

ENCODAGES DE TABLATURES POUR L'ANALYSE DE MUSIQUE POUR GUITARE

Jules Cournut Louis Bigo Mathieu Giraud
CRISTAL, UMR 9189 CNRS,
Université de Lille, Centrale Lille
jules.cournut@algomus.fr
louis.bigo@univ-lille.fr
mathieu.giraud@univ-lille.fr

Nicolas Martin
Arobas Music

nicolas.martin@arobas-music.com

RÉSUMÉ

Le jeu de certains instruments à cordes peut se noter sur une *tablature*, indiquant pour chaque note, la corde et la position sur le manche auxquelles elle doit être jouée. Beaucoup de guitaristes jouent et composent à l'aide de tablatures, ce qui permet en particulier de penser la musique à l'aide de motifs récurrents réalisables de manière similaire à différentes positions. Nous proposons plusieurs méthodes d'encodage de tablatures destinées à faciliter l'analyse et la génération du jeu de la guitare, en nous appuyant notamment sur l'invariance de certaines propriétés lorsqu'on se déplace le long du manche. Nous rendons disponibles un parseur pour charger des fichiers `GPIF`, utilisés par *Guitar Pro*, sous la forme d'objets Music21. En analysant un corpus de 2248 pistes comprenant plus de 2 millions de notes, nous montrons comment certains encodages proposés permettent de rendre compte du jeu de la guitare et de certaines de ces propriétés d'invariance.

1. INTRODUCTION

1.1. Luths, vihuelas et guitares

Les instruments à cordes pincées manuellement sont très anciens dans l'histoire de la musique, avec probablement de premières apparitions il y a environ 5000 ans en Égypte puis plus largement autour du bassin méditerranéen. Au Moyen-Âge, on retrouve en Europe et au Moyen-Orient plusieurs types de *luths*¹ et, aux XV^e et XVI^e siècles en Espagne, la vihuela.

Si le mot *guitare* est déjà utilisé dès le XIV^e siècle, les ancêtres des guitares telle que nous les connaissons sont apparues au cours du XVI^e siècle, et la forme actuelle de la « guitare classique » vient du facteur espagnol Antonio de Torres au XIX^e siècle. Les premières guitares électriques datent du début du XX^e siècle : le son n'étant plus directement produit par une vibration acoustique mais par une amplification de vibrations captées par un transducteur.

¹À ne pas confondre avec la famille des *luths* (*Lauten*), famille 321 de la classification de Hornbostel-Sachs [8], qui regroupe tous les instruments où une ou plusieurs cordes sont fixées dans un plan parallèle à une caisse de résonance, et donc incluant des instruments à corde frottées, frappées ou pincées.

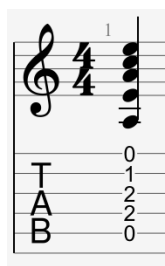


Figure 1. Un accord de *la* mineur en tablature avec sa réalisation à la guitare. La note la plus basse n'est pas jouée.



Figure 2. Un accord de *do* mineur, pris en barré sur la 3^e frette, reproduit une tierce mineur au-dessus l'accord de *la* mineur.

Les guitares classiques puis électriques ont été popularisées par leurs utilisations dans le jazz, le rock et d'autres répertoires de musique actuelle. Aujourd'hui, c'est l'un des instruments les plus répandus, en particulier parmi les musiciens amateurs, avec probablement plus de 200 millions de guitaristes dans le monde.

Tous ces instruments utilisent plusieurs cordes, chacune accordée à une hauteur précise – habituellement six pour les guitares, mi^3 la^3 $ré^4$ sol^4 si^4 mi^5 . La justesse des notes jouées est généralement facilitée par l'ajout sur le manche de *frettes*, de fines baguettes fixant la longueur, et donc la fréquence, de la corde en vibration, selon la position des doigts. Les *numéros de frettes*, associés aux différentes cordes, désignent une zone du manche induisant une hauteur de note. Comme pour tout instrument, la facture même de la guitare conditionne ainsi la musique qui y est jouée.

1.2. Tablatures

Le musicien a souvent plusieurs options pour jouer une même note sur son instrument. Dans les instruments à clavier, il doit choisir quel *doigt* mettre sur la touche. Dans les instruments à plusieurs cordes, le musicien peut généralement jouer une même note sur différentes cordes, à différentes positions : il doit ainsi choisir le doigt mais aussi la *corde* sur laquelle jouer. Une *tablature* est une représentation de la musique précisant certaines de ces options et affranchissant le musicien de certaines décisions nécessaires à partir d'une partition ou d'autres représentations.

Au Moyen-Âge, on trouve des tablatures pour des instruments à clavier (orgue, puis clavecin), indiquant les doigtés de chaque note. Les tablatures se sont ensuite surtout développées pour les instruments à cordes pincées – luth et vihuela, puis guitares. Ces tablatures indiquent la corde et la position sur le manche plutôt que la hauteur de la note. Les compositeurs de la période pour ces instruments écrivaient la plupart du temps en tablatures. Avec l'apparition de l'imprimerie musicale au XVI^e siècle, ces tablatures se sont fortement répandues. La toute première musique instrumentale qu'Ottaviano Petrucci imprime à Venise en 1507 est d'ailleurs une collection de tablatures pour luth – les *Intabolatura de lauto*, arrangements par Francesco Spinacino de pièces vocales [4].

