

Analyse de la distribution des silences à l'aide du code MIDI
Micro et macro organisation d'une partition ; Exemple de « Fractale » (Gilles Raynal,2003)
C.Durore,LaMP,CNRS, durore @ opgc.univ-bpclermont.fr

Introduction

La musique, comme la parole et comme un grand nombre de phénomènes physiques auto-organisés (avalanches, débits des rivières, pluie locale, turbulences, bruit dans les semiconducteurs , etc.) possède des propriétés « fractales ». La définition d'un fractale de la part de son inventeur (Mandelbrot,1982) est « un objet possédant des détails perceptibles à toute les échelles de grossissement ». De ce fait, la musique est trivialement fractale car elle possède bien des détails depuis la milliseconde (les fluctuations de timbre d'un instrument ou le legato d'un instrumentiste) jusqu'à l'œuvre complète en passant par toute une hiérarchie de structures utilisées par le compositeur. L'intérêt physique de la notion de fractale apparaît lorsqu'il existe une certaine « régularité » dans la hiérarchie de détails composant l'objet observé, régularité que les physiciens appellent les propriétés **d'invariance d'échelle** de la mesure. R.Voss (Nature,27 Nov 1975) a par exemple montré que la transformée de Fourier (qui permet de quantifier l'importance des détails d'une échelle donnée dans la construction de l'objet) est proche de celle d'un **bruit en 1/F**, très étudié en physique car très courant (exemples précités) mais toujours mal compris car lié au problème central (et non résolu) de la turbulence. Dans ce travail nous utilisons une autre propriété d'invariance d'échelle en mesurant la **probabilité de l'apparition de silences** (dans la plus grande gamme d'échelle de temps observable) dans une œuvre musicale. Nous montrons que cette probabilité est proche d'une loi « **Levy-stable** », caractéristique des fractales, et très différente d'une distribution aléatoire d'événements (loi de Gauss ou loi de Poisson). En effet, la probabilité de l'apparition d'un très long silence est beaucoup plus probable dans un fractale que dans un objet purement aléatoire. Cette hiérarchisation et/ou organisation des silences est également observée pour les signaux turbulents, par exemple pour les **durées d'absence de pluie** entre 20 minutes et quelques jours, ou pour les **trous entre les nuages** allant de quelques dizaine de centimètres à des dizaines de kilomètres (Durore et Guillemet, JRA,1991), qui possèdent des propriétés semblables à celles des partitions étudiées ici à des échelles de la dizaine de millisecondes à quelques secondes de silence.

Données utilisées

L'enregistrement MIDI permet des analyses temporelles très précises (à la milliseconde) sur des échantillons de musiques, soit enregistré en temps réel (détection des fluctuations du legato d'un pianiste, la micro organisation), soit extraite d'une partition (pour l'analyse de la structure des « pas de temps » utilisés dans la construction, la macro organisation). Nous comparons deux fichiers temps réels (une **étude de Chopin** et une **improvisation** sur une thème populaire) avec deux fichiers extraits de partitions (« **Fractale** » de **Gilles Raynal** (2003) et la partition de la **6ième symphonie de LWB**). La figure 1 montre l'existence de détails dans les détails c'est à dire l'existence d'une hiérarchie temporelle des événements musicaux (en haut la pièce entière, en bas un détail de 10 secondes).

La figure 2 représente les fonctions de distribution, c'est à dire la probabilité d'observer un silence de durée supérieure à DT en fonction de DT (en millisecondes). La pente locale de la fonction de distribution permet de mesurer l'exposant caractéristique de la loi Levy-stable. Une loi Levy-stable d'exposant 1 (en tireté sur les figures) semble bien approximer les observations en temps réels pour la micro échelle (de 30 millisecondes à 0.3 seconde).

