

La conversion de midifiles en MusicT_EX

Michel BEIGBEDER Jean-Jacques GIRARDOT

École des Mines de Saint-Étienne
e-mail : {mbeig|girardot}@emse.fr

Mots-clés : *Midifile, MusicTeX, partitions musicales.*

1. Introduction

La mise en page de textes musicaux est réalisée d'une façon traditionnelle par des copistes. Ceux-ci réalisent un travail important, car la qualité qui doit être obtenue doit être suffisamment élevée pour que la partition soit lisible. De nombreuses conventions doivent être respectées, en particulier des « synchronisations verticales » sont indispensables. Ces contraintes sont différentes de celles habituellement gérées par les formateurs de textes ou par les traitements de textes en général, et par T_EX en particulier.

Cependant la création de partitions n'est pas le seul problème auquel nous nous adressons. En effet, l'origine de T_EX fut le besoin d'avoir un formateur de textes destiné aux mathématiciens et qui leur permette d'insérer dans leur document des formules mathématiques correctement typographiées. L'outil a été étendu, entre autre par des jeux de macros pour fournir un outil de grande qualité typographique à d'autres catégories de créateurs de texte : chimistes, bridgeurs, etc. Aujourd'hui MusicT_EX permet de fournir cet outil aux musiciens ou aux musicologues qui rédigent des textes sur la musique en leur permettant d'écrire un article normal et d'y inclure des extraits musicaux grâce à une option de style en L^AT_EX.

Les jeux de macros de MusicT_EX permettent d'accéder à des polices dédiées à l'impression musicale et fournissent des commandes pour instancier des notes de musique sur des portées. Mais leur syntaxe est difficile à introduire et peu familière aux musiciens. Par ailleurs, il existe un format de fichier largement répandu : le format *midifile*. On peut trouver de nombreux outils sur des micro-ordinateurs pour créer des séquences musicales et les sauvegarder sous ce format. Il existe aussi de nombreuses séquences disponibles sous la forme de tels fichiers soit sous forme commerciale, soit accessibles sur des serveurs connectés à Internet. Ce format est aujourd'hui un standard de fait pour la communication de données musicales.

Nous étudions dans cet article la possibilité de passer de la représentation musicale contenue dans un fichier *midifile* à la représentation graphique classique

sous forme de partition, cette dernière étant elle-même décrite avec les macros de MusicTeX.

2. Les éléments de l'écriture musicale

Un texte musical est très différent d'un texte ordinaire dans les symboles graphiques manipulés. Un petit inventaire permet de s'en rendre compte :

Les portées : on ne peut assimiler une portée à un caractère ; en effet, quasiment tous les autres symboles graphiques sont affichés **par dessus**.

Les notes et les altérations ressemblent à des caractères dans la mesure où chaque figure de note (ronde, blanche, noire, ...) correspond à une forme à afficher, et où celles-ci sont posées les unes à côté des autres. Une différence essentielle est cependant que leur position verticale est un autre paramètre, alors que la position verticale des caractères d'un texte ordinaire est sur une ligne de base. Dans la même catégorie d'objets, ceux qui sont posés les uns à côté des autres, il y a aussi les altérations, les indications de signature rythmique, les barres de mesure, de répétition, les clés, etc.

Les liaisons et les poutres sont des éléments qui s'étendent en largeur et ont une forme et une position qui doit s'adapter aux notes liées.

Les indications de nuances apparaissent au dessus ou au dessous des portées.

Si certains de ces éléments sont disposés côte à côte, la structuration d'un texte musical présente plusieurs aspects qui doivent tenir compte des deux dimensions d'une page imprimée.

3. Les données : un fichier *midifile*

Les fichiers *midifiles* sont normalisés par l'organisation CMA (Computer Music Association) qui regroupe des constructeurs de synthétiseurs de musique et des éditeurs de logiciels. A la base de la description contenue dans un fichier *midifile* il y a les *événements*. Chaque événement est associé à une date : cela correspond à l'idée du jeu instrumental, où, à certains instants (certaines dates) le musicien exécute certains mouvements. Par exemple, à une date t_0 un pianiste appuie sur une touche, ce qui correspond au début d'une note. Il existe donc un événement appelé *note on* qui correspond à cette action. Cet événement a deux paramètres, le premier indique le numéro de la note dans une gamme chromatique depuis C_{-1} (numéroté 0, ainsi 60 correspond à C_4), et le second (la vitesse) précise avec quelle force cette touche a été enfoncée. De même, il existe un événement appelé *note off* qui correspond au lâcher de cette touche. Les dates sont mesurées soit dans un temps absolu (en secondes depuis le début du morceau) ou en

temps musical, en tantième de ronde et une indication de tempo permet de retrouver une date absolue.

