

SUM: DE LA SONIFICATION D'IMAGE À LA COMPOSITION GRAPHIQUE ASSISTÉE PAR ORDINATEUR

Sara Adhitya
IUAV, EHESS, STMS Lab
(IRCAM/CNRS/UPMS)
sara.adhitya@ehess.com

Mika Kuuskankare
Sibelius Academy,
CCRMA, Stanford University
mkuuskan@siba.fi

RÉSUMÉ

Cet article porte sur le développement de l'outil SUM, une bibliothèque utilisateur avec une interface graphique au sein de l'environnement de composition assistée par ordinateur PWGL, visant à l'intégration de l'image et du son. Nous allons détailler sa structure interne, constituée de couches d'images, de convertisseurs et de chemins. Nous allons présenter le processus de sonification, l'extraction des données graphiques et leur traduction dans les paramètres audio. Enfin, nous discuterons des applications possibles de SUM, de la sonification d'image à la composition assistée par ordinateur, résultant de cette structure.

1. INTRODUCTION DE L'OUTIL SUM

L'outil SUM permet l'intégration de l'image et du son à travers une interface graphique. Créé à l'origine pour la sonification de cartes utilisées dans la planification urbaine [1], il prend en charge l'importation et la création de couches d'images multiples (pixels et vecteurs) en tant que données d'entrée. Les données sont ensuite extraites par le dessin d'un ou plusieurs tracés vectoriels sur les zones d'intérêt, puis l'association des attributs graphiques et des attributs sonores produit une partie audio. Ainsi SUM adopte une approche spatio-temporelle et multidimensionnelle de la sonification d'image, ce qui le distingue des autres outils de sonification d'image tels que SonART [2].

Comme une librairie dans PWGL [3], environnement visuel de composition assistée par ordinateur basé sur LISP, SUM peut aussi être utilisé comme un outil de composition graphique. ENP [4], l'éditeur de notation musicale interne de PWGL, permet strictement la description de partitions graphiques à base d'objet, plutôt que l'exploration pixel-par-pixel d'une partition comme une image. D'autres environnements graphiques de composition assistée par ordinateur, tels que HighC [5] et Iannix [6], inspiré par le système UPIC de Xenakis, permettent le dessin d'objets graphiques, mais sont limités à une ligne temporelle unique et horizontale. Cependant SUM, avec sa capacité de créer et de lire

des objets le long de plusieurs chemins spatio-temporels, permet à l'image d'être composée et jouée comme une partition graphique et ouverte, à partir de multiples perspectives.

Cet article va discuter de la structure de SUM, qui propose une approche multidimensionnelle de la sonification d'image et de la composition assistée par ordinateur.

2. LA STRUCTURE INTERNE DE SUM

L'outil SUM se compose de trois éléments principaux: image, chemin, et convertisseur. La section suivante explique chacun de ces éléments et leurs interrelations.

2.1. Images

SUM utilise des images comme sources de données. Chaque image est décrite par une table de couleurs, dans laquelle chaque couleur d'intérêt est associée à une valeur numérique arbitraire, pour être référencée dans le processus de sonification. SUM permet la superposition de plusieurs images, ce qui permet la synthèse de l'information graphique, visualisable comme une matrice 3D de données comme le montre la figure 1. Un groupe de sources de données est appelé un *dataset*, à partir duquel un certain nombre de couches d'image peuvent être sollicitées en tant que sources de données dans le processus de conversion.

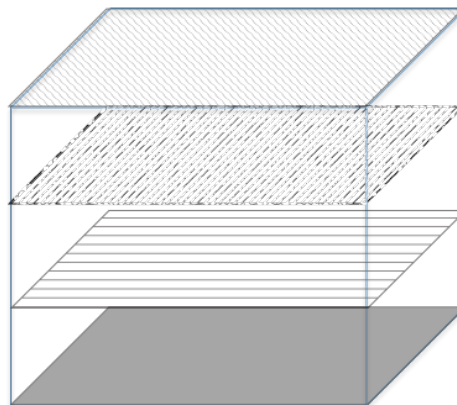


Figure 1. La visualisation d'un 'dataset' comme une matrice 3D, composée des couches d'images 2D

SUM permet la coexistence d'images pixellisées et d'images vectorielles. La flexibilité de l'importation en pixels permet à toute visualisation, y compris celles produites par d'autres logiciels, d'être sonifiées. La capacité de l'outil de dessin vectoriel permet d'être utilisé comme un outil de design assisté par ordinateur, tels que Adobe Illustrator ou AutoCAD, et donc de faire des dessins et des changements graphiques directement dans le logiciel.