Les observations tirées d'une partition sont quantifiées (blanche ,noire, croche,...) et la micro échelle (legato de l'interprète) n'est pas notée. Les silences de durées inférieures à 0.1 seconde sont donc « contraint » par la partition. Cependant, pour les silences entre 0.1 et 2 secondes (les macro structures) on observe un bon accord avec une loi Levy-stable d'exposant 1 pour les trois parties (un piano (à quatre mains) et deux percussions) de « Fractale ». Dans le cas de la symphonie de Beethoven (figure non représentée) l'exposant de Levy semble plus proche de 2. Notons que la mesure de la probabilité d'apparition des longs silences est limitée par la durées des œuvres analysées (une dizaine de minutes). Les figures présentées ne sont statistiquement représentative que pour des échelles de temps inférieures à quelques seconde de silence au delà desquelles le nombre de silences devient trop faible. Cela n'implique pas l'inexistence de hiérarchie de durée comparable à l'œuvre (une dizaine de minutes).

Conclusions

La mesure de l'exposant de Levy de la distribution des silences est un moyen de quantifier l'invariance d'échelle de la construction ou de l'interprétation d'une œuvre musical. A ce titre « fractale » de G.Raynal semble subtilement fractale car elle conserve à macro échelle l'exposant 1 observé à micro échelle pour des musiques improvisées ou interprétées. Intuitivement l'exposant de Levy (comme l'exposant des lois en 1/F) est lié à la **lisibilité** du message musical. Il semble que l'humain détecte mal les structures trop peu redondantes (trop chaotiques) et s'ennuie avec des structures trop redondantes (trop prévisibles), ceci est une contrainte forte pour la création musicale. .