exemple

date	événement	hauteur	vélocité
192	note on	60	64
240	note off	60	64
240	note on	63	64
288	note off	63	64
288	note on	67	64
336	note off	67	64

Cet exemple devrait être reproduit sous la forme :



Les autres événements concernent le contrôle des paramètres des synthétiseurs, comme le volume d'un instrument, le vibrato, la position stéréophonique, etc.

On voit donc que les informations enregistrées dans un fichier *midifile* sont de bas niveau et correspondent directement aux actions d'un instrumentiste sur son instrument.

3.1. Les informations manquantes

3.1.1. Les enharmonies

Les hauteurs des notes sont définies par un numéro qui correspond simplement au numéro d'ordre d'une touche sur le clavier d'un piano. Cependant, dans la notation musicale traditionnelle, il y a plusieurs notations pour la même touche : par exemple, pour le numéro de touche 63 certains contextes exigent un mi bémol, d'autres un ré dièse (et même parfois un fa double bémol). Un fichier *midifile* ne contient pas d'information explicite sur le choix entre ces trois possibilités. Parmi les trois choix possibles, nous prenons celui qui est harmoniquement le plus proche, puisque la tonalité du morceau est connue. Ainsi en do majeur, une gamme chromatique utilisera les notes suivantes : do, do dièse, ré, mi bémol, mi, fa, fa dièse, sol, sol dièse, la, si bémol, si.

3.1.2. Les figures de notes

Les figures de notes ne sont pas explicitement présentes mais doivent être déduites de leur longueur et de leur position dans la mesure. Même si les problèmes de quantisation sont résolus (voir la section correspondante), il y a plusieurs choix

possibles pour des notes de même longueur. Par exemple, une note qui dure deux temps dans une mesure à 4/4 peut être représentée soit par une blanche, soit par deux noires liées, en particulier si cette note est à cheval sur deux mesures.

3.1.3. *Les indications de nuances*

De même les indications de nuances (de puissance des notes jouées) ne sont pas disponibles sous une forme synthétique comme les indications *piano*, *forte*, *crescendo*, mais chaque note a sa propre indication de puissance : la vélocité. C'est pourtant une information synthétique appréhendable par un instrumentiste qui doit être imprimée sur une partition.

3.1.4. *La séparation en portées et en voies*

Les instruments monodiques — ceux qui ne peuvent produire qu'une seule note à un instant donné — ont des partitions « simples ». Par contre, pour les instruments à clavier, il faut disposer les notes sur deux, voire trois portées. C'est un travail difficile qui relève de l'intelligence artificielle ou du moins d'un système expert puisqu'il y a de toutes façons plusieurs solutions possibles, et qu'il faudrait évaluer leur degré de lisibilité par l'instrumentiste, tout en tenant compte des possibilités d'exécution.

3.1.5. *Les abréviations, les ornements, les indications de phrasé*

De même d'autres éléments imprimés comme les liaisons de phrasé, les poutres qui attachent les croches (et autres figures de notes plus courtes) successives entre elles, les abréviations de notations (trilles, mordants, gruppetto, trémolo, etc.), les symboles d'accentuation doivent être complètement « inventés » à partir de leur traduction dans le langage de bas niveau : celui de l'exécution instrumentale qui se trouve dans un fichier *midifile*.