2.2. Convertisseurs

Un convertisseur définit les caractéristiques du résultat sonore du processus de conversion. Il traduit les attributs graphiques extraits de l'image en événements audio discrets, en définissant les attributs sonores de hauteur, volume, articulation et timbre. La définition de chaque attribut sonore est indépendante de l'autre. Ainsi, un convertisseur peut se référer à de multiples sources de données. (figure 2) Un groupe de convertisseurs s'appelle un *mapper-group*.

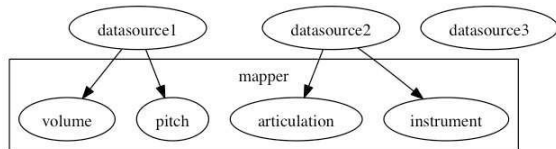


Figure 2. Le convertisseur de SUM : une définition possible des attributs sonores à partir de source de données

2.3 Chemins

Un chemin définit la connexion entre l'espace graphique et le temps musical. Il est un objet spatio-temporel constitué des qualités suivantes: la position et direction, le délai, la durée, et la vitesse. Le chemin est une ligne dessinée par l'utilisateur sur la zone d'intérêt, à laquelle sont attribués une vitesse et un délai. SUM permet la coexistence de plusieurs chemins de vitesses et délais différents.

3. LE PROCESSUS DE CONVERSION EN SUM

Le processus de conversion en SUM, de l'image au son, est un processus en deux étapes: les données graphiques sont récupérées à partir d'une source de données, selon un chemin ; il est ensuite appliquée à un convertisseur pour sa transformation en attributs sonores.

3.1. Extraction de données

Le processus de conversion SUM est basé sur le chemin. Les données sont récupérées à travers le

dessin d'un tracé vectoriel sur une image, et l'échantillonnage de l'image dans cette voie. Le trajet vectoriel est tramé conformément à l'algorithme de ligne de Bresenham, afin de le décomposer en points d'échantillonnage discrets, tout en conservant l'ordre des points pour déterminer la direction du trajet le long duquel le temps passe. Ainsi, pour une ligne s'étendant vers le haut et la gauche, les pixels seraient échantillonnés dans l'ordre indiqué dans la figure 3.

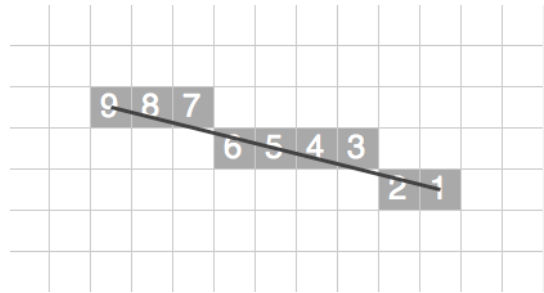


Figure 3. Schéma de l'algorithme de la ligne de Bresenham, montrant l'ordre d'échantillonnage

Chaque image est ensuite échantillonnée pixel par pixel afin de récupérer les données d'intérêt pour chaque point d'échantillon le long du chemin. L'utilisateur définit le début et la vitesse de la lecture pour déterminer la structure temporelle du processus de conversion.

3.2. Conversion des paramètres

Après l'extraction de l'information graphique le long d'un chemin, ces valeurs peuvent être appliquées à un convertisseur afin de générer les attributs sonores désirés d'un signal acoustique (la hauteur, le volume, l'articulation et le timbre). Le processus de conversion de paramètres est défini par une légende, à partir d'une source de données, avec une valeur sonore. Ceci peut être mis en œuvre, soit directement via l'interface graphique, ou avec une description en Lisp pour les conversions plus complexes.

L'application d'un chemin à un convertisseur produit un ensemble de paramètres sonores, qui peuvent ensuite être utilisés pour piloter une grande variété d'instruments, internes ou externes. PWGL a son propre synthétiseur interne ainsi que MIDI et OSC. Cela permet la connexion à des logiciels externes de synthèse sonore, tels que Max/MSP, et des possibilités flexibles pour la sortie audio.