La tablature de guitare, telle qu'elle est majoritairement utilisée aujourd'hui, représente les 6 cordes de l'instrument, de bas en haut, de la plus grave à la plus aiguë, sous la forme de lignes horizontales (figures 1 et 2). Les nombres inscrits sur ces lignes indiquent à quelle frette la corde doit être pincée afin de produire la note voulue.

Une séquence de notes pouvant être jouée à différentes positions, la tablature offre par rapport à une partition représentant uniquement les hauteurs de note une information supplémentaire sur le style musical, certains guitaristes ayant tendance à privilégier certaines positions plutôt que d'autres. Elle met également en évidence le *quasi-isomorphisme* [12] de la guitare : le même motif, mélodique ou harmonique, peut être joué

- à différentes hauteurs sur le manche (s'il n'y a pas de cordes à vide) ;
- voire même sur différentes cordes. En effet, avec l'accordage habituel, il y a une quarte entre deux cordes successives (sauf entre les cordes sol^4 et si^4).

La tablature de guitare contient enfin d'autres contenus musicaux que les hauteurs et les frettes, comme les symboles prescriptifs de *bends*, *slides*, *hammer-on* et *pull-off*, *palm mute*, et *let ring*. Ils indiquent des modes de jeu et des effets, utiles en particulier pour les guitares électriques.

1.3. Recherche en informatique musicale et musique pour guitare

La musique pour guitare donne lieu à des recherches variées en informatique musicale et plus spécifiquement en MIR (*Music Information Retrieval*). Un certain nombre de travaux portent sur des données audio, comme sur

la détection d'effets [17], l'analyse de la technique de jeu [10, 18], la détection de solos [5, 15] et la transcription automatique d'audio vers une tablature [9, 22, 20].

Du côté symbolique, un premier problème est la génération de *doigtés* – ou de génération de tablature à partir d'une suite de notes – étudiée par algorithmes génétiques [19] ou des techniques d'apprentissage telles que les modèles de Markov (HMM) [6] et des distributions de *n*-grams [13]. D'autres travaux portent sur la génération guidée à partir de motifs musicaux, tels que des licks [14], ou par apprentissage à l'aide par exemple de modèles de Markov caché (HMM) [11].

Enfin, des données de tablatures de guitare ont aussi été utilisées dans d'autres tâches en MIR comme l'analyse d'accords [16] ou l'identification de guitaristes [3].

1.4. Contenu

Comment représenter et encoder de manière efficace des tablatures de guitare pour l'informatique musicale ? Afin de faciliter la manipulation systématique de fichiers *Guitar Pro*, nous proposons un parseur pour charger des fichiers GPIF sous la forme d'objets music21 (Section 2). Nous proposons plusieurs encodages de ces tablatures (Section 3) en se rapprochant du jeu de la guitare, en particulier par un encodage `RelativeStringFret` tenant compte de la position de la main sur le manche. Des statistiques sur le corpus *MySongBook* montre que ces encodages permettent de retrouver certaines propriétés musicales (Section 4). Une perspective de ces encodages est ainsi de mieux contribuer à la génération de musique par apprentissage (Section 5).

2. REPRÉSENTER LES TABLATURES : DU FORMAT GPIF À MUSIC21

2.1. Formats pour les tablatures

La pratique de la guitare fait l'objet d'une communauté très active sur le web associée à un large partage de tablatures dans des formats adaptés à une lecture directe ou via un logiciel dédié. Proposées dès les années 1990 et toujours très populaires, les ASCII tabs représentent les tablatures à l'aide de simple caractères comme des tirets ou des chiffres (figure 3, à gauche) [21]. Les ASCII tabs ont l'avantage de pouvoir être éditée très faci-

<pre>E ----- B ----- G ----- D ----- A --3-- E -----</pre>	<pre><Notes> <Note id="0"> <Pitch> <Step>C<Step> <Accidental /> <Octave>4</Octave> </Pitch> <Midi>48</Midi> <Fret>3</Fret> <String>1</String> </Note> </Notes></pre>
--	--

Figure 3. Extrait d'une ASCII tab (gauche) et d'un fichier GPIF (droite) représentant un Do⁴ joué sur la 3^e frette de la seconde corde (la^3) d'une guitare.

lement sans logiciel dédié mais leur inconvénient majeur est sans doute leur inaptitude à représenter l'information rythmique. Elles sont d'autre part peu structurées informatiquement.

Plusieurs formats plus structurés ont été proposés, dont ceux élaborés depuis 1997 par la société Arobas Music pour le logiciel *Guitar Pro*, (.gtp, .gp3/4/5/6, .gpx et, depuis 2017, .gp). On rencontre aussi le format .tef pour le logiciel *TableEdit* et le format .tg élaboré pour le logiciel open source *TuxGuitar*.