3.2. La quantisation

Un petit décalage dans les données de date peut entraîner d'importantes modifications dans l'aspect visuel d'une partition et rendre celle-ci totalement illisible. Ainsi la seule différence entre l'exemple précédent et ce nouvel exemple réside dans la date du *note on* du sol, où ce dernier a encore la durée d'une noire, mais est joué en avance d'une quadruple croche.

date	événement	hauteur	vélocité
192	note on	60	64
240	note off	60	64
240	note on	63	64
285	note on	67	64
288	note off	63	64
333	note off	67	64



De tels décalages sont très fréquents lorsque les fichiers *midifiles* sont créés par un enregistrement en temps réel, par un séquenceur, du jeu sur un clavier. Ces décalages ne sont pas nécessairement des défauts d'exécution mais font partie de l'interprétation. Par ailleurs, certains séquenceurs permettent un enregistrement en pas à pas. Dans ce cas, les notes sont exactement à leur place et ont exactement la bonne longueur. Si le jeu des séquences créées de cette façon paraît trop mécanique à l'écoute, elles sont cependant les meilleures candidates à l'impression de la partition. Pour les fichiers créés par enregistrement en temps réel, une étape de quantisation doit donc « arrondir » les dates et les longueurs de façon à éviter les aberrations d'écriture. Nous ne traitons pas le problème de la quantisation dans notre logiciel puisque presque tous les séquenceurs possèdent ce genre de fonctions.

4. Les capacités de MusicTeX

MusicTeX permet d'accéder à la quasi totalité des notations musicales traditionnelles. Les limitations concernent les liaisons de forme « compliquée » (voir la documentation de MusicTeX).

Le modèle utilisé par MusicTeX consiste à écrire dans un fichier des groupes de notes dans l'ordre où ils sont lus par un musicien. Il y a donc un mélange entre un mode horizontal dans lequel des notes ou des accords sont écrits les uns à côté des autres produisant ainsi une séquence de notes, et un mode vertical où ces séquences de notes sont écrites les unes au dessus des autres, puis un retour au mode horizontal pour le paquet suivant.

Si la possibilité d'alterner ces deux modes horizontaux et verticaux peut être intéressante lorsque les données sont entrées manuellement, il est plus simple de ne pas utiliser cette capacité dans le cadre d'une génération automatique du fichier MusicTeX. Aussi nous n'utilisons pas le premier mode horizontal, c'est-à-dire que les groupes de notes que nous allons engendrer ne contiennent qu'une note ou un accord (ou encore un silence, ou même rien du tout pour assurer la synchronisation verticale). Chaque groupe de notes correspond donc à une position horizontale et contient toutes les informations relatives à une date.

5. Les étapes de l'algorithme

5.1. Affectation des notes aux portées

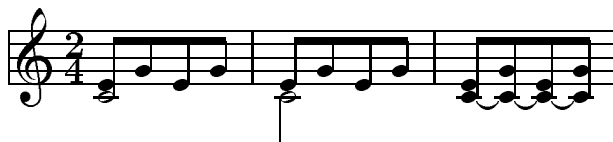
Dans un fichier *midifile*, les notes sont associées à un canal. Un canal est quant à lui associé à un instrument. Le problème traité dans cette première phase consiste à séparer les notes d'un canal sur plusieurs portées, lorsque l'instrument (un piano par exemple) le nécessite. C'est un problème difficile, lié à celui de l'utilisation des clés. Nous n'avons pour l'instant implémenté qu'un algorithme très simple :

- si la tessiture utilisée sur un canal est grande, ce canal est écrit sur deux portées respectivement en clé de sol 2ème ligne et clé de fa 4ème ligne et les notes sont réparties entre les deux portées uniquement sur un critère de hauteur, et indépendamment du contexte.
- si au contraire la tessiture utilisée sur un canal est petite, toutes les notes sont écrites sur une seule portée avec une clé de sol 2ème ligne ou une clé de fa 4ème ligne selon ce qui est le plus approprié.

Dans le cas d'une tessiture étendue, l'utilisation que nous faisons des deux portées n'est pas l'utilisation traditionnelle. Dans cette dernière, chaque portée correspond à une main du pianiste et non aux hauteurs des notes jouées. De plus, les deux portées peuvent utiliser la même clé, ce que nous ne savons pas gérer.

5.2. Synchronisation dans un instrument

Le but de cette étape est de découper les notes qui doivent apparaître dans une même voie de façon à ce qu'elles soient toutes synchrones entre elles. Par exemple, si dans une voie on a une blanche tenue pendant la durée de quatre croches, nous découpons la blanche en quatre croches liées :



De cette façon, nous évitons l'écriture de la première mesure qui est illisible, et celle de la deuxième qui fait apparaître deux voies — bien que pour cet exemple, ce serait sans doute préférable d'afficher les données sous cette forme — pour obtenir l'écriture de la troisième mesure.