Il convient de noter que le chemin et le convertisseur sont indépendants les uns des autres en termes de source de données. Ainsi différents convertisseurs peuvent être générés à partir du même ensemble de sources de données.

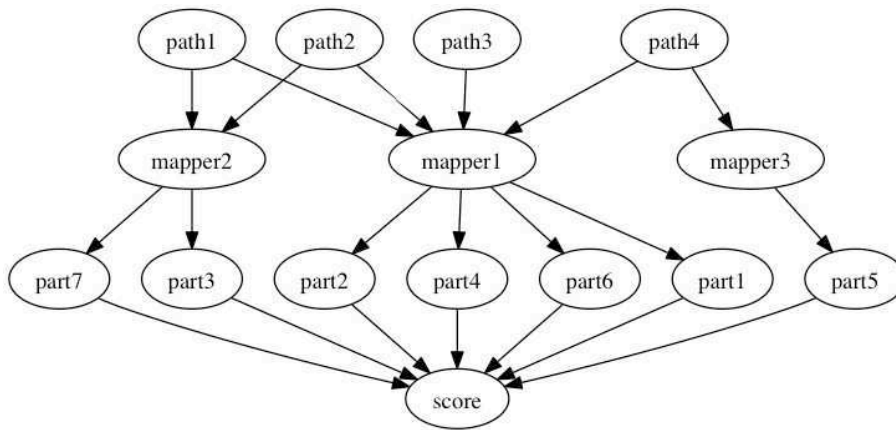


Figure 4. Un exemple d'une partition SUM- un réseau possible de chemins et de convertisseurs

4. PROCESSUS DE COMPOSITION EN SUM

Cette section portera sur le processus de composition en SUM. Ici, nous introduisons le concept de la partition SUM, composée de plusieurs parties.

Une partie SUM est une séquence d'événements audio, les qualités de ce qui est défini par l'extraction de données à partir d'un chemin et d'une image, et l'application de ce chemin à un convertisseur. Ainsi la génération d'une partie SUM est un processus basé sur le chemin. L'application de plusieurs chemins à convertisseur va produire des parties SUM multiples de la même qualité de timbre, mais de structure temporelle variable. L'application du même chemin à plusieurs convertisseurs va produire des parties SUM multiples de la même qualité spatio-temporelle, mais de qualités de timbre variables. Différentes combinaisons de chemins et de convertisseurs permettent la génération de parties SUM nombreuses à partir du même ensemble de données. La figure 4 montre un réseau possible de chemins et de convertisseurs, produisant une partition SUM.

5. APPLICATION : SONIFICATION D'IMAGE

La flexibilité du processus de conversion établi entre l'image et le son, a le potentiel pour une application à la sonification d'image – soit scientifique, soit artistique.

5.1. Sonification des données graphiques

L'outil SUM, avec son entrée à base d'images, et son processus de conversion défini par l'utilisateur, permet la sonification d'une image codifiée par la couleur. Cela en fait un outil flexible pour l'analyse des données basée sur l'image, car les résultats graphiques d'une analyse effectuée précédemment peuvent être convertis en fonction de son code couleur, sans problèmes de format de données ou de compatibilité de

logiciels. L'extension de l'outil à des couches multiples d'images signifie que les données spatiales peuvent être synthétisées par sonification, même lorsqu'elles sont limitées par la visualisation. Basé sur le chemin, SUM est le plus utile outil d'analyse de séquences linéaires d'événements spatio-temporels. Un domaine d'intérêt est la planification urbaine (figure 5), dans lequel les cartes peuvent être sonifiées le long des chemins de parcours, afin de comprendre leur organisation spatio-temporelle à une certaine vitesse.

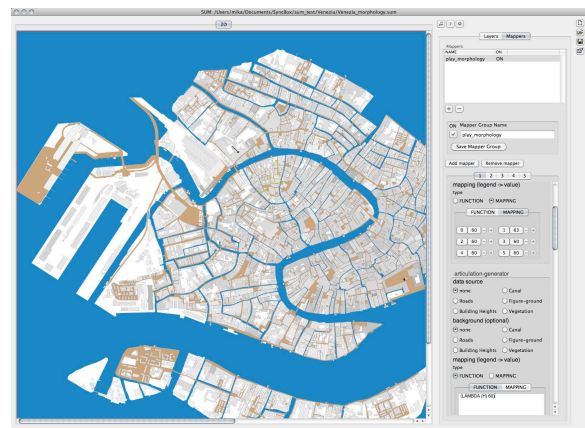


Figure 5. Sonification du plan urbain de la ville de Venise

5.2 Sonification artistique de 'musique visuelle'

Une autre application de la sonification d'image est dans le domaine des arts visuels, et en particulier la 'musique visuelle' des artistes comme Wassily Kandinsky [7] et Piet Mondrian. Avec SUM, on peut explorer cette notion de composition visuelle à travers leur sonification.