Un fichier .gp est une archive contenant principalement un fichier score.gpif au format XML (figure 3, à droite). Ce format GPIF représente l'ensemble des informations habituellement utilisées sur une tablature de guitare, positions sur le manche mais aussi techniques de jeu.

Il permet de représenter plusieurs pistes associées à différents instruments en complément de la guitare, avec également le volume et les effets audio associés à chacun des instruments au cours de la pièce, ainsi qu'une annotation de la structure d'ensemble de la pièce.

Le format GPIF, utilisé par *Guitar Pro*, n'est pas fermé mais n'est pour l'instant pas explicitement documenté. Sa popularité en a cependant fait un format de référence intégré dans la plupart des logiciels et applications d'édition de tablatures, notamment *Ultimate Guitar*, *Songsterr*, *Soundslice*, *MuseScore*, *TuxGuitar* ou encore *Notion*.

2.2. Lire les tablatures en music21

La bibliothèque Python music21 [2], dédiée à la manipulation de partitions musicales, est très utilisée dans la communauté MIR. Une partition est représentée en Music21 sous la forme d'objets encapsulés, l'objet principal étant le `Stream`.

Nous avons développé un parseur² pour représenter systématiquement une tablature au format GPIF sous la forme d'un objet Music21, en faisant correspondre les balises structurant le format GPIF et les objets Music21 (figure 4). Les informations de corde et de frette sont ajoutées dans un `Stream` music21 par les attributs `articulations.StringIndication` et `articulations.FretIndication`.

Le parseur a été testé sur des fichiers GPIF générés par *Guitar Pro* tout comme des fichiers internes à Arobas Music. Il permet de retranscrire fidèlement des tablatures avec information de frettes.

3. ENCODAGE DE TABLATURES PAR DES VECTEURS MANY-HOT

Comment encoder les informations d'une tablature – à commencer par les cordes et les frettes – d'une manière qui soit commode à utiliser pour des tâches d'intelligence artificielle musicale comme l'analyse ou la génération ? Le *piano-roll* classique, couramment utilisé pour

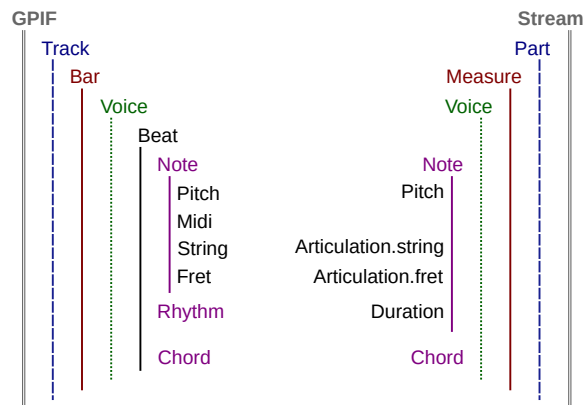


Figure 4. Correspondance entre les balises structurant le format GPIF (gauche) et les objets music21 (droite).

ce type de tâches dans la communauté MIR, a l'inconvénient de rester éloigné du jeu de l'instrument car ne contenant pas d'informations de positions sur le manche de la guitare. Notre motivation pour proposer des encodages « guitaristiques » est à la fois de permettre des analyses pertinentes de la musique pour guitare (voir partie suivante), et à terme, de faciliter l'apprentissage sur de telles données. Idéalement, un encodage adapté devrait refléter des positions « naturellement jouables » par les guitaristes, et pourrait aussi faciliter la distinction de styles de différents guitaristes.

3.1. Piano-roll et vecteurs many-hot

Le *piano-roll* constitue en effet un des encodages possibles d'une partition. La musique est encodée suivant deux dimensions, la première représentant la hauteur des notes, la seconde l'écoulement du temps, encodant la date et la durée des notes. L'état d'un *piano-roll* à un instant donné (par exemple à chaque double-croche) peut se représenter par un vecteur binaire. Chaque composante du vecteur est associée à une note, et vaut 1 si la note en question est jouée à cet instant ou 0 sinon. Ce type de vecteur est couramment désigné sous le terme de *vecteur many-hot*, par opposition aux vecteurs *one-hot* dans lesquels une unique composante peut prendre la valeur 1. Une partition se représente ainsi par une séquence de vecteurs *many-hot* indiquant à chaque pas temporel les notes qui sont jouées. De nombreux algorithmes d'informatique musicale se basent sur le *piano-roll*, implicite ou explicite. En effet, les vecteurs binaires sont adaptés pour l'apprentissage automatique, en particulier avec les méthodes utilisant des réseaux de neurones.

La taille des vecteurs constitue un aspect essentiel. Si les modèles tels que les réseaux de neurones sont théoriquement capables d'apprendre « n'importe quelle fonction » sur de tels vecteurs, ils sont plus efficaces (et nécessitent moins de données d'entrée) lorsque les vecteurs ont une taille limitée et lorsque l'encodage des données d'entrée est adapté au problème.

