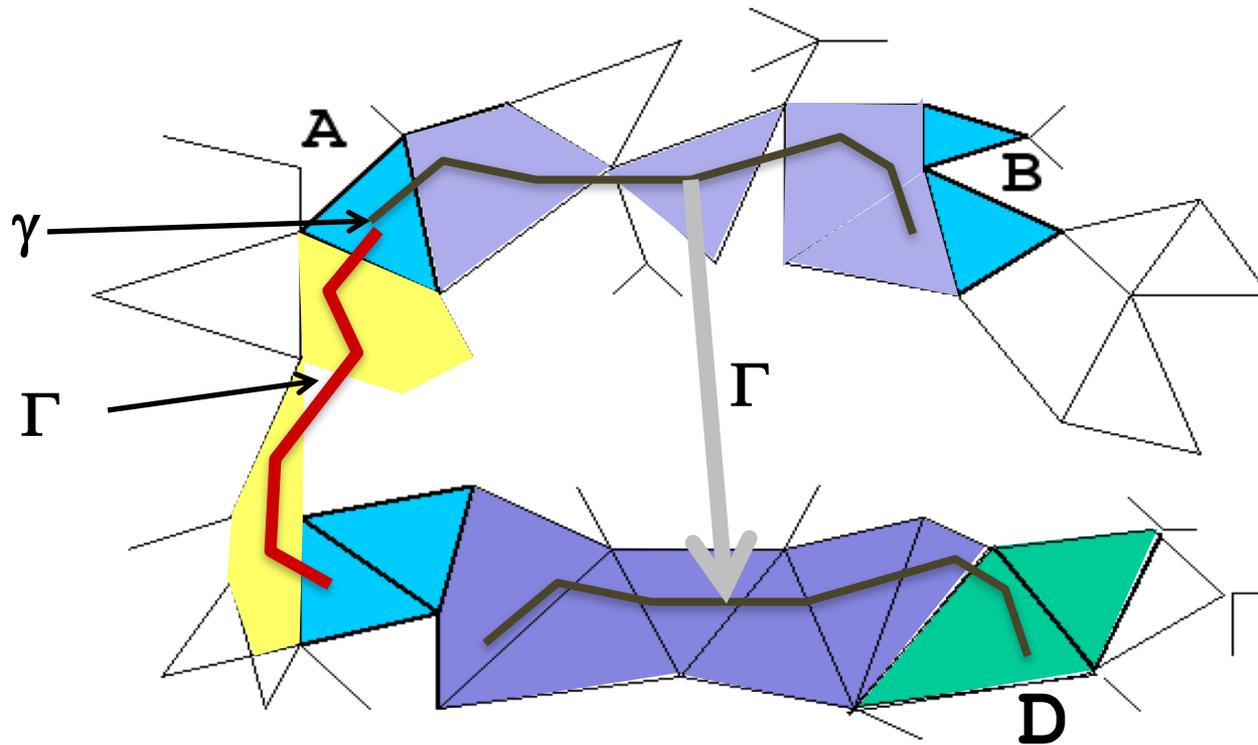
Une méthode de résolution d'analogie

1. Représenter chaque figure comme une région de l'*espace des propriétés des figures*
2. Trouver un *chemin* γ entre la région A et la région B
3. Généraliser ce chemin en l'interprétant comme une *transformation* Γ de l'*espace (i.e. de propriétés)* via le chemin de A à C
4. Appliquer Γ à γ pour trouver D

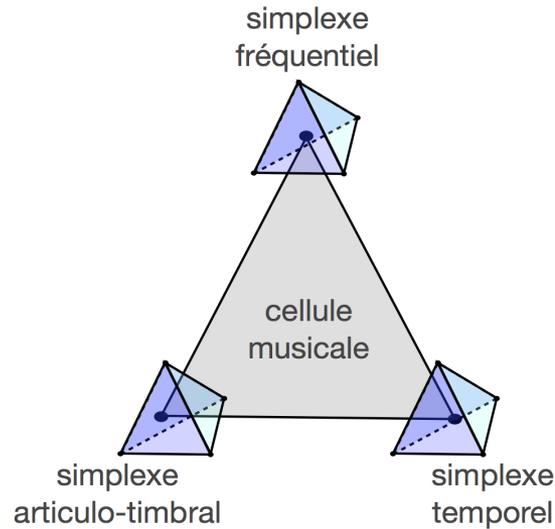


Une méthode de résolution d'analogie

1. Représenter chaque figure comme une région de l'*espace des propriétés des figures*
2. Trouver un *chemin* γ entre la région A et la région B
3. Généraliser ce chemin en l'interprétant comme une *transformation* Γ de l'*espace (i.e. de propriétés)* via le chemin de A à C
4. Appliquer Γ à γ pour trouver D



Sasha Blondeau : Espaces Compositionels



- **Simplexe fréquentiel (f) :**

- matrice d'intervalles
- niveau de polarisation
- profil
- ambitus

- **Simplexe d'attraction (a) :**

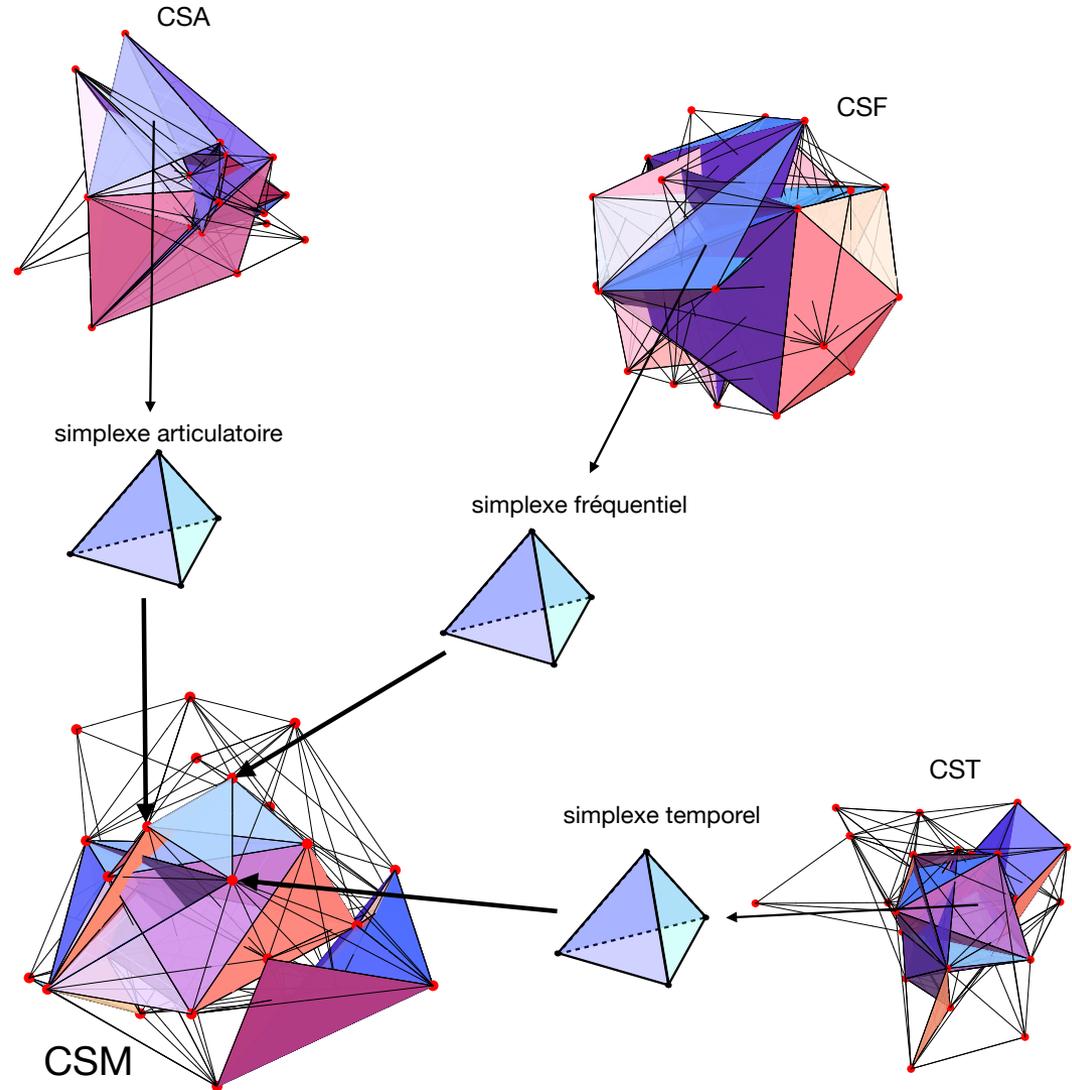
- symétrie harmonique
- symétrie rythmique
- tension timbrique
- directivité

- **Simplexe rythmique (r) :**

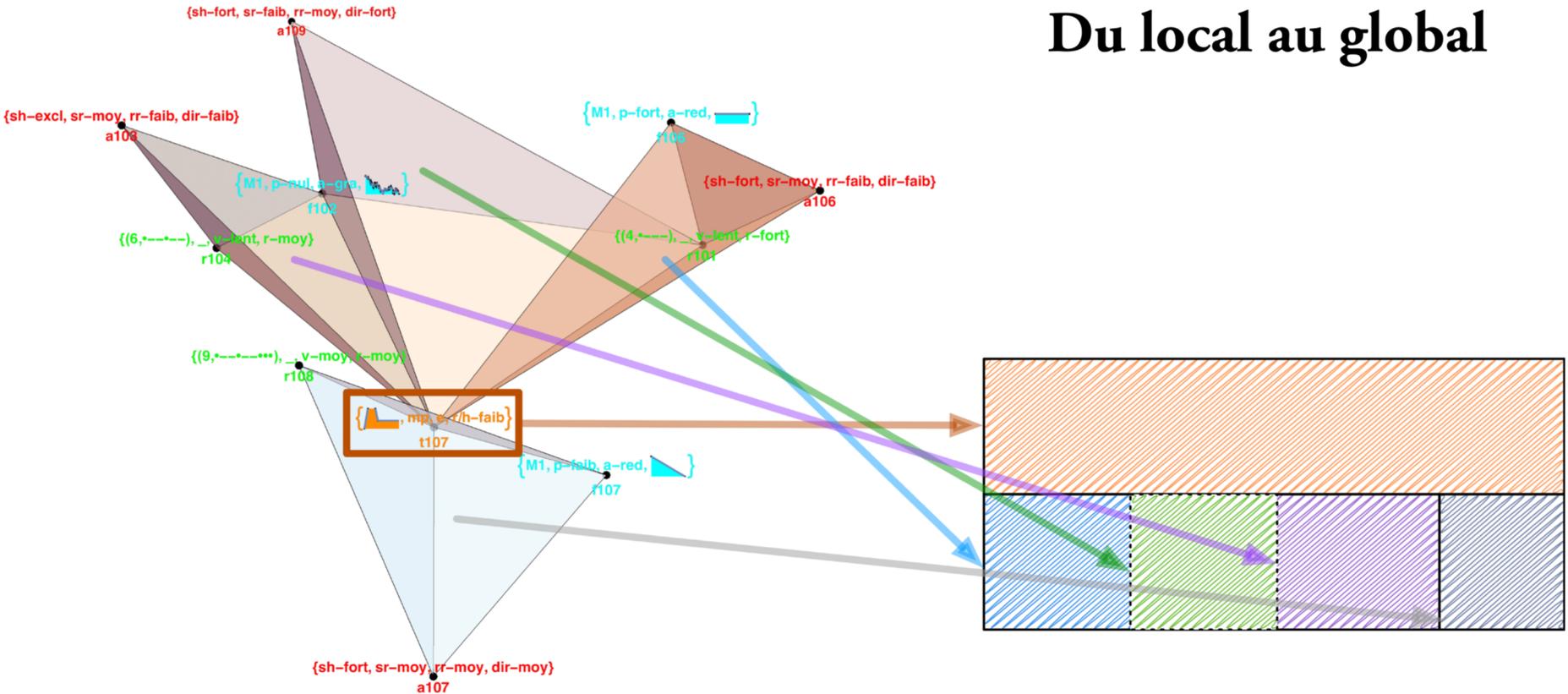
- métrique
- vitesse
- profil
- régularité