5.2.1 Sonification des chemins de mouvement

Kandinsky a exploré la ligne comme l'élément principal du mouvement en plusieurs études [8]. En SUM, on peut explorer le potentiel de ces 'lignes musicales' pour la structuration du temps dans une

partition graphique. Sur la figure 6, on a utilisé une étude de ligne de Kandinsky en tant que base, pour produire une composition sonore de différents mouvements spatio-temporels.

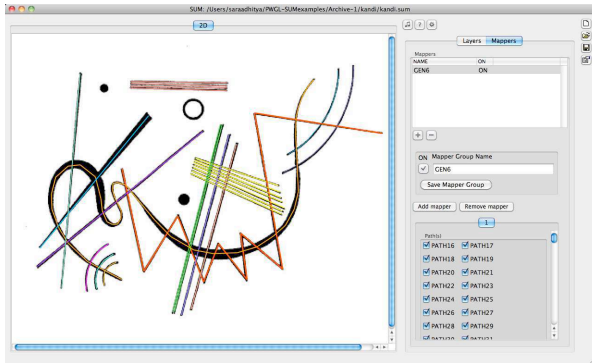


Figure 6. Une composition sonore basée sur les 'lignes musicales' de Kandinsky [9]

5.2.1 Sonification de 'compositions de couleurs'

La composition de couleur dans l'espace est une autre technique artistique de génération de rythmes visuels. Piet Mondrian a produit une série de tableaux intitulée «Composition», dans laquelle il explore la composition spatiale des couleurs primaires rouge, bleu et jaune. Dans son oeuvre *Woogie Broadway Boogie* (1942-43), le rythme du «boogie woogie» a été exprimé à travers ces couleurs le long d'une structure carrée ressemblant à des rues de New York [10]. Par le « mappage » de chaque couleur à un son différent, avec SUM on peut jouer cette peinture comme une partition graphique le long de ces chemins, et entendre le résultat rythmique (figure 7).

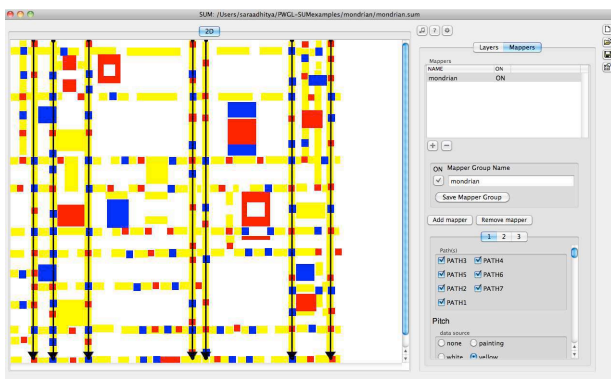


Figure 7. La sonification de *Broadway Boogie Woogie* de Mondrian [10]

5.3 Potentiel de sonification pour la composition musicale

À travers la sonification des oeuvres visuelles dans SUM, on peut explorer l'application de techniques de composition visuelle à la composition musicale. Dans la prochaine section, on va montrer l'utilisation de SUM comme outil de la composition assistée par ordinateur, vers la création d'une partition graphique.

6 APPLICATION : COMPOSITION ASSISTÉE PAR ORDINATEUR

L'outil SUM, avec sa capacité de dessin vectoriel, prend également en charge la création de partitions graphiques. Le processus de conversion défini par l'utilisateur, signifie qu'un compositeur est libre de créer son propre vocabulaire « graphique-son ». Il permet la création d'une partition de plusieurs couches graphiques (i.e. multiples dimensions spatiales), et sa lecture à partir de n'importe quelle direction, temps et vitesse (i.e. multiples dimensions temporelles). Cela donne la possibilité de génération d'une partition graphique, automatisée, ouverte et en 3D.