5.3. Détermination des figures de notes

La détermination des figures de notes s'effectue grâce à la durée qui est au départ la seule quantité connue. Cette durée est mesurée en tantième de noire, que

nous appellerons *ticks*. Par exemple, il est possible de diviser la noire en quarante-huitièmes. Les durées sont représentées par un entier : 48 correspond à la durée d'une noire, 24 à celle d'une croche, 12 à celle d'une double croche, . . . , 96 à celle d'une ronde, etc.

Cependant toutes les durées ne correspondent pas directement à une figure de note affichable. Ainsi (toujours avec la même division de la noire) une durée de 72 peut être affichée de différentes façons. Celles qui sont le plus plausibles sont :

- une noire pointée,
- une noire liée à une croche,
- une croche liée à une noire.

Nous choisissons en fait seulement entre la première et la troisième possibilité. Pour cela, à chaque *tick* d'une mesure est associée la plus grande durée directement affichable à cette date. Ainsi, dans une mesure à quatre noires (4/4), la plus grande durée est :

- sur le premier temps (tick 0), une ronde ;
- sur le troisième temps (tick 96), une blanche ;
- sur le deuxième ou le quatrième temps (tick 48 ou 144), une noire ;
- sur les contre-temps (tick 24, 72, 120, ou 168), une croche ;
- etc.

De cette façon, une même durée peut être affichée de différentes manières. Ainsi, dans une mesure à quatre noires la durée 72 est affichée comme une noire pointée lorsqu'elle débute sur le premier ou le troisième temps, comme une noire liée à une croche sur le deuxième ou le quatrième temps, et comme une croche liée à une noire sur les contre-temps.

5.4. Synchronisation inter-instruments

Cette synchronisation ne fait qu'ajouter des espaces entre les séquences engendrées précédemment pour que les notes qui doivent être jouées simultanément apparaissent l'une en dessous de l'autre. Par exemple, les étapes précédentes ont pu fabriquer les séquences suivantes pour deux instruments :





Ces deux séquences ont la même durée et doivent donc être “verticalement alignées”. Leur combinaison impose leur synchronisation, de façon à obtenir :



Dans cette étape, il n’y a que des ajouts d’espace pour que les notes débutant au même moment soient verticalement alignées. Cette étape ne nécessite pas de découpe des notes. Ainsi, dans le bref extrait précédent, un “espace” est inséré après chaque noire et chaque soupir du deuxième instrument.

5.5. Positionnement des notes

Cette étape choisit une note effective pour chaque hauteur spécifiée. Par exemple, c’est ici qu’on choisit entre ré dièse et mi bémol ou fa double bémol pour la hauteur numérotée 63.

5.6. Génération des poutres

Cette étape s’occupe d’engendrer les poutres entre les notes successives qui sont toutes de durée plus courte que la croche. D’une figure de note à la suivante, le nombre de poutres peut être soit le même, soit inférieur, soit supérieur. Par exemple, la succession croche-double-double donne les nombres de poutres 1-2-2. Ce nombre augmente puis est stable, et appartient donc au cas noté \leq dans le tableau ci-dessous. Il y a donc trois possibilités qui interviennent avant une figure donnée, et trois possibilités après, d’où neuf cas à étudier pour déterminer ce qui est être fait pour une figure de note donnée :

Avant	Après	
=	=	Rien à faire.
=	>	Rien à faire.
=	<	Terminaison des poutres inutiles ensuite.
<	=	Modification du nombre de poutres.
<	>	Modification du nombre de poutres et terminaison des poutres inutiles ensuite.
<	<	Modification du nombre de poutres.
>	=	Rien à faire.
>	>	Terminaison des poutres inutiles ensuite.
>	<	Rien à faire.

Il faut aussi choisir une hauteur de positionnement et une pente de poutre pour que les hampes de raccordement des notes à la poutre ne soient ni trop longues, ni trop courtes. Nous cherchons la droite d'approximations par les moindres carrés, de laquelle nous déduisons une pente, puis nous cherchons une abscisse de départ de façon à ce que toutes les hampes aient une longueur minimale.