- **Simplexe timbrique (t) :**

- enveloppe
- dynamique générale
- timbre principal
- timbre secondaire (complété par un degré d'hétérogénéité)



Du local au global



Sasha J. Blondeau

TESLA ou l'effet d'étrangeté

The image displays a complex digital audio workstation (DAW) interface, likely Ableton Live, with several layers of information overlaid:

- Top Layer:** Musical notation for a piece titled "ou l'effet d'étrangeté". The tempo is set to 48 BPM. The score includes various dynamics like *Très p*, *mp*, *mf sostenuto*, and *f*. The notation is in 4/4 time.
- Right Panel:** A code editor showing Pure Data (Pd) patch code. Key elements include:
 - Tempo: 48 BPM
 - Group synth @target {mes2}
 - SPAT2 xy 0 -1
 - ASCOtoCS_SYNTH_L("g1", 50, 0, 8, 9, 76, 88, 0, 0, 2, 5, 2)
 - curve ampG1 @grain := 0.05s, @action := ASCOtoCS_SYNTH_L c g1.amp \$ampG1
 - curve iterG1 @grain := 0.05s, @action := ASCOtoCS_SYNTH_L c g1.tempter \$stiterG1
 - curve iterG1 @grain := 0.07s, @action := ASCOtoCS_SYNTH_L c g1.multidel \$delmG1
 - curve iterG1 @grain := 0.08s, @action := ASCOtoCS_SYNTH_L c g1.freq (@midizhz(\$f
- Center and Bottom:** Hand-drawn musical sketches on lined paper. These include:
 - Two 3D wireframe models of a cube, labeled with letters like 'A', 'B', and 'C', and numbers (e.g., 1, 2, 3, 4, 5, 6). Orange arrows indicate movement or relationships between vertices.
 - Handwritten musical notation on staves, including dynamics like *ppp*, *pp*, *f*, *mp*, and *p*.
 - Diagrams labeled with circled letters (S₁, S₂, S₃) and circled numbers (1, 2, 3). These diagrams show triangles with vertices and arrows, accompanied by notes like "PEP" and "1-2-1".
 - A circled letter 'A' at the bottom right of the sketches.
- Background:** The DAW interface shows various tracks for "Group synth", "Group GravSynth", "Group Bow1", and "Group ampG". There are also 3D wireframe models overlaid on the DAW interface, similar to the ones in the sketches.

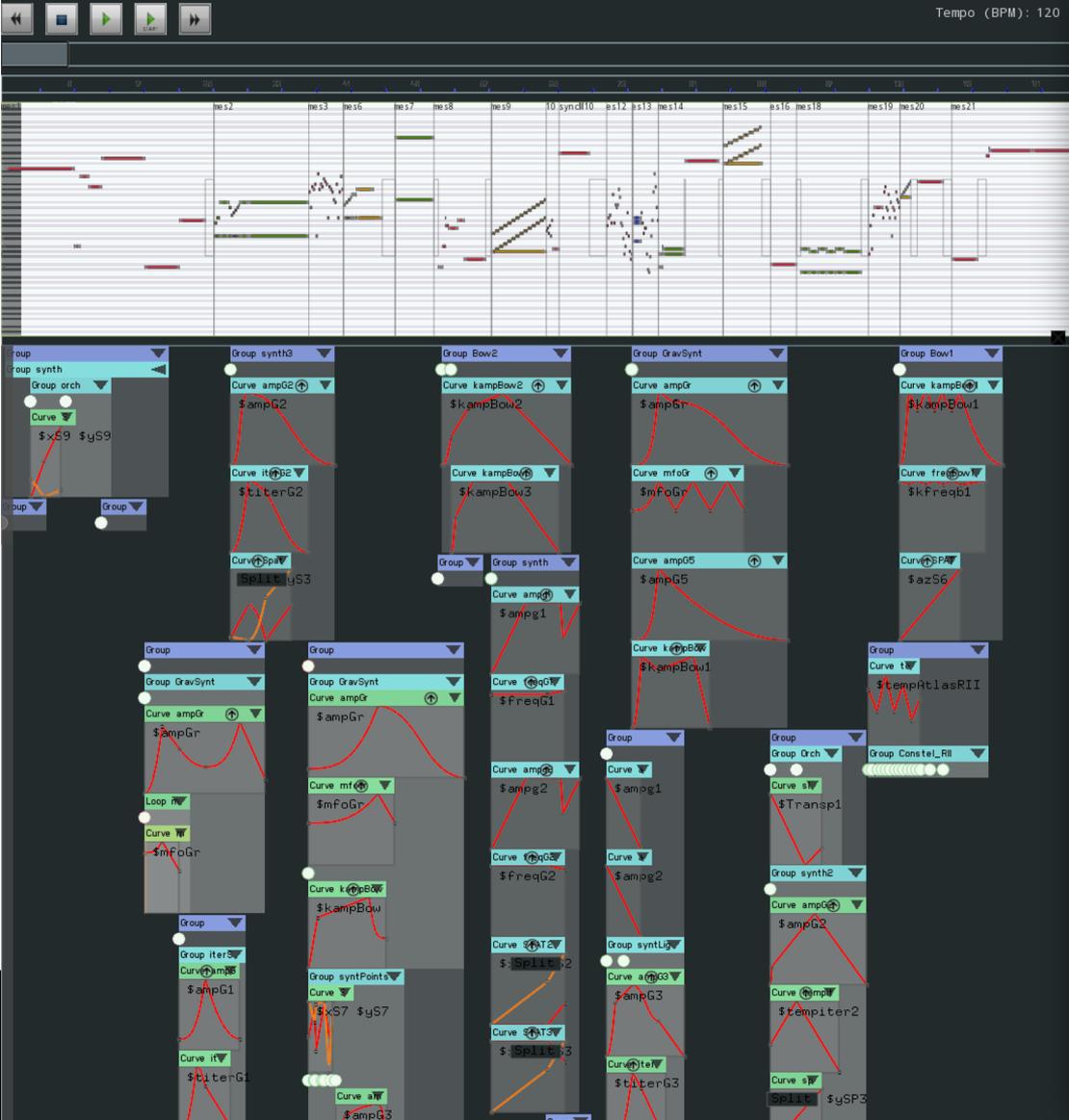
Est-ce que c'est des maths ?

- une représentation
- une structure très *ad-hoc*
- la structure n'est pas posée *a priori*
- ni construite *a posteriori*
- pas de théorème

Induction / Dédution → Coconstruction

Sasha J. Blondeau :

- « Partir d'une idée et créer une cellule qui lui corresponde puis essayer de développer celle-ci en multipliant au fur et à mesure les cellules qui viendront l'envelopper. »
- « Partir d'un espace constitué, chercher la cellule qui correspond à une idée restée trop vague et mal définie. »
- « Plonger – quitte à s'y noyer – dans cet espace de possibilités en passant d'une cellule à l'autre, au hasard des trouvailles. »
- « Décider d'un parcours selon certaines contraintes, en passant par les sous-espaces (...) »



```

TeslaSOL0.asco.txt
JBLO macroDef.asco.txt
370 BPM 48
371 ;NOTE 0 1
372 ;----- mes 1 --- beat 1
373 NOTE G3 1/8 mes1
374 NOTE C#4 1/8
375 NOTE D3 1/8
376 NOTE Bb3 1/8
377 TEMPO OFF
378 NOTE E6 8
379
380 GROUP synth @target {mes2}
381 {
382   SPAT2 xy 0 -1
383   ::ASC0toCS_SYNTH_L("g1",50,0.,8,0.25,88,0.,0.2,5,2)
384   curve ampG1 @grain := 0.05s, @action := ASC0toCS_SYNTH_L c g1.amp $ampG1
385     { $ampG1
386       { 0. } @type "cubic"
387       { 2 { 0.2 }
388       { 1 { 0.1 } @type "quad_out"
389       { 3 { 0.04 }
390     }
391   }
392   curve iterG1 @grain := 0.05s, @action := ASC0toCS_SYNTH_L c g1.tempiter $titerG1
393     { $titerG1
394       { 0. } @type "quad"
395       { 2 { 9. } @type "quad_in_out"
396       { 4 { 0. }
397     }
398   }
399   curve delmG1 @grain := 0.07s, @action := ASC0toCS_SYNTH_L c g1.multidel $delmG1
400     { $delmG1
401       { 0.2 }
402       { 3 { 18. }
403       { 5 { 0.2 }
404     }
405   }
406   curve freqG1 @grain := 0.08s, @action := ASC0toCS_SYNTH_L c g1.freq (@midi2hz($f
407     { $freqG1
408       { 88 } @type "quad"
409       { 19 { 87. }
410     }
411   }
412 }
413
414 3 GROUP orch
415 {
416   num_ech 4
417   PlayEch start
418   lvl_ech 0.3 500
419   curve Spat9 @grain := 0.07s, @action := SPAT9 xy $xS9 $yS9
420     { $xS9,$yS9
421       { -1 -0.5 }
422       { 3/2 { 0 -1 }
423       { 2 { 1 -0.8 }
424     }
425   }
426   4 lvl_ech 0.3000
427 }
428
429 TEMPO ON
430 NOTE 0 0
431 NOTE Bb3 2/3
432 NOTE C#6 1
433 NOTE A5 3/2
434 TEMPO OFF
435 NOTE G#6 5
436
437 SPAT10 xv 0. 0.5