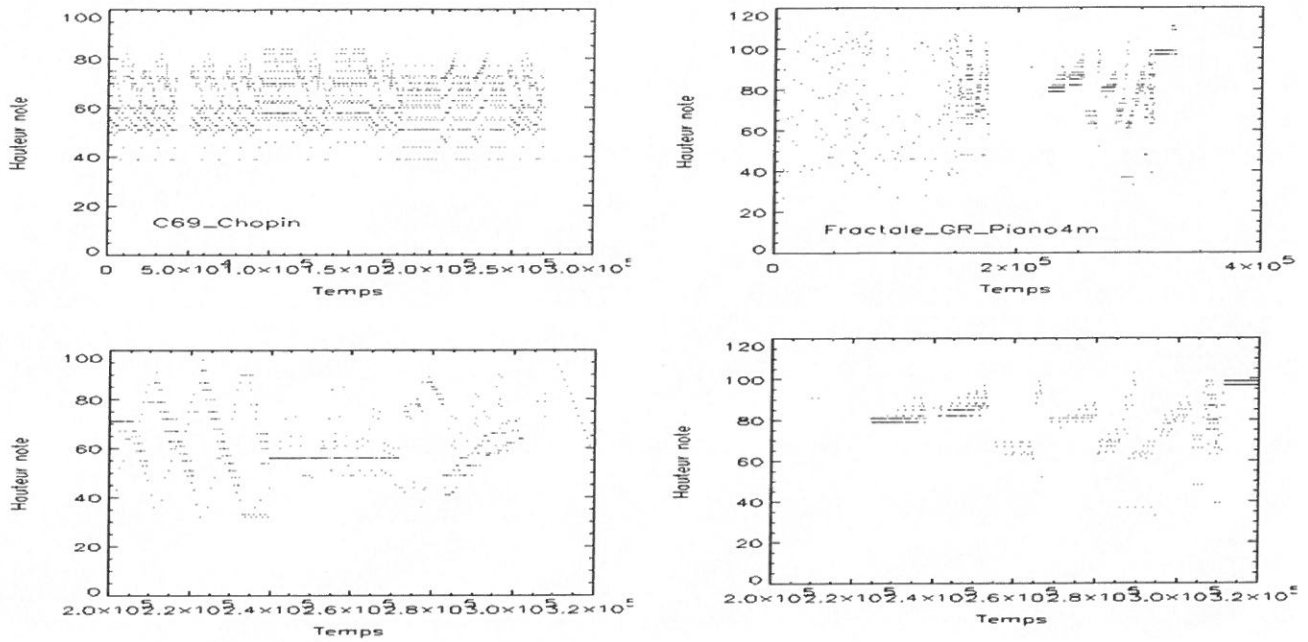


Figure 1: En haut, partition MIDI des évènements musicaux (début et fin de note) pour une étude de Chopin (C69) et pour « Fractale » de Gilles Raynal (2003). En bas, un agrandissement d'un détail de 10 secondes. Le temps est en millisecondes. Des détails, c'est à dire des indices de structuration du message, sont identifiables pour ces deux échelles de temps. Cela qualifie la « fractalité » de ces deux partitions. La figure 2 la quantifie sur un aspect.

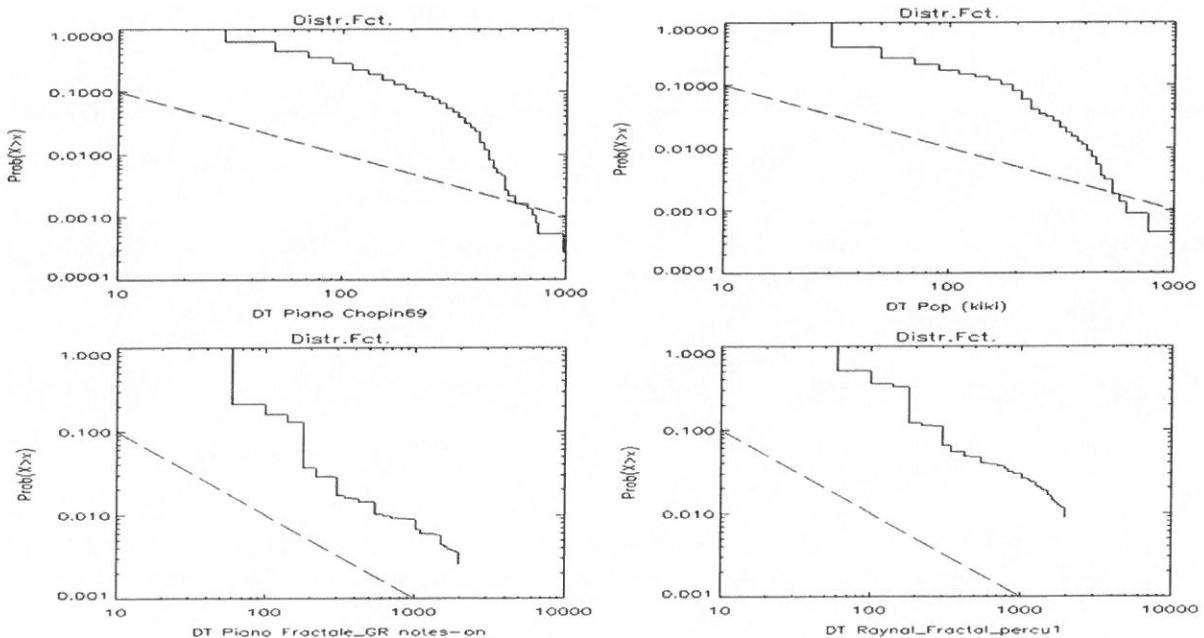


Figure 2: Fonction de répartition de la longueur des silences. En haut, pour des partitions en temps réel (Chopin et improvisation sur un thème populaire). Les petits intervalles DT (inférieur à 200 millisecondes) sont proches d'une loi Levy-stable (en tireté) d'exposant 1.
 En bas, Idem pour la partition de « Fractale » (G.Raynal,2003) pour deux voix d'orchestre..
 Les legato (micro organisation) inférieur à 100 millisecondes sont artificielles (blanche,noir,croche...).
 Par contre la macro organisation est proche de la même loi Levy-stable que les partitions en temps réel.
 La 6ième symphonie de LWB semble être également Levy-stable (pour les silences), mais avec un exposant Proche de 2, donc différent de l'exposant 1 observé pour les silences de la partitions en temps réelle.