²Rendu disponible à l'adresse www.algomus.fr/tabs, accédé le 20 octobre 2020.

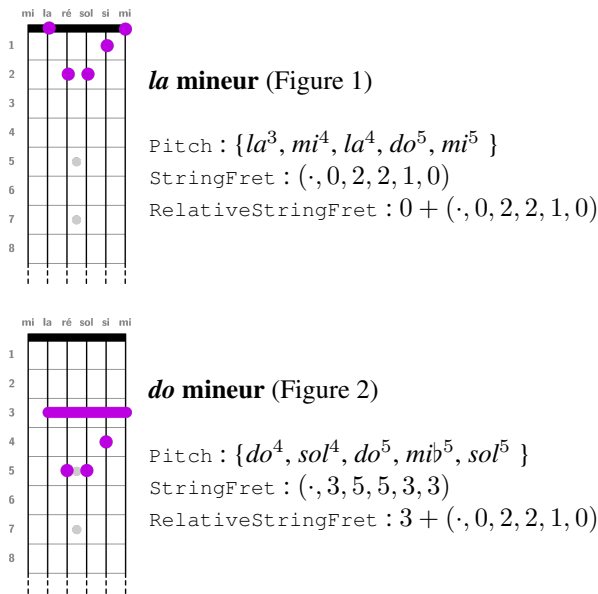


Figure 5. Encodages des accords de *la* mineur et *do* mineur. L'encodage `RelativeStringFret` permet d'expliciter la similarité de positions.

3.2. Encodage des hauteurs/frettes.

Nous proposons trois méthodes d'encodage de tablatures de guitare, représentant alternativement les hauteurs ou les positions sur le manche des notes jouées (figure 5) avec l'idée de progresser vers des vecteurs plus compacts et plus adaptés à l'instrument :

- `Pitch`. Le piano roll-habituel, réduit à 49 notes, encode l'ambitus habituel de quatre octaves de la guitare ($mi^3 - mi^7$). Il s'agit d'un encodage de la partition, mais pas de la tablature.

Seul un sous-ensemble très réduit de ces 2^{49} combinaisons apparaît en réalité dans les tablatures de guitare, certaines combinaisons correspondant à des positions impossibles à réaliser. L'encodage `Pitch` ne permet par ailleurs pas de savoir sur quel corde est jouée une note et ne permet pas de distinguer le jeu d'une même note sur deux cordes distinctes.

- `StringFret`. La tablature et les cordes employées (mais pas les doigtés) s'encode par 6×25 composantes représentant l'ensemble des positions sur la guitare pour une note seule (pour chaque corde, 24 frettes + la position corde à vide).

L'encodage `StringFret` est plus proche du jeu de la guitare dans le sens où il rend compte des positions sur le manche. Comme une note au maximum peut être jouée sur une corde, on a de fait un encodage *one-hot* sur chaque corde parmi 25 composantes. Cela dit, même en considérant uniquement ces 25^6 vecteurs (parmi les $2^{6 \times 25}$ possibles), certains sont toujours irréalisables à la guitare, en particulier quand deux frettes sont trop éloignées l'une de l'autre compte tenu de la taille de la main.

Surtout, cet encodage ne permet toujours pas de faire apparaître le quasi-isomorphisme de la guitare le long du

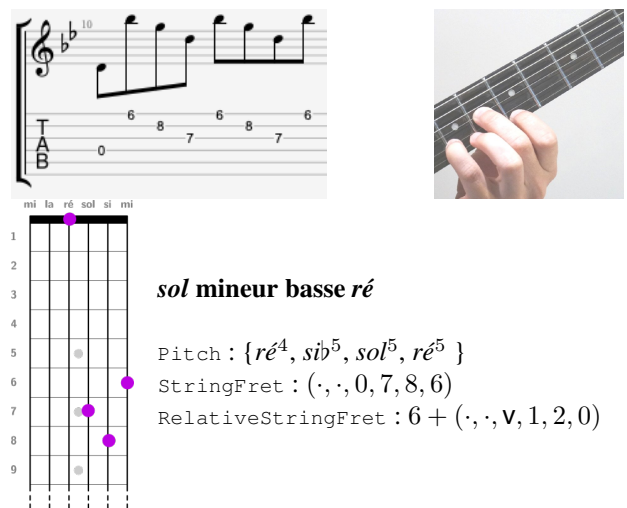


Figure 6. L'arpège de *sol* mineur basse *ré*, dans *Still Loving You* des Scorpions (musique : Rudolf Schenker), utilise à la fois des cordes frettées au milieu du manche, vers la 6^e position, ainsi que la corde à vide $ré^4$. L'encodage `RelativeStringFret` explicite cette position haute de la main (6) tout en autorisant des cordes à vide (v), faisant apparaître la similarité avec la position de l'accord de *ré* mineur encodée $1 + (\cdot, \cdot, v, 1, 2, 0)$.

manche : la transposition d'un motif, tel qu'une gamme, sera encodé par des composantes différentes alors qu'il est généralement identifié par le guitariste de manière « atomique » comme un même mouvement.