```

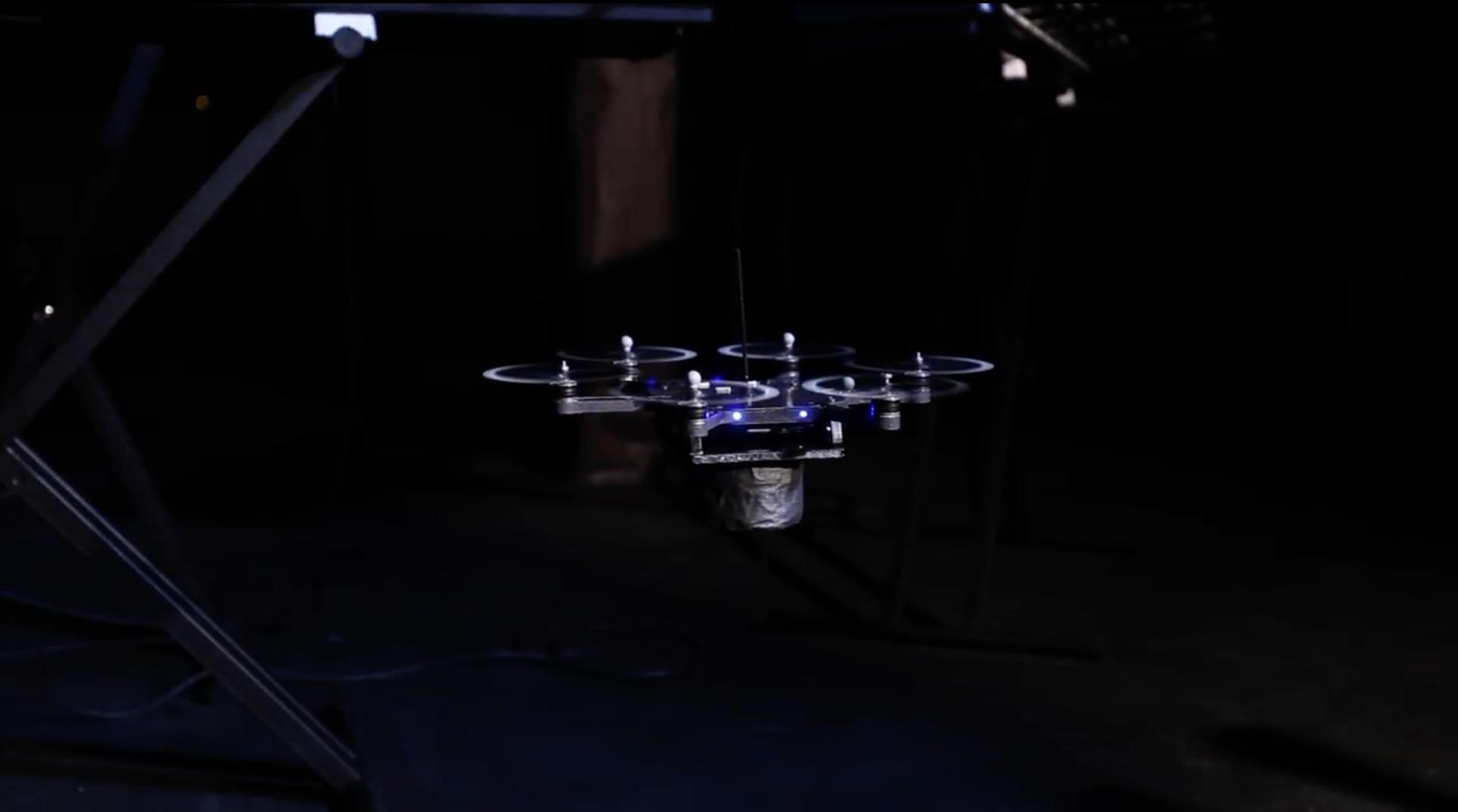
Partager un temps musical
entre l'homme et la machine

Est-ce qu'un ordinateur est capable de...

- jouer aux échecs
- vérifier une preuve mathématique
- trouver un chemin de A à B dans une ville
- ...
- reconnaître un visage qui sourit
- marcher sur deux jambes
- ...
- *jouer de la musique ensemble avec des musiciens humains*

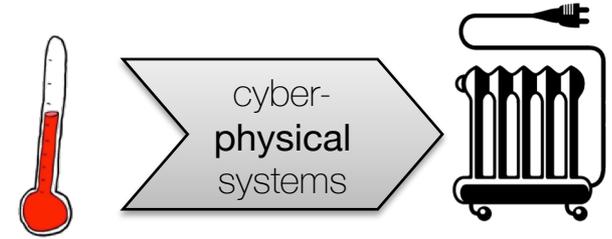


Vivre Le temps à plusieurs : se synchroniser

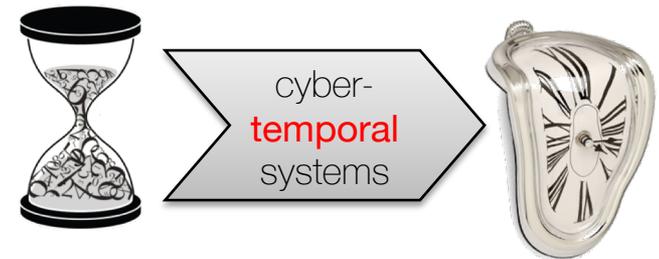


Un système cyber-temporel

- système cyber-physique :
 - contrôle des quantités physiques
 - par des algorithmes



- système cyber-temporel :
 - contrôler des relations temporelles
 - par des algorithmes



- exemple : **les systèmes musicaux interactifs**, Antescofo
- plusieurs notions de temps à l'œuvre :
 - multiples temps : hors-temps et temps-réel
 - multiples modèles de temps : événementiel, relatif, chronométrique
 - multiples échelles de temps : de l'audio (0.02 ms) au contrôle (s, mn, h)
 - programmabilité du temps : le temps est une entité « calculable »

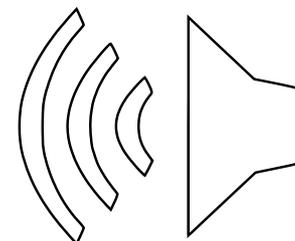
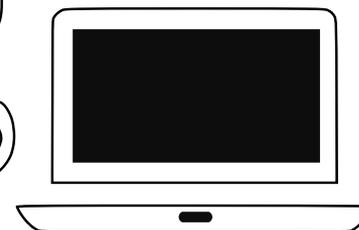
Musique mixte



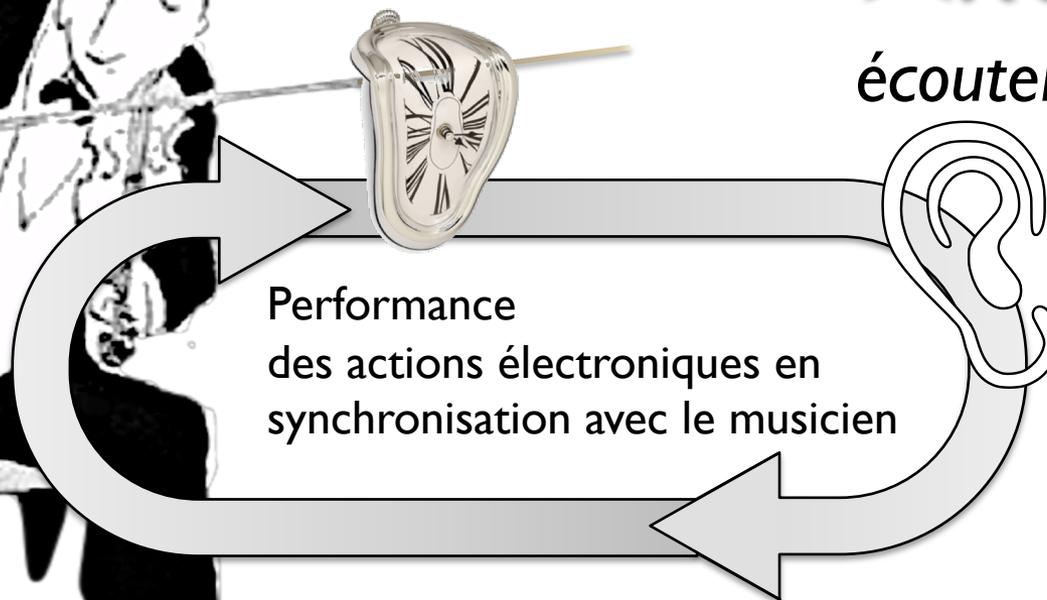
Antescofo

écouter

reconnaitre



réagir

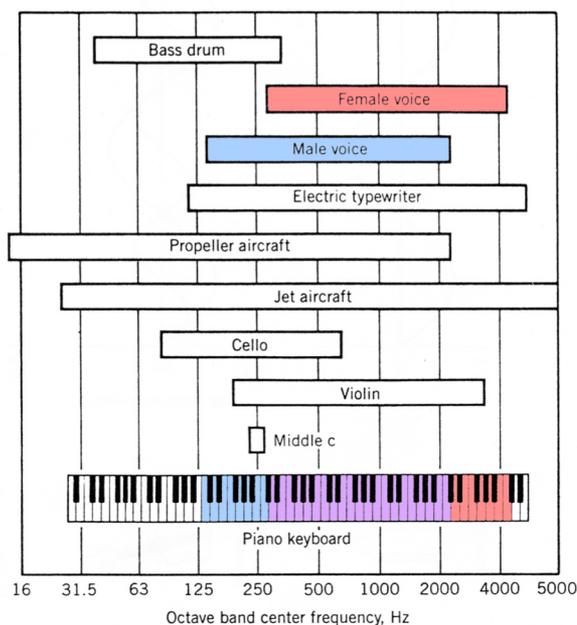
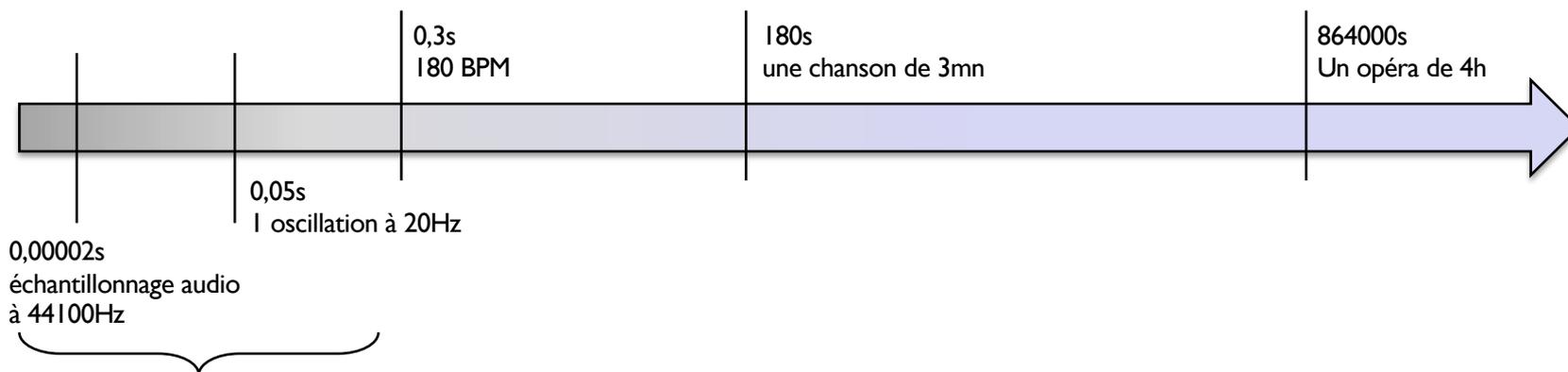