6.1 Création d'une partition graphique en SUM

Dans cette section on explique le processus de création d'une partition graphique dans SUM. Comme exemple on va recomposer la partition graphique de Rainer Wehinger (figure 8), de *Artikulation* (Gyorgy Ligeti).

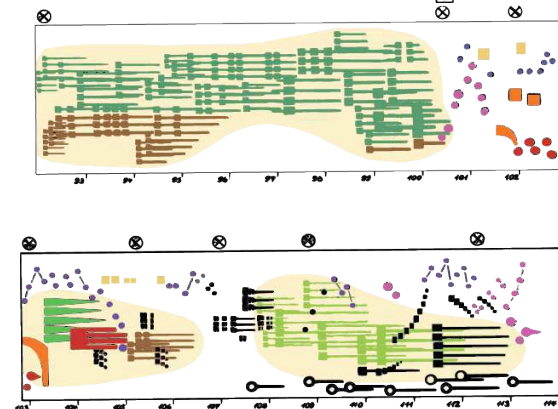


Figure 8. Une partie de la partition graphique de *Artikulation* (Ligeti) de Rainer Wehinger [11]

6.1.1 La table des couleurs des objets sonores

Wehinger a représenté graphiquement les différents objets sonores de Ligeti, en utilisant différentes formes et couleurs selon la légende de figure 9.

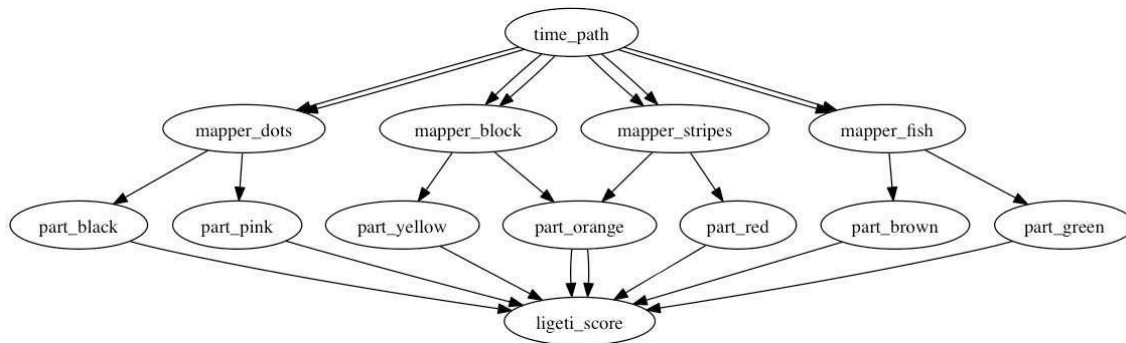


Figure 10. La structure d'une partition possible de Artikulation en SUM

Zeichensystem		Systems of symbols			
A	B	C	D		
Rauschen noise	harmonische und subharmonische Spektren harmonic and subharmonic spectra	ungefilterter Input unfiltered input	gefilterter Input filtered input		
6 5 4 3 2 1	7 8 9 10 11 12	13	Tonhöhe pitch hoch high mittel middle tief low	16 15 14	
erkennbare Tonhöhe recognizable pitch keine erkennbare Tonhöhe no recognizable pitch	keine erkennbare Tonhöhe keine proportionale Höhe no recognizable pitch linear proportion of noise				
Sinus tone 20 Hz-gefiltert 20 Hz-filtered terragefiltert third-filtered oktaergefiltert octave-filtered grob gefiltert rough-filtered weißes Rauschen white noise					

Figure 9. La légende de Wehinger de Artikulation [11]

A partir de cette catégorisation des objets sonores, on peut structurer une partition SUM comme représenté en figure 10.

6.1.2 La génération des couches d'images

Du fait que des objets sonores différents soient lus suivant les couleurs dans SUM, on peut construire les différents couches graphiques (figure 11) par rapport à leurs différentes couleurs.