- `RelativeStringFret`. Cet encodage relatif de la tablature fait apparaître une estimation de la position de la main (*RootFret*, 25 composantes), et un codage relatif à cette position, acceptant aussi la corde à vide ($6 \times (s + 1)$ composantes). La valeur s est le *HandSpan*, correspondant au nombre de frettes que les doigts de la main peuvent parcourir sans que celle-ci n'ait besoin d'être décalée. La corde à vide n'est pas encodée relativement, pouvant être utilisée même dans des positions « hautes » sur le manche (figures 6). Là encore, sur chaque corde on a un encodage *one-hot* parmi $s + 1$ composantes.

On considère ainsi $25 \times (s + 1)^6$ vecteurs différents, dont une part significative est jouable. Le *RootFret* est estimé par une heuristique : il vaut 0 au début de toute pièce, et, à chaque note ou accord, change de valeur uniquement lorsque sa valeur courante r ne permettrait pas de jouer cette note ou accord sur les frettes $[r, r + s]$.

Notes tenues. À la différence d'encodages « voix par voix », possible sur certains types de musique [7], le piano-roll ne permet pas de différencier des notes tenues de notes répétées. Pour un many-hot encodant donc les hauteurs de notes (`Pitch`) à un instant donné, il faut 49 composantes supplémentaires indiquant si une note activée est tenue ou attaquée. Pour `StringFret` et `RelativeStringFret`, seules 6 composantes supplémentaires sont nécessaires car l'attaque et la tenue sont des informations valables pour une corde entière. Dans la suite, on

	n	composantes	diversité	Hold	(hors Hold)		uniques
					C10	C100	
Pitch	49	49	8 485	–	22.8%	68.3%	583
PitchHold	98	+49	21 167	34.8%	12.9%	51.1%	5342
StringFret	150	6×25	11 429	–	14.5%	57.5%	686
StringFretHold	156	+6	12 931	34.8%	14.3%	56.5%	3278
RelativeStringFret	61	$25 + 6 \times (5 + 1)$	12 616	–	10.7%	43.2%	826
RelativeStringFretHold	67	+6	14 095	34.8%	10.1%	41.8%	3434
RelativeStringFret*	36	$6 \times (5 + 1)$	4 581	–	35%	81%	268
RelativeStringFretHold*	42	+6	5 028	34.8%	30%	79.9%	1078

Table 1. Statistiques sur les 2,4 millions de vecteurs sans silence issus du corpus *MySongBook* sur diverses représentations proposées. Composantes : détail des n composantes (voir section 3). Diversité : Nombre de vecteurs différents effectivement présents dans le corpus. Hold : Ratio du nombre de Hold sur les vecteurs restants. C10/C100 : Cumul des occurrences des 10/100 premiers vecteurs (sur les vecteurs non Hold). Uniques : Nombre de vecteurs apparaissant une seule fois. Les deux dernières lignes ne sont pas un encodage complet, elles montrent les statistiques sur *RelativeStringFret* (Hold) sans prendre en compte les 25 composantes donnant la position estimée de la main (RootFret).

Rock	1251
Pop	957
Metal	353
Blues/Jazz	408
R&B/Funk	88
World	192
Total	2489

Table 2. Répartition des tablatures dans *MySongBook* par style.

désignera à l'aide du terme `Hold` le principe d'une note tenue [7].

Au final les 6 représentations étudiées ont de 49 à 156 composantes par vecteur (table 1, colonnes de gauche).

4. RÉSULTATS

4.1. Corpus : *MySongBook*

Le corpus *MySongBook*³ assemblé et maintenu par la société Arobas Music regroupe plus de 2000 partitions de styles différents (table 2), transcrites avec précision par des musiciens professionnels. Les pièces constituant le corpus *MySongBook* ont été essentiellement sélectionnées pour leur popularité auprès de la communauté de guitaristes. *MySongBook* constitue en cela un échantillon relativement représentatif du jeu de guitare à travers les styles musicaux majeurs. Chaque pièce du corpus est encodée dans le format `GPIF` présenté section 2, incluant partitions et tablatures, avec des indications de modes de jeu pour la guitare comme pour les autres instruments.

Nous avons sélectionné les pistes pour guitares (qui comprennent également des transcriptions de parties vocales pour guitaristes) avec l'accordage usuel, $mi^3 la^3 ré^4 sol^4 si^4 mi^5$, ce qui correspond à 2248 pistes dans 1022 pièces avec 5 millions de notes jouées. Au final,

³www.mysongbook.com, accédé le 20 octobre 2020.

4 006 424 vecteurs encodent ces tablatures, échantillonnées à la double-croche.

39,6 % de ces vecteurs sont vides et représentent uniquement des silences. Il y a en effet fréquemment plusieurs pistes de guitares par pièce, dont certaines sont silencieuses durant une partie du morceau. Le corpus d'étude contient finalement les 2 420 586 vecteurs non vides.