Performance
des actions électroniques en
synchronisation avec le musicien



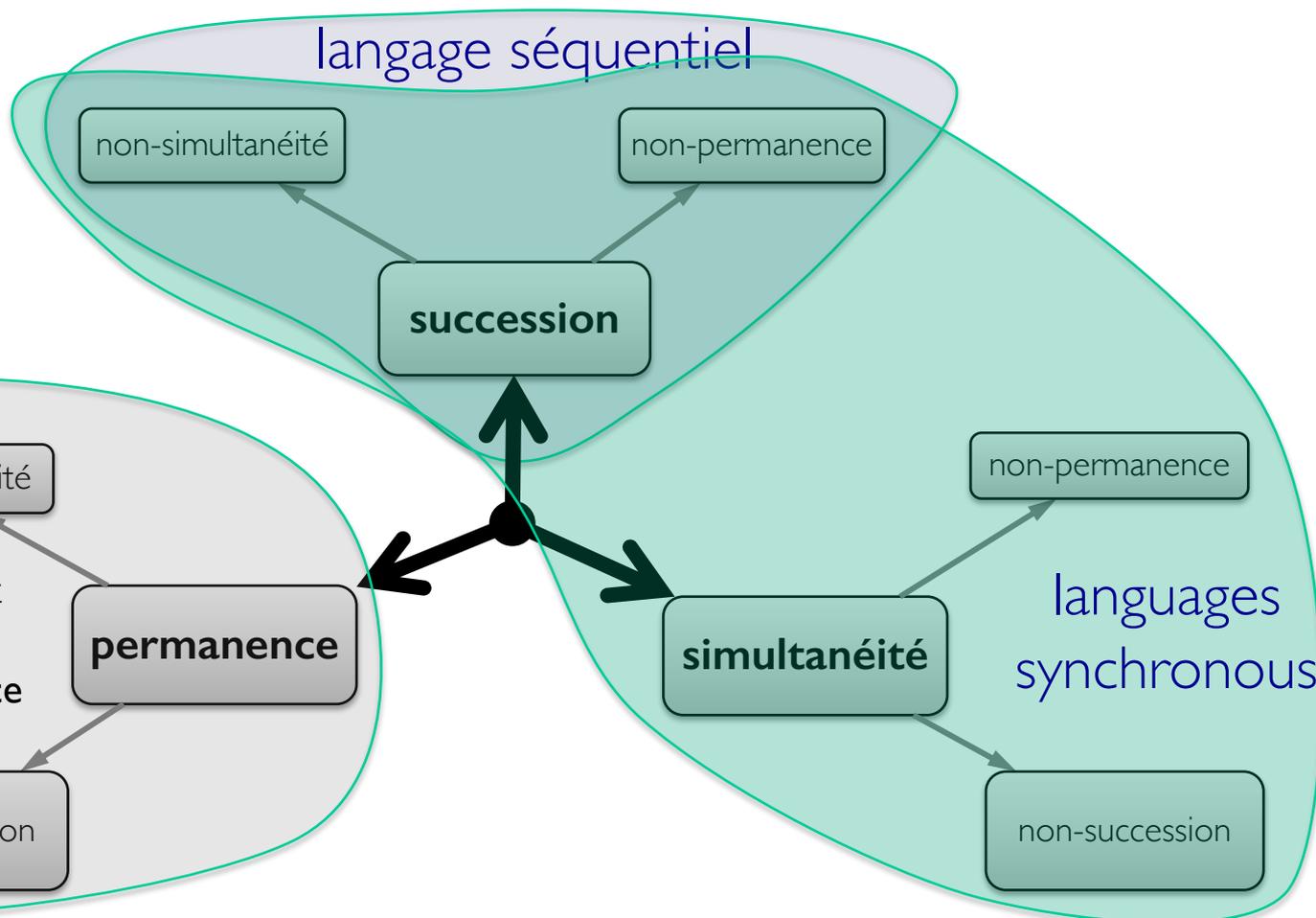
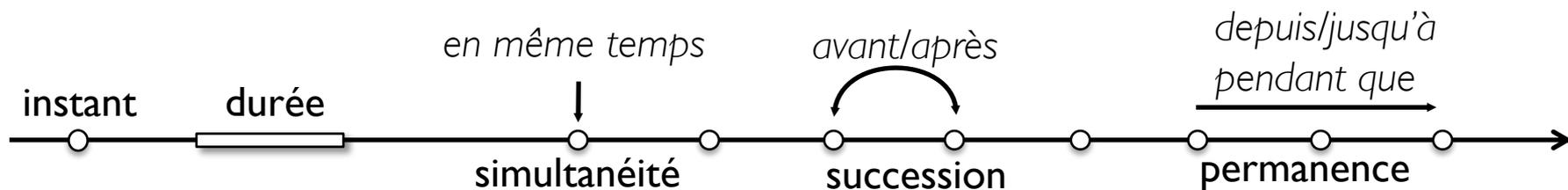
The Metronaut application

Quel est le “temps” de la musique ?



- Music makes time audible, and its form and continuity sensible (S. Langer)
- Si la musique est un “art du temps” par excellence, de quel temps la musique est-elle un art ?
- *Real musical time is only a place of exchange and coincidence between an infinite number of different times.* (Gérard Grisey, *Tempus Ex Machina: A Composer’s reflections on musical time. Contemporary Music Review, 1987*)

Instant et Durée : Simultanéité, Succession & Permanence



si ce n'est pas instantané
 et que cela n'est ni avant
 ni après quelque chose
 → alors cela prend place
 pendant cette chose

Notation de la

- simultanéité
 - harmonie, polyphonie
- succession
 - mélodie
- permanence, durée ?
 - midi !

Est-ce qu'on peut se contenter des *instants* ?

➔ la durée comme ensemble connexe d'instants

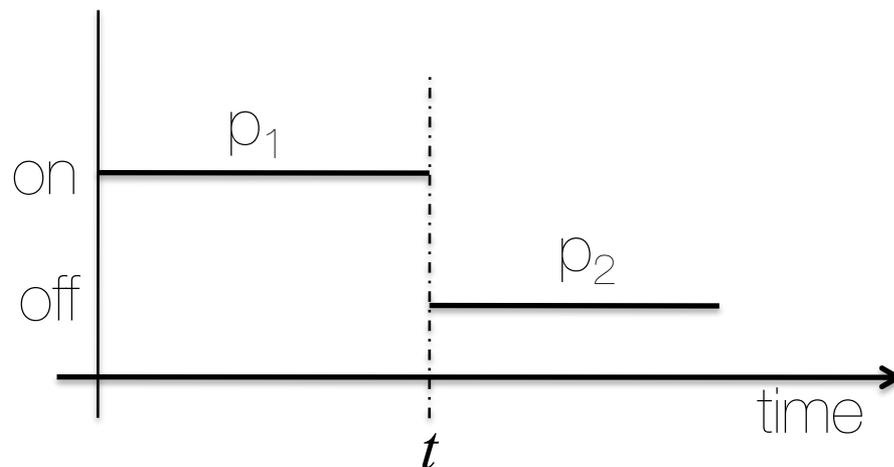
- temps événementiel (événement atomique)

versus

- la fluxion: le passage continu du temps
 - aller deux fois plus vite
 - finir en même temps
 - accelerando
 - rubato
 - tempo
 - etc...

Est-ce qu'on peut se contenter des *instants* ?

→ la durée comme ensemble connexe d'instants



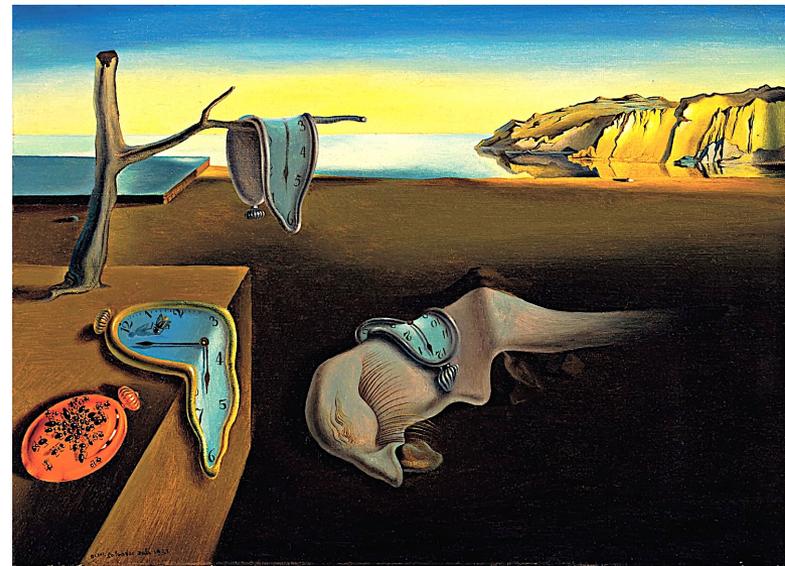
faire de l'analyse et de la topologie

ou

faire des instants et de la durée
des notions primitives

Du temps objectif global des horloges aux temps relationnels, distribués et multiples

- Le temps chronométrique: *une horloge partagée globale*
 - les événements sont localisés dans un temps qui leurs préexiste
 - temps newtonien, mesuré par des unités commensurables
 - une prescription partagée
- Des temps multiples, relationnels : des horloges *co-dependantes*
 - les événements créent le temps
(Bluedorn : epochal time is defined by events)
 - temps leibnizien, relationnel
 - Exemples :
 - couche temporelle dans une partition
 - les relations partition / performance
 - la co-organisation du temps musical pendant la performance



une cue-list d'événements datés (chronologie)

- 2 systèmes de datation
 - page dans le scénario
 - acte/scène/réplique
- pré-existant
- inter-convertibles

SOUND EFFECTS

Act 1

1.	Clock ticking fade in	Digital	p3
2.	Clock chiming 12	Digital	p3
3.	Knocking from below	Live, SL	p9
3.5	Clock ticking boost	Digital	p9
3.7	Clock ticking back down	Digital	p9
X	Masha Bangs plate with fork	X	p25
X	Top makes "amazing sound"	X	p26