6. Un exemple

Dans l'annexe A de cet article se trouve un exemple d'un fichier *midifile* très court qui montre ce que peut réaliser notre logiciel. Le fichier *midifile* apparaît sous forme lisible avec dans chaque ligne une date suivie par l'événement arrivant à cette date. Nous donnons ensuite en annexe B le fichier `.tex` engendré, et en annexe C son formatage.

On pourra noter l'alignement correct qui est réalisé entre les différentes voies, le découpage adaptatif des différentes notes qui ont la longueur d'une noire pointée, le découpage des silences qui respecte les temps. Le défaut principal concerne le découpage du do blanche de la première mesure en huit double croches liées. En fait, il faudrait faire apparaître deux voies et n'utiliser que la clé de sol. Avec ces indications, le formatage obtenu est celui de l'annexe D.

7. Disponibilité

Les sources du programme *mdf2tex* sont disponibles sur `ftp.emse.fr` dans le répertoire `/pub/MusicTeX`.

8. Conclusion et perspectives

Ce travail montre qu'il est possible de fournir au musicien le moyen d'inclure des extraits musicaux dans un article d'analyse musicale en partant d'un fi-

chier de données d'un format standard : le fichier *midifile*. Générer entièrement automatiquement une partition complète pose encore des problèmes difficiles.

En effet, nous avons vus que les données disponibles dans un fichier *midifile* sont de bas niveau, et il est difficile d'y reconnaître les données de plus haut niveau indispensable à une impression de qualité. Toutefois, nous pensons qu'il devrait être possible d'obtenir une très bonne qualité avec assez peu d'informations supplémentaires grâce à la fourniture par l'utilisateur des données que les algorithmes mis en place ne calculent pas correctement. Ainsi, pour les hauteurs de notes, tant que le morceau reste dans la tonalité de base indiquée par l'armure, la hauteur calculée est correcte. Par contre s'il y a une modulation (un changement de tonalité temporaire), celui-ci ne peut pas être déduit automatiquement : c'est un exemple d'information qui pourrait être fourni par l'utilisateur.

Ces informations complémentaires pourraient apparaître soit dans le fichier *midifile* lui-même sous la forme de méta-événement spéciaux, ou sous la forme d'un fichier annexe. Outre les modulations précédemment évoqués, on pourrait y trouver les indications de nuances, les ornements, les hauteurs de poutre, la main utilisée au piano, etc. La liaison entre les deux fichiers peut se faire très simplement au moyen des dates telles qu'elles sont déjà définies dans les fichiers *midifile*.

Annexe A : un fichier midifile

```

MThd (starting at 0x000000)          192          on 0 3b 40
    0 format : 0                    192          off 1 2b 40
    0 tracks : 1                    192          off 2 45 40
    0 division: 48                  192          on 2 43 40
MTrk (starting at 0x00000e)        204          off 0 3b 40
    0 time sgn 4/4 (24 8)          204          on 0 3e 40
    0 tempo 500000 ms --> 120      204          off 2 43 40
    0 key sgn maj                   216          off 0 3e 40
    0 on 0 3c 40                   216          on 0 43 40
    0 on 0 40 40                   216          on 1 2b 40
    0 on 1 30 40                   228          off 0 43 40
    12 off 0 40 40                 228          on 0 3e 40
    12 on 0 43 40                  240          off 0 3e 40
    24 off 0 43 40                 240          on 0 3b 40
    24 on 0 48 40                  252          off 0 3b 40
    36 off 0 48 40                 252          on 0 3e 40
    36 on 0 43 40                  264          off 0 3e 40
    48 off 0 43 40                 264          on 0 43 40
    48 on 0 40 40                  276          off 0 43 40
    60 off 0 40 40                 276          on 0 3e 40
    60 on 0 43 40                  288          off 0 37 40
    72 off 0 43 40                 288          on 0 3b 40

```

72 on 0 48 40	288	off 0 3e 40
72 off 1 30 40	288	off 1 2b 40
72 on 1 30 40	288	on 1 2b 40
84 off 0 48 40	336	off 0 3b 40
84 on 0 43 40	348	on 2 43 40
96 off 0 3c 40	360	off 1 2b 40
96 on 0 40 40	360	off 2 43 40
96 off 0 43 40	360	on 2 45 40
144 off 0 40 40	372	off 2 45 40
144 off 1 30 40	372	on 2 47 40
144 on 1 2b 40	384	off 2 47 40
156 on 2 48 40	384	End Of Track
168 off 2 48 40		channel 0 voices 2 length 384
168 on 2 47 40		channel 1 voices 1 length 384
180 off 2 47 40		channel 2 voices 1 length 384
180 on 2 45 40		3 channels
192 on 0 37 40		