4.2. Statistiques sur le corpus et sur les représentations

4.2.1. Diversité des vecteurs

Les encodages proposés se comportent différemment sur ces vecteurs (table 1). Il y a certes un peu plus de vecteurs différents avec *RelativeStringFret* (12 616) qu'avec *StringFret* (11 429). En effet, la même position absolue peut être parfois décrite par plusieurs positions relatives provenant d'une heuristique d'estimation de position de la main. Cependant, lorsqu'on choisit d'ignorer cette position de la main (*RelativeStringFret**), on ne trouve plus que 4 581 vecteurs. Les encodages relatifs permettent ainsi de compacter l'information.

4.2.2. Notes tenues

Pour les encodages avec `Hold`, provenant de l'encodage de durées plus longues que des doubles-croche, on trouve 34,8 % de `Hold` qui sont très majoritairement (33,4 %) des positions avec des `Hold` pour chacune des 6 cordes, et, pour une petite partie (< 2 %), des positions où une note seule est réellement tenue pendant que d'autres évoluent.

4.2.3. Frettes et cordes utilisées.

Les notes en bas du manche (frettes les plus graves) sont les plus fréquentes – 73 % à vide ou sur des frettes ≤ 5 (figure 7). Que ce soit en notes isolées ou au sein d'un accord, les notes utilisées font surtout partie de tonalités « avec peu d'altérations ». Dans le registre grave, sur les

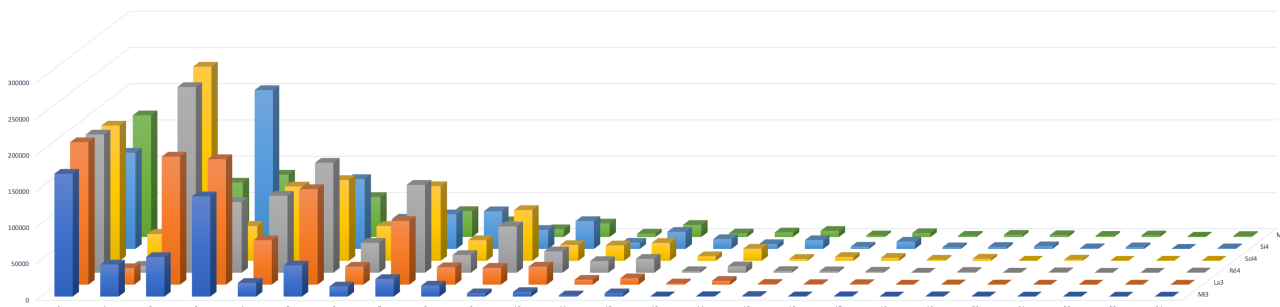


Figure 7. Statistiques sur les cordes et les frettes utilisées sur les 2,4 millions de vecteurs issus de *MySongBook* encodées en *StringFret*. La rangée sur l'extrémité gauche correspond aux cordes à vide. Les frettes sont réparties de gauche à droite de la plus grave à la plus aiguë. Les cordes sont réparties du premier plan à l'arrière plan de la plus grave (mi^3) à la plus aiguë (mi^5).