Act 2

X	(Clock ticking continues)	X	p29
4.	Doorbell	Live, SR	p33
5.	Wind fade in	Digital	p34
6.	Wind fade up	Digital	p35
7.	Wind fade down	Digital	p35
8.	Knocking from below	Live, SL	p36
X	Tuzenbach knocks on floor	X	p37
9.	Wind fade up	Digital	p41
10.	Wind fade out slowly	Digital	p42
11.	Doorbell, twice	Live, SR	p50
12.	Doorbell	Live, SR	p50
13.	Sleigh Bells	Live, SR	p51
14.	Doorbell	Live, SR	p51
15.	Doorbell	Live, SR	p52
16.	Clock ticking fade out	Digital	p53

Act 3

17.	Church bell / fire alarm fade in	Digital	p54
18?	[cart goes by house]	Digital	p55
19?	[fire alarm?]	Digital	p58
20?	[fire alarm?]	Digital	p62
21?	[fire alarm?]	Digital	p72
22.	Church bell / fire alarm fade out	Digital	p72

Act 4

23.	Birds ambience fade in	Digital	p73
24.	Gunshot	Digital	p90
25.	Birds ambience fade out	Digital	p94

Cue-list d'événements en relations temporelles

Sound Q List		HULL HOUSE! SPECTACULAR	dir. Jane Addams	5/28/2008 3:13:08 PM
			des. Nick Keenan	Page ?
Q 1	Preshow		Notes	
Call On	Before House is Open		Page	3
Q 5	Preshow Announcement / Into		Notes	"Together" High City Skyline ambience - ritzy high-rise apartment
Call On	When Ready		Page	3
Q 10	Door Close		Notes	
Call On	Before Kate: "Hello?"		Page	9
Q 15	Phone Ring (TELECUE?)		Notes	
Call On	"Maybe that's the need."		Page	13
Q 28	Transition Lead In		Notes	
Call On	"I'm worried about Sylvia at the moment"		Page	19
Q 30	Into Scene 2 - Park		Notes	"Together" Reprise. Ends on Central Park Ambience - Maybe something with a lead in to underscore before here
Call On	"Hamlet Act III" GO		Page	19
Q 30.5	End of Transition		Notes	
Call On	Set in Place		Page	19
Q 31	Dog Barks Bed		Notes	
Call On	"Play!" GO "Run Around		Page	22
Q 31.5	Bowser Aggressive Barks		Notes	
Call On	"Bowser and Sylvia"		Page	22
Q 32	Bowser Barks		Notes	Short, Fun
Call On	"Look out Bowser, here I come."		Page	22

- relations temporelles
 - avant/après
 - pendant
- ne se limite pas à un ordre total
- événements incomparables
- trouver une date ?

Un exemple de temps relationnel (défini par des événements) les heures d'été et d'hiver chez les Romains



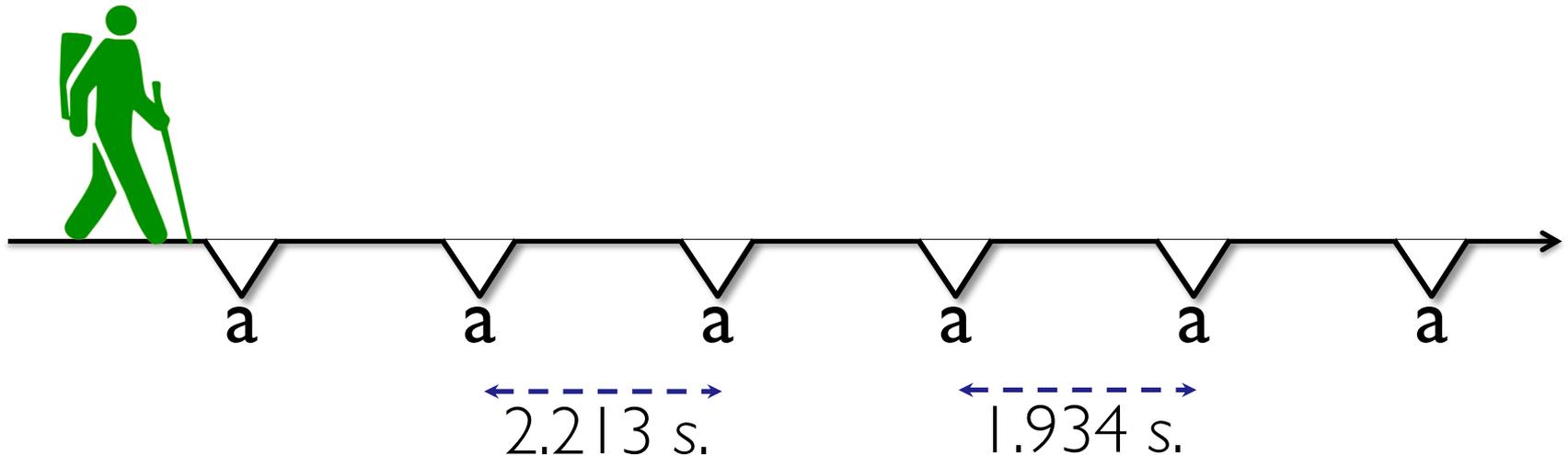
Timeline, calendrier, cuelist, agenda, scenario... corde à linge



performer = progresser sur la timeline

avancer sur la timeline = déformation des relations temporelles entre la composition et la performance

Quelles autres relations peuvent être en jeu ?



TIMELINE : ÉCRIRE UN SCÉNARIO TEMPOREL



performer = progresser sur la timeline
relativement à une autre timeline



timeline référence



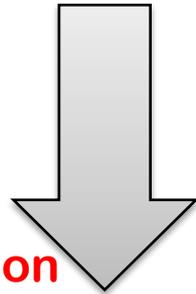
contexte temporel

=

référence

+

stratégie de synchronisation



timeline synchronisée



Diagrams temps-temps

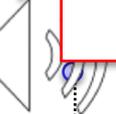
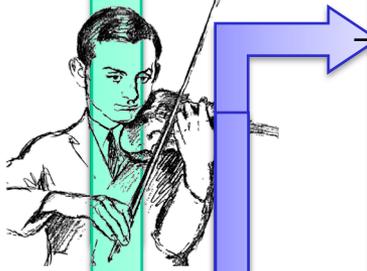
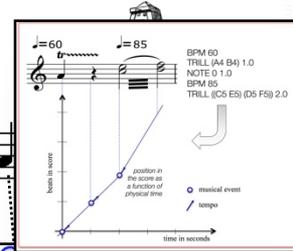
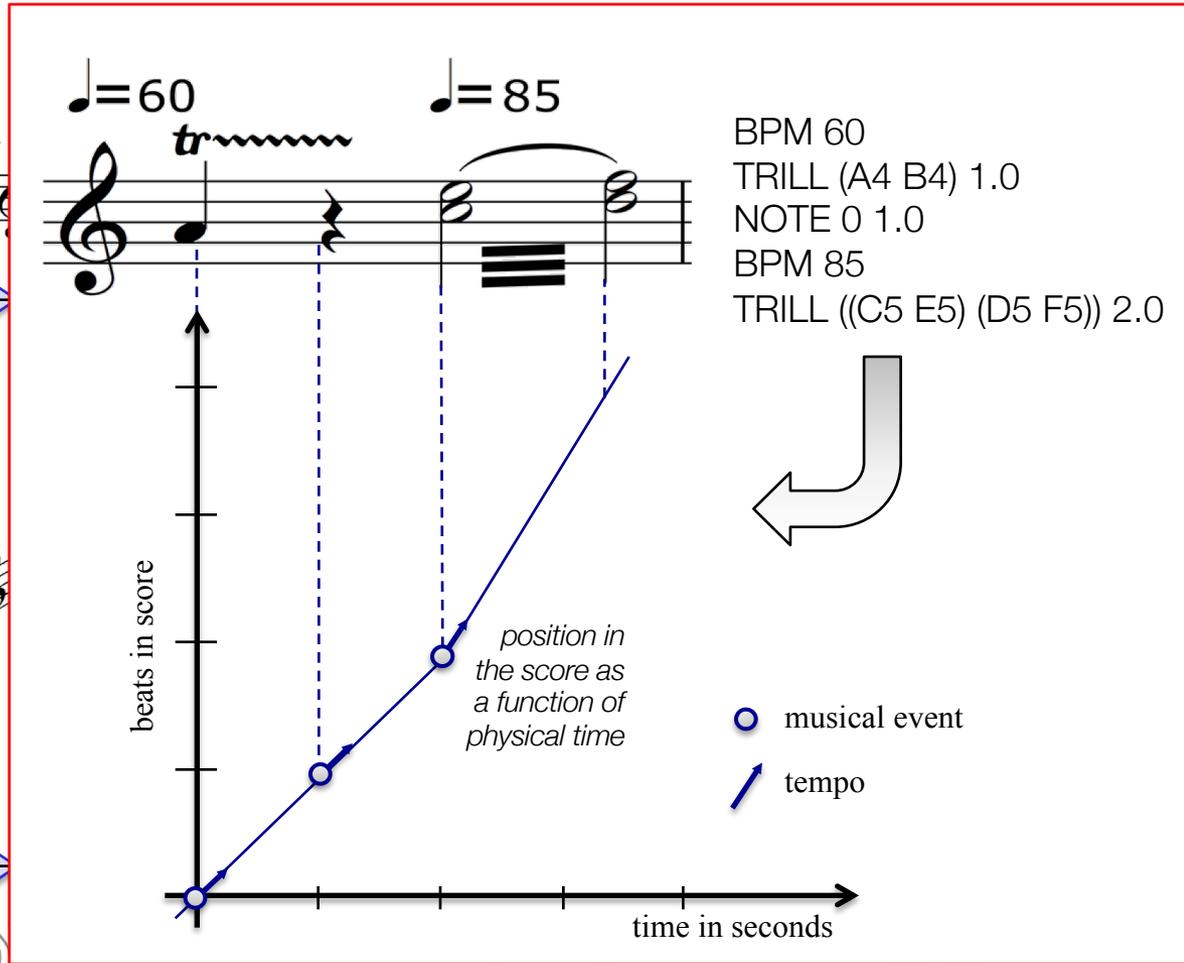