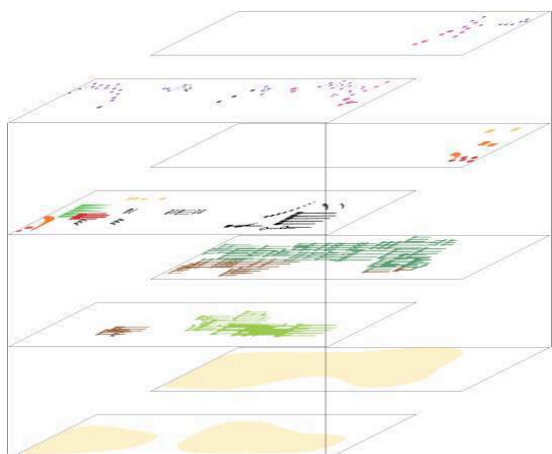


Figure 5. Les différents objets sonores d'Artikulation sont divisés en couches

6.4 La lecture de la partition graphique en SUM

SUM permet la coexistence de plusieurs chemins d'accès à des vitesses différentes, et donc il soutient la lecture d'une image comme une partition ouverte graphique. Dans la figure 12 nous donnons des exemples des différentes manières de jouer notre partition graphique «recomposée».

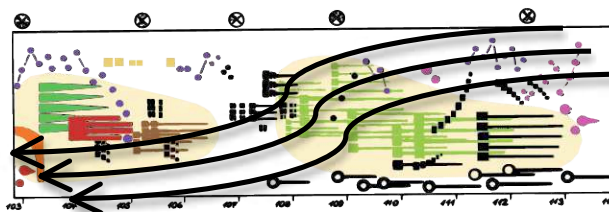
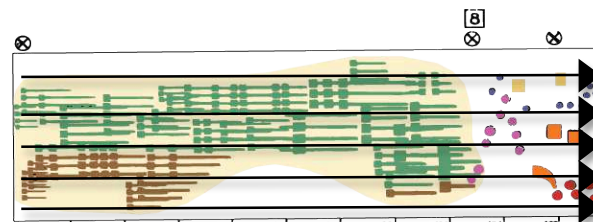


Figure 7. Des lectures alternatives de Artikulation

Au lieu de sa lecture 'conventionnelle', linéairement et de gauche à droite (dessus), on peut maintenant la jouer avec des chemins à partir de plusieurs directions (en bas), soit synchronisées, soit à différentes vitesses ou avec des différents temps de commencement.

6. CONCLUSIONS

Comme on le voit ci-dessus, la structure de l'outil SUM permet l'intégration de l'image et du son en temps, dans de multiples dimensions spatiales et temporelles. À partir de l'objectif de sonifier des plans urbains, pour l'analyse et la conception urbaines, il peut également être utilisé dans la composition d'une partition musicale graphique et multidimensionnelle. La structure flexible de SUM s'applique à la représentation audio-visuelle de systèmes complexes en général, ce qui nous permet de représenter plus que la simple somme de leurs parties, mais les relations

spatio-temporelles entre eux.

Les améliorations futures incluent l'automatisation de l'extraction de la palette couleur de l'image, et donc la génération de la table de couleurs. Nous visons également à améliorer notre approche à l'échantillonnage de chemin, afin de déterminer plus précisément la durée d'un chemin.

7. REFERENCES

[1] Adhitya S., Kuuskankare M., "The Sonified Urban Masterplan (Sum) Tool : Sonification For Urban Planning And Design", In: *17th ICAD International Conference on Auditory Display*, (2011).

[2] Woon Seung Yeo, Jonathan Berger, Zune Lee, "SonART: A framework for data sonification, visualization and networked multimedia applications", In: *30th ICMC International Computer Music Conference*, (2004)

[3] Laurson M., Kuuskankare M., Norilo V.: "An Overview of PWGL, a Visual Programming Environment for Music", In: *Computer Music Journal*, vol. 33, no.1, pp.19–31 (2009)

[4] Kuuskankare M., Laurson M., "Expressive Notation Package", In: *Computer Music Journal*, 30(4), pp. 67–79 (2006)

[5] Baudel, T., "High C draw your music", <http://highc.org/history.html>

[6] IanniX, a graphical open-source sequencer, based on Iannis Xenakis works, for digital art <http://www.iannix.org/en/index.php>

[7] "Visual music" – term first used by art critic Richard Fry in 1912 to describe Kandinsky's artwork

[8] Kandinsky, W. *Point to Line and Plane*, Dover Publications, Inc., New York (1979)

[9] Based on a line composition by Kandinsky (1979:165)

[10] Based on the painting by Piet Mondrian, *Broadway Boogie Woogie*, MOMA, NY (1942-43)

[11] Rainer Wehinger's graphic score (1969) for Gyorgy Ligeti's *Artikulation* (1958) <http://www.tumblr.com/tagged/artikulation>