						+3		+1					+3	+5	+7	+2
— 2 —	— 0 —	— 0 —	— 3 —	— 0 —	— — —	— — —	— 0 —	— 0 —	— 3 —	— — —	— 0 —	— 1 —	— 0 —	— — —	— 2 —	— 0 —
— 3 —	— 1 —	— 0 —	— 3 —	— 1 —	— 2 —	— 2 —	— 2 —	— 0 —	— 0 —	— 1 —	— 0 —	— 3 —	— 0 —	— 2 —	— 2 —	— 1 —
— 2 —	— 0 —	— 1 —	— 0 —	— 2 —	— 2 —	— 2 —	— 2 —	— 1 —	— 0 —	— 0 —	— 0 —	— 2 —	— 1 —	— 2 —	— 2 —	— 2 —
— 0 —	— 2 —	— 2 —	— 0 —	— 2 —	— 2 —	— 2 —	— 2 —	— 2 —	— 0 —	— 2 —	— 2 —	— 0 —	— 2 —	— 2 —	— 2 —	— 2 —
— — —	— 3 —	— 2 —	— 2 —	— 0 —	— 0 —	— 0 —	— 0 —	— 2 —	— 2 —	— 3 —	— 2 —	— 2 —	— 2 —	— 0 —	— 0 —	— 0 —
22906	15005	10904	9733	9424	9287	9192	8909	8572	8545	7285	6805	6446	6344	5867	5067	5051
4.91%	3.21%	2.34%	2.08%	2.02%	1.99%	1.97%	1.91%	1.84%	1.83%	1.56%	1.46%	1.38%	1.36%	1.26%	1.09%	1.08%
<u>ré</u>	<u>do</u>	<u>mi</u>	<u>sol</u>	<u>lam</u>	<u>la*</u>	<u>do*</u>	<u>la</u>	<u>fa</u>	<u>sol</u>	<u>do*</u>	<u>mim</u>	<u>rem</u>	<u>sol</u>	<u>ré*</u>	<u>mim*</u>	<u>sim</u>
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
— — —	— 0 —	— 2 —	— 0 —	— 0 —	— 0 —	— 0 —	— — —	— — —	— 3 —	— 3 —	— — —	— 0 —	— 1 —	— — —	— 0 —	— — —
— 2 —	— 0 —	— 3 —	— 1 —	— 1 —	— 0 —	— 2 —	— — —	— 1 —	— 3 —	— 0 —	— 1 —	— 0 —	— 3 —	— 0 —	— 0 —	— 0 —
— 2 —	— 1 —	— 2 —	— 2 —	— 0 —	— 0 —	— 2 —	— 1 —	— 2 —	— 0 —	— 0 —	— 0 —	— 1 —	— 2 —	— 1 —	— 0 —	— 1 —
— 2 —	— 2 —	— 0 —	— 2 —	— 2 —	— 2 —	— 2 —	— 2 —	— 2 —	— 0 —	— 0 —	— 2 —	— 2 —	— 0 —	— 2 —	— 2 —	— 2 —
— 0 —	— 2 —	— — —	— 0 —	— 3 —	— 2 —	— 0 —	— 2 —	— 0 —	— 2 —	— 2 —	— 3 —	— — —	— — —	— 2 —	— 2 —	— 2 —
— — —	— 0 —	— — —	— — —	— — —	— 0 —	— — —	— 0 —	— — —	— 3 —	— 3 —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— 0 —
42239	35131	23069	22572	15873	14304	13223	10688	10264	9733	8557	7881	7394	6470	4925	4571	4539
9.05%	7.52%	4.94%	4.83%	3.40%	3.06%	2.83%	2.29%	2.20%	2.08%	1.83%	1.69%	1.58%	1.39%	1.05%	0.98%	0.97%
[<u>la*</u>]	[<u>mi</u>]	[<u>ré</u>]	[<u>lam</u>]	[<u>do</u>]	[<u>mim</u>]	[<u>la</u>]	[<u>mi*</u>]	[<u>lam*</u>]	[<u>sol</u>]	[<u>sol</u>]	[<u>do*</u>]	[<u>mi*</u>]	[<u>rem</u>]	[<u>mi*</u>]	[<u>mim*</u>]	[<u>mi*</u>]

Figure 8. Positions les plus fréquentes avec au moins 4 cordes selon les encodages *RelativeStringFret* (haut) et *RelativeStringFret** (bas, sans prise en compte du *RootFret*). Les positions notées avec une étoile, comme la^* , sont « incomplètes » dans le sens où au moins une corde pourrait être rajoutée (souvent la corde la plus aiguë). Les positions soulignées sont discutées dans la Section 4.2. .

trois cordes les plus graves, toutes les notes non accidentées du Mi^3 au $Ré^4$ sont au moins 2 fois plus fréquentes que les notes accidentées voisines.

Les notes seules représentent 47,6 % des vecteurs. Les plus fréquentes correspondent aux 4 cordes à vides les plus graves : mi^3 (4,81 % de ces vecteurs), la^3 (3,81 %), sol^4 (3,14 %) et $ré^5$ (3,00 %). Viennent ensuite la seconde frette de la corde de sol (= la^4) puis la seconde frette de la corde de $ré$ (= mi^4).

4.2.4. Positions absolues et relatives des accords.

Comparer les vecteurs les plus fréquents en *RelativeStringFret* et *RelativeStringFret** illustre certaines des propriétés de quasi-isomorphisme de la guitare. En regardant les positions d'accords avec au moins 4 cordes (19,4 % des vecteurs, figure 8), la position la plus fréquente, de manière inattendue, est une position incom-

plète, $[la^*]$ (9,02 % de ces vecteurs). Trois raisons peuvent expliquer ces positions :

- ces accords laissent entendre en voix supérieure la tierce majeure (pour l'accord la^* , un $do^{\sharp 5}$ sur la corde de si) plutôt que la quinte (corde de mi^5 à vide) ;
- dans les parties d'accompagnement rythmique, très présentes dans le corpus, les accords sont parfois joués en omettant la corde la plus aiguë, afin de maintenir l'accompagnement dans un registre distinct de celui de la mélodie ;
- enfin, certains guitaristes pop ont l'habitude d'appuyer les 3 cordes situées sur la même frette à l'aide de l'annulaire seul, ce qui rend cette position beaucoup plus accessible, notamment lors d'un jeu en position debout, mais ne permet pas de jouer la corde la plus aiguë.

On retrouve également la prédominance des positions habituelles $[mi]$, $[mim]$, $[la]$ et $[lam]$ obtenus respectivement par translation sous la forme d'un accord barré des

accords ouverts *mi*, *mim*, *la* et *lam* (figure 8). C'est le cas par exemple de la position relative [*mi*] qui regroupe 7,52 % de ces vecteurs, comprenant les positions absolues *mi* (2,34 %), *fa* (1,84 %) ainsi que les autres barrés respectant cette position. Au contraire, d'autres positions apparaissent plus délicates à transposer sous la forme de barrés. C'est le cas par exemple de la position relative [*ré*] qui regroupe 4,94 % des vecteurs, dont la quasi totalité (4,91 %) correspondent à l'accord de *ré* ouvert. On observe un phénomène similaire pour les positions relatives [*do*] et [*sol*].