Diagramme temps-temps

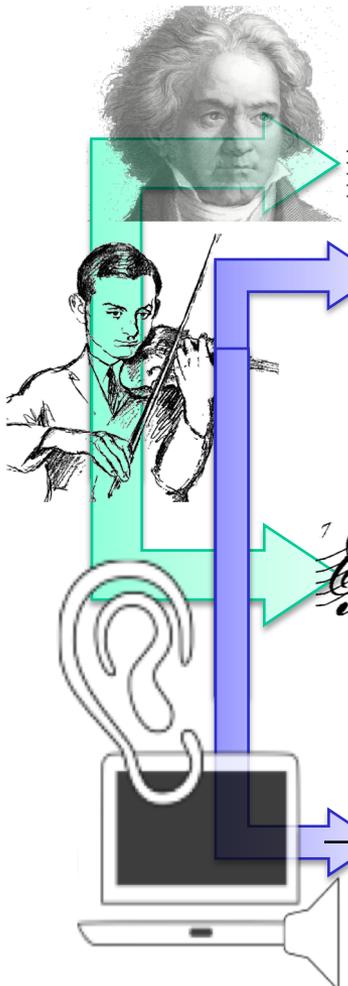
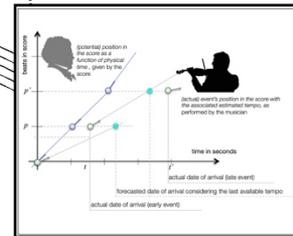
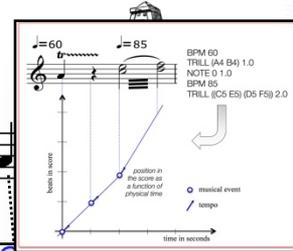
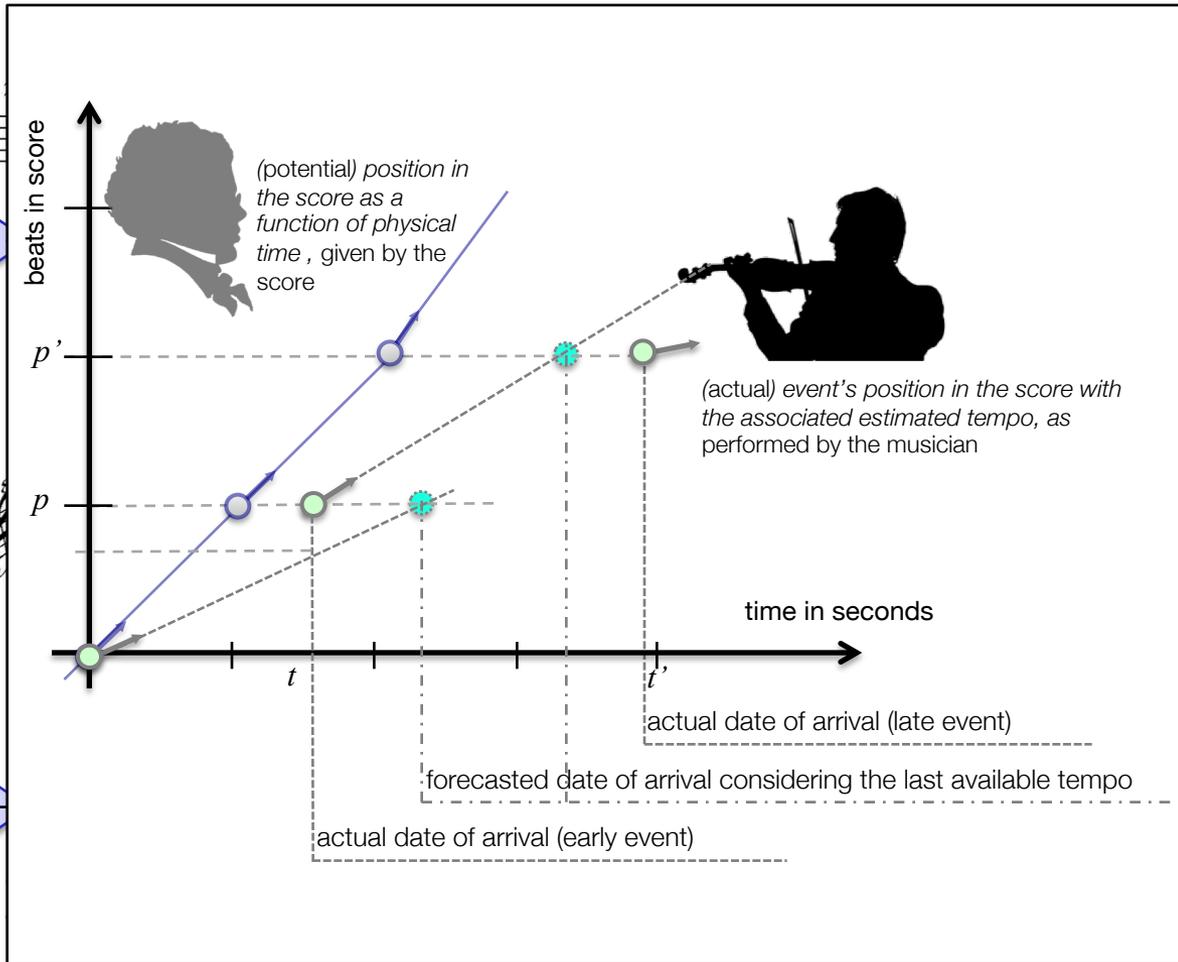
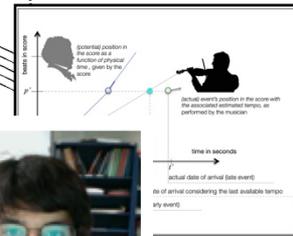
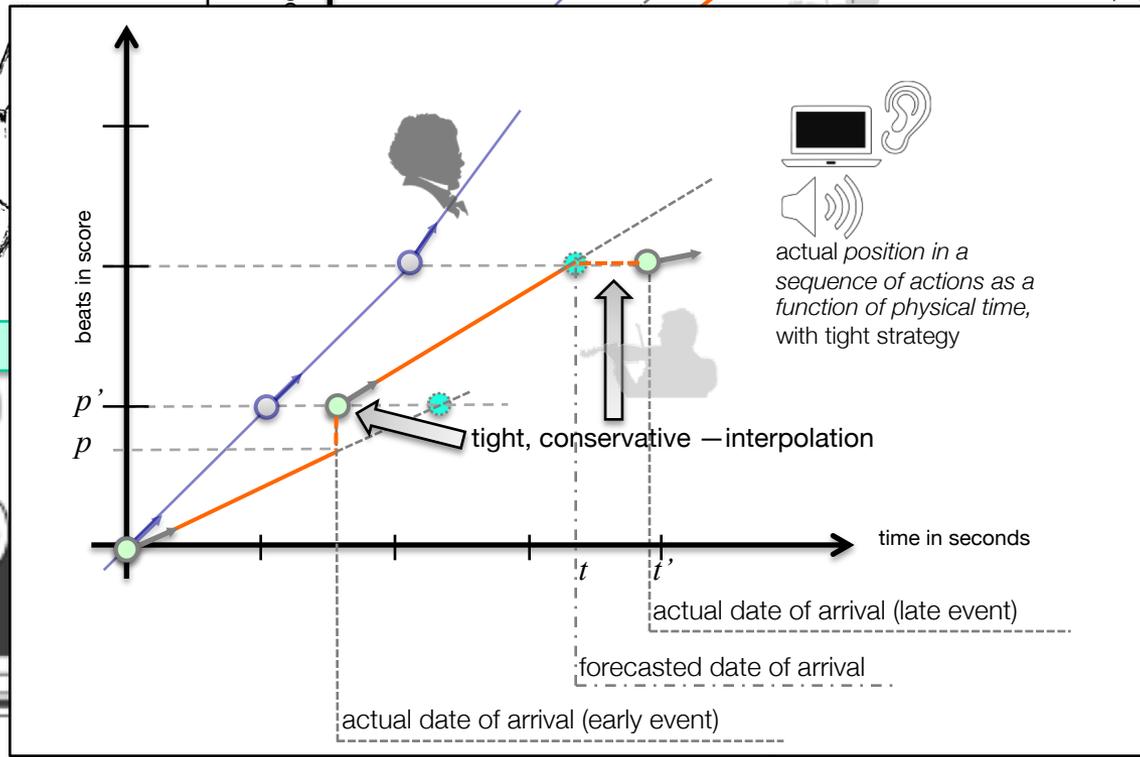
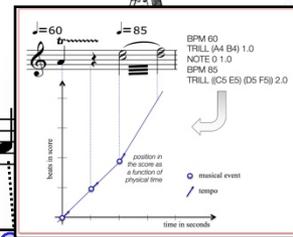
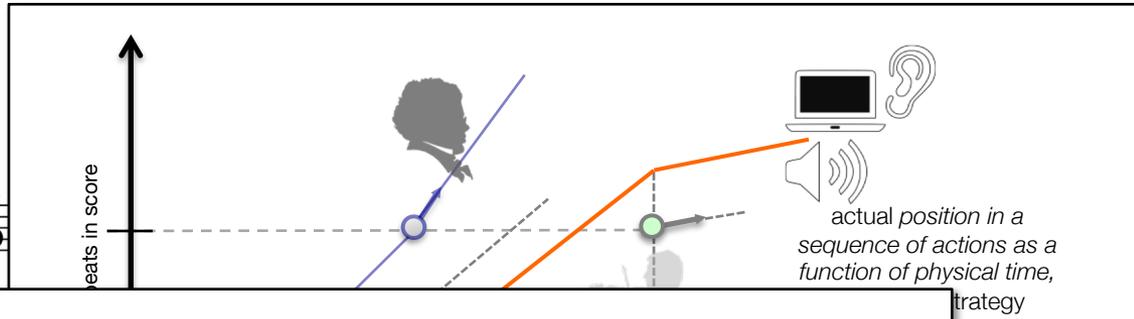


Diagramme temps-temps

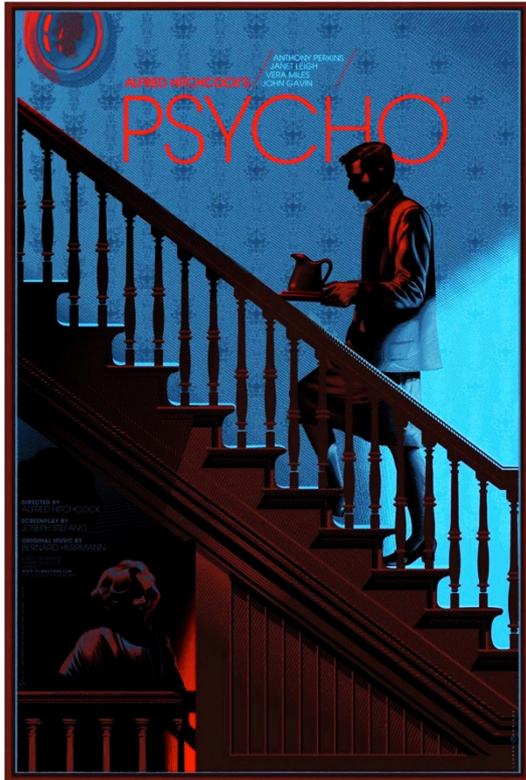


José Echeveste
PhD, Defended 2015



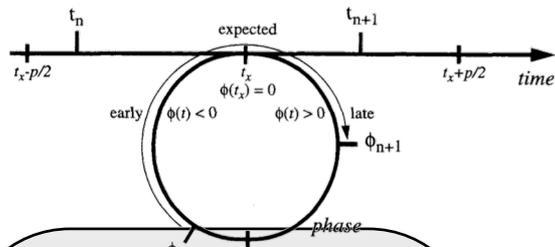
Temps strié et temps lisse (P. Boulez)

Bernard Hermann, *Psycho* (1960)