Annexe B : le fichier généré

```

\musicsize=16
\def\nbinstruments{3}
\generalmeter{\meterfrac{4}{4}}
\generalsignature{0}
\nbportes=2
\cleftoksi={6}{0}{0}{0}
\cleftoksii={6}{0}{0}{0}
\cleftoksiii={0}{0}{0}{0}
\debutmorceau
\normal
% bar 1
\Notes\pause|\ibbu0f{0}\itenl0c\rlap{\qh0c}\rlap{\qh0e}\sk&\pt J\zqu J\sk&\hpaus
\Notes\sk|\tten0\itenl0c\rlap{\qh0c}\rlap{\qh0g}\sk&\sk&\sk\enotes
\Notes\sk|\tten0\itenl0c\rlap{\qh0c}\rlap{\qh0j}\sk&\sk&\sk\enotes
\Notes\sk|\tten0\itenl0c\rlap{\qh0c}\rlap{\qh0g}\sk&\sk&\sk\enotes
\Notes\sk|\tten0\itenl0c\rlap{\qh0c}\rlap{\qh0e}\sk&\sk&\sk\enotes
\Notes\sk|\tten0\itenl0c\rlap{\qh0c}\rlap{\qh0g}\sk&\sk&\sk\enotes
\Notes\sk|\tten0\itenl0c\rlap{\qh0c}\rlap{\qh0j}\sk&\itenl1J\zcu J\sk&\sk\enotes
\Notes\sk|\tbu0\tten0\rlap{\qh0c}\rlap{\qh0g}\sk&\sk&\sk\enotes
\Notes\sk|\zqu e\sk&\tten1\zqu J\sk&\qp\enotes
\Notes\sk|\qp&\zqu G\sk&\qs\enotes
\Notes\sk|\sk&\sk&\ibbl0j{-5}\rlap{\qb0j}\sk\enotes
\Notes\sk|\sk&\sk&\rlap{\qb0i}\sk\enotes
\Notes\sk|\sk&\sk&\tbl0\rlap{\qb0h}\sk\enotes

```

```

\barre
% bar 2
\Notes\ibbl0N{0}\itenu0N\rlap{\qb0N}\rlap{\qb0b}\sk|\qs&\ds&\zccu g\sk\enotes
\Notes\tten0\itenu0N\rlap{\qb0N}\sk|\ibbu1e{0}\rlap{\qh1d}\sk&\sk&\qs\enotes
\Notes\tten0\itenu0N\rlap{\qb0N}\sk|\rlap{\qh1g}\sk&\iten1G\zcu G\sk&\ds\enotes
\Notes\tten0\itenu0N\rlap{\qb0N}\sk|\tbu1\rlap{\qh1d}\sk&\sk&\sk\enotes
\Notes\tten0\itenu0N\rlap{\qb0N}\rlap{\qb0b}\sk|\qs&\tten1\zqu G\sk&\qp\enotes
\Notes\tten0\itenu0N\rlap{\qb0N}\sk|\ibbu1e{0}\rlap{\qh1d}\sk&\sk&\sk\enotes
\Notes\tten0\itenu0N\rlap{\qb0N}\sk|\rlap{\qh1g}\sk&\sk&\sk\enotes
\Notes\tb10\tten0\rlap{\qb0N}\sk|\tbu1\rlap{\qh1d}\sk&\sk&\sk\enotes
\Notes\zq1 b\sk|\hpause&\pt G\zqu G\sk&\qp\enotes
\Notes\qp|\sk&\sk&\qs\enotes
\Notes\sk|\sk&\sk&\ibbu0g{5}\rlap{\qh0g}\sk\enotes
\Notes\sk|\sk&\ds&\rlap{\qh0h}\sk\enotes
\Notes\sk|\sk&\sk&\tbu0\rlap{\qh0i}\sk\enotes
\finmorceau

```

Annexe C : le formattage obtenu



Annexe D : un autre formattage