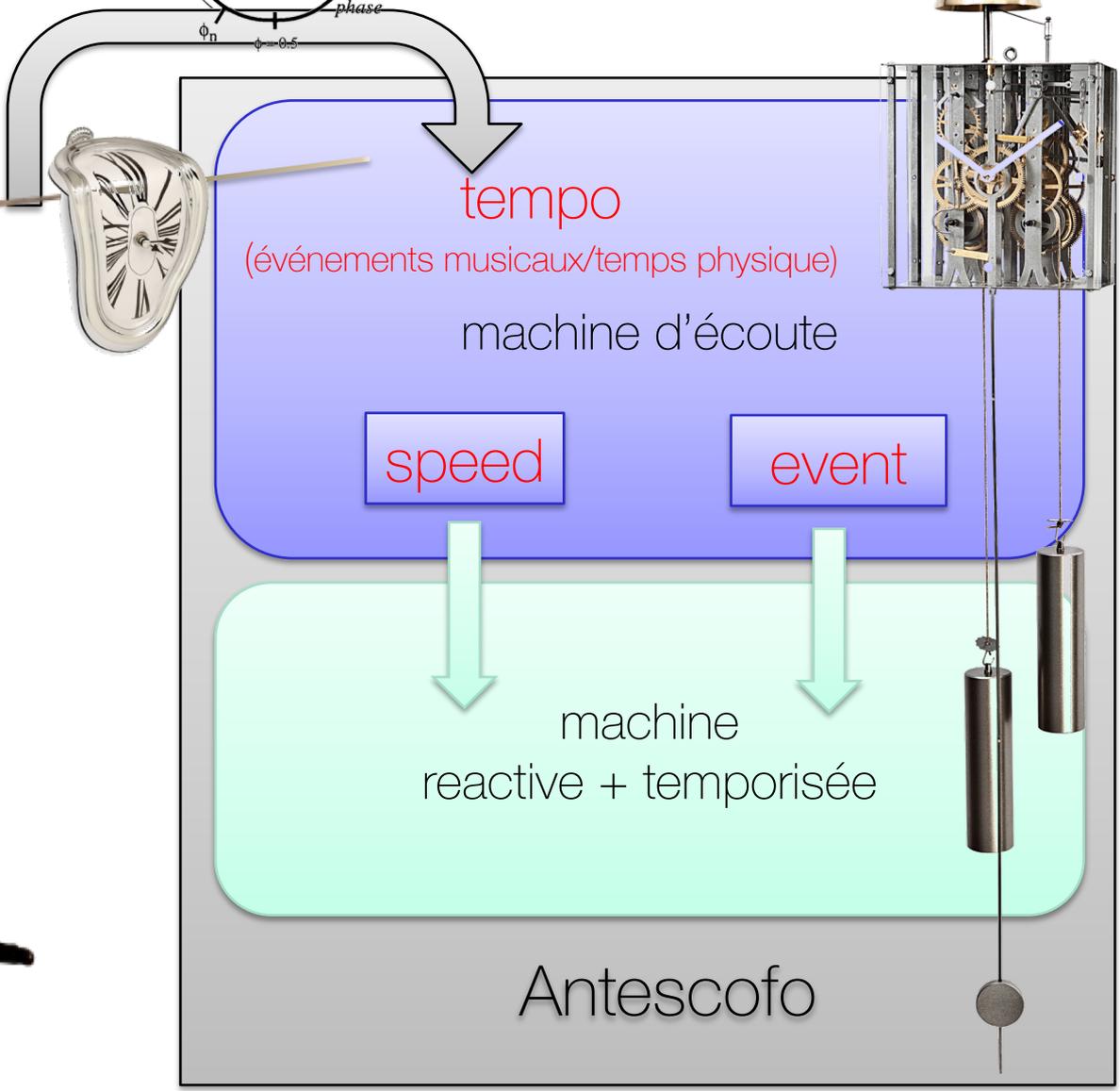


György Ligeti *Lontano* (1967)

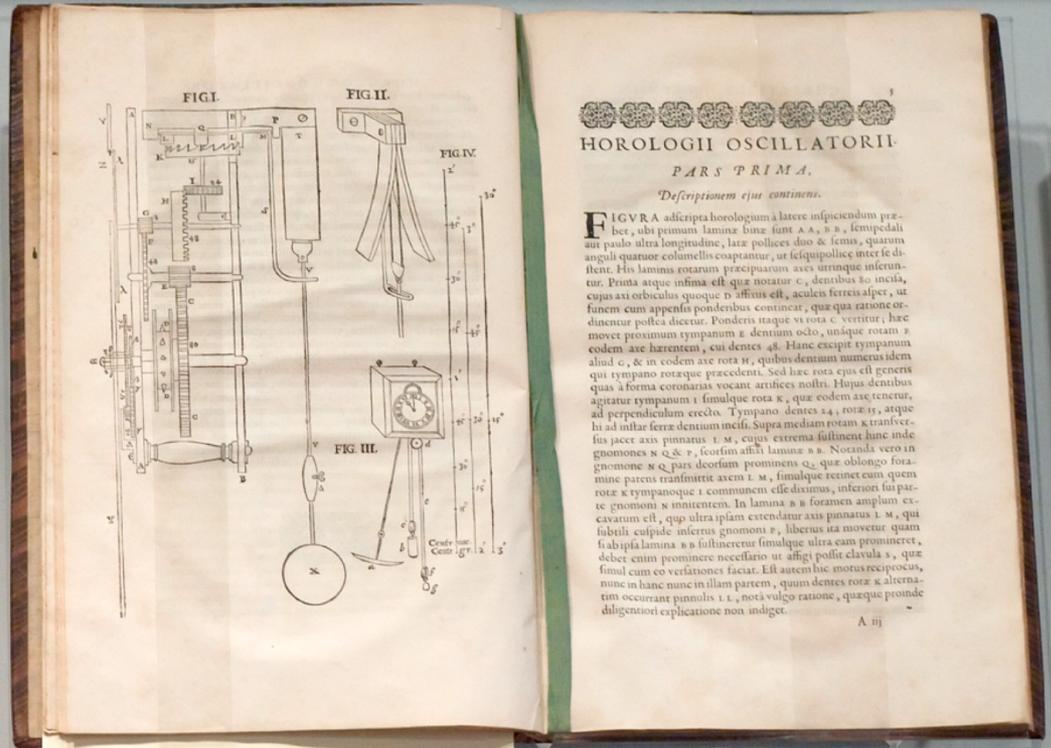




Durée



Inférence du tempo et sympathie des horloges



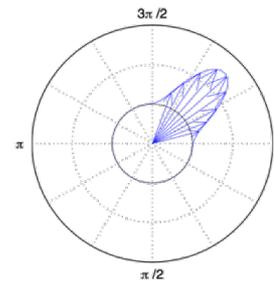
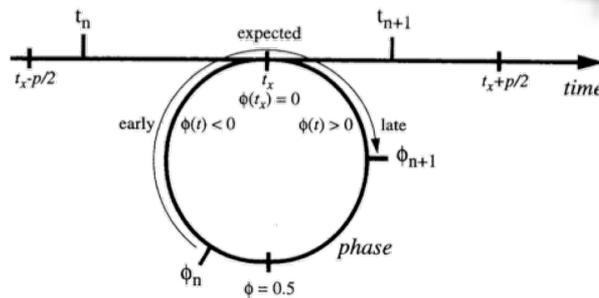
HOROLOGII OSCILLATORII

PARS PRIMA.

Descriptio eius continens.

FIGURA adscripta horologium à latere inspicendum præbet, ubi primam laminam binas sunt A A, & B, semipedali aut paulo ultra longitudinali, later pollices duo & semis, quarum anguli quatuor collemelares coaptantur, ut sequepollicem inter se distent. His laminis rotarum precipuarum aves utrinque inferuntur. Prima atque infima est que notatur C, dentibus 30 incisa, cujus axi orbiculus quosque D affixus est, aculeis ferreis alper, ut funem cum appendis ponderibus contineret, quæ qua ratione ordiuntur pollicæ dicetur. Ponderis itaque si rota C vertitur, hæc movet proximum tympanum E dentium octo, uniusque rotam F eodem axe hærentem, cui dentes 48. Hanc excipit tympanum aliud G, & in eodem axe rota H, quibus dentium numerus idem qui tympano rotæque præcedenti. Sed hæc rota epus est generis quas à forma coronariæ vocant artifices nollit. Hujus dentibus agitatur tympanum I simulque rota K, quæ eodem axe tenetur, ad perpendicularium erecto. Tympano dentes 24, rotæ 35, atque hi ad instar feræ dentium incisa. Supra mediam rotam L transvertitur gnomonem M & P, eorum finem in lamina N s. Notanda vero in gnomone M Q pars decorata prominens Q, quæ oblongo foramine patens transmittit axem I M, finalique retinet eum quem rotæ K tympanoque I communem esse diximus, inferiori sui parte gnomoni N innitentem. In lamina N B foramen amplum excavatum est, quo ultra planam extenditur axis pinnatus I M, qui subtili cuspidate inferius gnomoni P liberius ita movetur, quam si ab ipsa lamina N B sustineretur finalique ultra eam prominere, debet enim prominere necessario ut affigi possit clavula S, quæ simul cum eo veritates faciat. Est autem hic motus reciprocos, nunc in hanc nunc in illam partem, quoniam dentes rotæ K alternatim occurrunt pinnulis I I, nota vulgo ratione, quæque promde diligentiori explicatione non indiget.

A iij



Christopher Trapani

real-time rhythmic canon à la Nancarrow



start

Clarinet in B \flat

start'

[playback]

Cl.

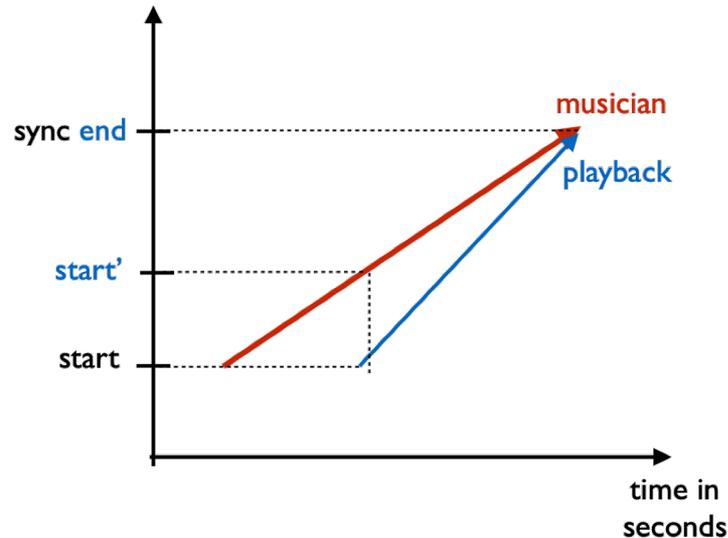
Cl.

sync

end

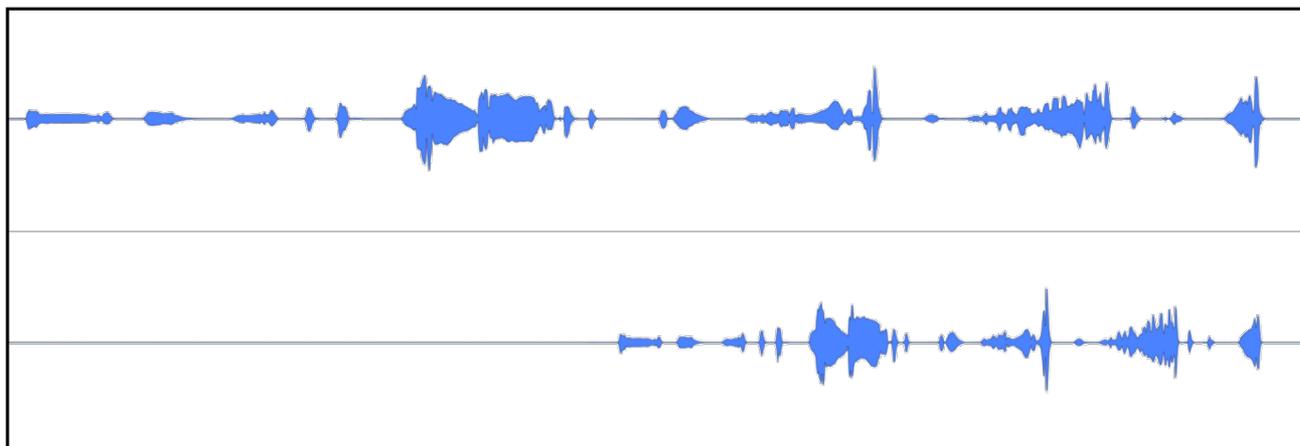
Cl.

position in beats
in the score



musician

playback



Subordination du temps objectif au temps subjectif (et pas l'inverse)

- Le temps subjectif est utile : une partition se réfère au temps subjectif (en beat) et non au temps physique (en seconde)
- le « taux de change » évolue dans le temps
- Il n'est connu que « après »
- Il est établi avec l'organisation du temps, organisation dont la réalisation dépend de ce taux de change.
- *In fine*, l'hypothèse d'un temps subjectif (objectivable à travers des événements et l'inférence d'un tempo) permet d'aboutir à une interaction plus musicale entre le musicien et la machine

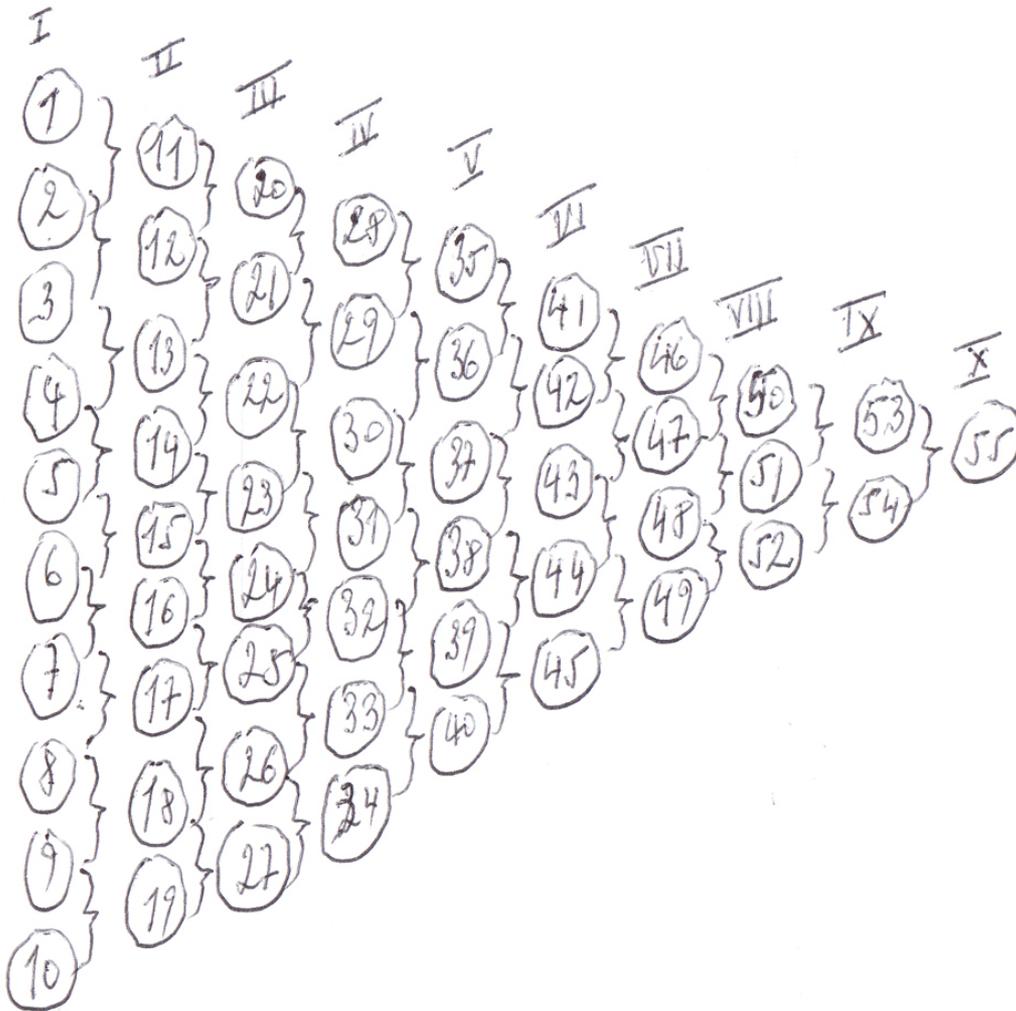
**Est-ce que jouer avec
des cordes à linge élastiques
c'est faire des mathématiques ?**



rationalité, raison technique
RIGUEUR ?

Superformel für LICHT

Philippe Manoury : Grammaires Musicales Génératives



Ce n'est qu'à partir de la composition de Synapse, mon concerto pour violon et orchestre, que j'ai commencé à réfléchir sur des formalismes plus développés, tant pour contrôler l'organisation interne des séquences musicales que pour imaginer comment déduire de nouvelles séquences de celles déjà existantes. La première idée qui m'est venue à l'esprit ressemblait à une sorte de pyramide couchée sur le côté, découpée en tranches, à l'intérieur desquelles chaque couples de structures, dans une séquence donnée, se fond progressivement en une seule, dans la séquence suivante, engendrant ainsi de nouvelles séquences de plus en plus courtes (10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2 et 1). On obtient, par ce procédé, un total de 55 séquences :

Philippe Manoury : Grammaires Musicales Génératives

« Là encore, je revendique une liberté assez grande, non parce que je vais m'écarter du chemin tracé par ces grammaires (sinon à quoi bon les utiliser ?) mais parce que j'aurai à prendre un assez grand nombre de décisions qui ne seront pas soumises à ces procédés grammaticaux.



A = Trémolos

B = Harmoniques 

C = Gammes descendantes

D = Notes répétées

E = pizz. (stacc.)

F = Ricochets

G = Mélodie extrême aigu

H = 

I = Traits détachés disjoints

J = Montée (rapide) (stacc.)

K = Trille

L = Gliss.

M = 

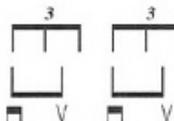
N = Polyphonie à 2

O = Polyrythmie mg/md

P = *p*  *f*

Q = Spiccato régulier

R = *Accorchi*



Philippe Manoury : Grammaires Musicales Génératives

A ce titre, j'entends surtout montrer que ces GMG agissent chez moi plus comme une sorte de « catalyseur », de « provocateur », que comme une règle à suivre. Comme je l'ai mentionné au début, les GMG n'ont pas pour but de contrôler la totalité des phénomènes musicaux et laissent donc ouvertes, en tout cas chez moi, un grand nombre de questions qui ne seront pas résolues par cette méthode.

A = Trémolos

B = Harmoniques 

C = Gammes descendantes

D = Notes répétées

E = pizz. (stacc.)

F = Ricochets

G = Mélodie extrême aigu

H = 
5

I = Traits détachés disjoints

J = Montée (rapide) (stacc.)

K = Trille

L = Gliss.

M = 

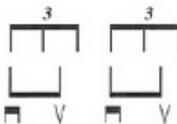
N = Polyphonie à 2

O = Polyrythmie mg/md

P = *p*  *f*

Q = Spiccato régulier

R = *Accords*



Philippe Manoury : Grammaires Musicales Génératives

Je ne peux pas nier, en revanche, que la plupart de ces questions ont été provoquées par cette méthode et qu'elles ne se seraient pas posées sans son usage. »

A = Trémolos

B = Harmoniques 

C = Gammes descendantes

D = Notes répétées

E = pizz. (stacc.)

F = Ricochets

G = Mélodie extrême aigu

H = 

I = Traits détachés disjoints

J = Montée (rapide) (stacc.)

K = Trille

L = Gliss.

M = 

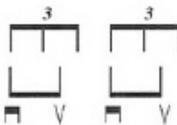
N = Polyphonie à 2

O = Polyrythmie mg/md

P = *p*  *f*

Q = Spiccato régulier

R = *Accorchi*



Et la musique n'est pas que dans la partition, elle est aussi dans la performance...

- Tom Johnson
- minimalisme de type formaliste : un style compositionnel fondé sur des procédés algorithmiques (énumération de structures mathématiques)



- **Nine Bells (1979)**
un labyrinthe avec neuf cloches suspendues que l'interprète fait résonner en parcourant un carré de 3 par 3 selon une logique géométrique

Tom Johnson - Vermont Rhythms

- This piece is called Vermont Rhythms because it would never have been written without the cooperation of two Vermont mathematicians, working at the University of Vermont in Burlington. In answer to a question of mine, Susan Janiszewski, with her advisor, Professor Jeffrey H. Dinitz, constructed a remarkable list of all the 462 six-note rhythms possible in an 11-beat period. Their impressive list distributes the rhythms in 42 groups of 11, each group forming an 11 by 11 square. The first square, the first 11 measures of music, is shown on the cover, so that one can better appreciate the symmetry of these squares. All 42 squares contain six elements in each row and six elements in each column, giving maximal rhythmic variety within the 11 phrases of each square. Each six-note rhythm has exactly three beats in common with each of the 10 others, and mathematicians will appreciate additional symmetries in these configurations.
- My primary interest was the 462 rhythms, but I soon realized that I could choose pitches by employing the 462 six-note chords possible on an 11-note scale at the same time, so I did that too. Of course, much of this organization will not be heard consciously, even by very astute listeners, but some of it will be quite clear to everyone, and it is satisfying to know that many unheard symmetries are also present, reflecting one another in the background.