4.3. Distribution des données

Le corpus de tablatures *MySongBook*, propriété d'Arobas Music, n'est pas librement disponible. Toutefois, nous diffuserons sous une licence libre les données des 1000 vecteurs les plus représentés de chaque encodage ainsi que les fréquences d'utilisation de chaque frette⁴.

5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Nous avons proposé un parseur music21 permettant de lire des fichiers .gp et de nouveaux encodages représentant «guitaristiquement» les tablatures. Les statistiques sur le corpus *MySongBook* montrent que les encodages relatifs confirment certaines propriétés de la guitare et représentent de manière plus compacte l'information : les mêmes positions sont utilisées à plusieurs hauteurs sur le manche. Nous travaillons à approfondir cette étude sur le corpus, notamment selon les styles [1].

La représentation systématique de tablatures sous la forme de séquences de vecteurs binaires facilite l'application d'algorithmes d'apprentissage automatiques, en particulier les réseaux de neurones, qui sont généralement conçus pour fonctionner majoritairement sur des données encodées dans ce type de format.

Les réseaux de neurones convolutionnels, par leur capacité d'apprentissage de motifs à transposition près, constituent une voie alternative à l'utilisation d'encodages relatifs. Ils nécessitent généralement de grands volumes de données, ce qui peut s'avérer un obstacle pour l'étude de tablatures de guitare, même si ces données pourraient être augmentées, justement par transposition.

Dans tous les cas, avoir des vecteurs compacts et informatifs facilite l'apprentissage. Des expériences préliminaires ont été menés dans le but de prédire la fin d'une phrase musicale. Plus généralement, les perspectives incluent la prédiction de la difficulté d'un morceau, la détection stylistique, l'aide à la composition par analogie ou par transfert de style.

6. RÉFÉRENCES

[1] Cournut, J., Bigo, L., Giraud, M., Martin, N., Régnier, D. What are the most used guitar positions? *En préparation*.

- [2] Cuthbert, M. S., Ariza, C.. «music21: A toolkit for computer-aided musicology and symbolic music data.» Proceedings of the International Society for Music Information Retrieval Conference, Utrecht, Pays-Bas, 2010.
- [3] Das, O., Kaneshiro, B., Collins, T. «Analyzing and classifying guitarists from rock guitar solo tablature.» Proceedings of the Sound and Music Computing Conference, Limassol, Chypre, 2018.
- [4] Fabris, D. «Lute Tablature Instructions in Italy: A Survey of the Regole from 1507 to 1759», *Performance on Lute, Guitar, and Vihuela : Historical Practice and Modern Interpretation*, Coelho, V. A. (dir.), Cambridge University Press, 2005, ch. 2 (p. 16-46).
- [5] Foulon, R., Roy, P., Pachet, F. «Automatic classification of guitar playing modes». Proceedings of the International Symposium on Computer Music Multi-disciplinary Research, Marseille, 2013.
- [6] Hameoka, H., Hori, G., Sagayama, S. «Input-output hmm applied to automatic arrangement for guitars». *Journal of Information Processing* 21/2 (2013), p. 264-271.
- [7] Hadjeres, G., Pachet, F., Nielsen, F. «DeepBach: a steerable model for Bach chorales generation». Proceedings of the International Conference on Machine Learning 2016.
- [8] von Hornbostel, E. M., Sachs, C. «Systematik der Musikinstrumente: ein Versuch». *Zeitschrift für Ethnologie* 46/4 (1914), p. 553-590.
- [9] Kehling, C., Abeßer, J., Dittmar, C., Schuller, G. «Automatic tablature transcription of electric guitar recordings by estimation of score-and instrument-related parameters». Proceedings of the International Conference on Digital Audio Effects, Erlangen, Allemagne, 2014.
- [10] Lähdeoja, O., Reboursière, L., Drugman, T., Dupont, S., Picard-Limpens, C., Riche, N. «Détection des techniques de jeu de la guitare.» Actes des Journées d'Informatique Musicale, Mons, Belgique, 2012.
- [11] Fukayama, S., Mc Vicar, M., Goto, M.. «AutoLeadGuitar: Automatic generation of guitar solo phrases in the tablature space.» IEEE International Conference on Signal Processing Hangzhou, Chine, 2014.
- [12] Maupin, S., Gerhard, D., Park, B. «Isomorphic tessellations for musical keyboards», Proceedings of the Sound and Music Computing Conference, Padoue, Italie, 2011.
- [13] McVicar, M., Fukayama, S., Goto, M. «AutoRhythmGuitar: computer-aided composition for rhythm guitar in the tab space.» Proceedings of the International Computer Music Conference, Athènes, Grèce, 2014.

⁴www.algomus.fr/data, accédé le 20 octobre 2020.

- [14] dos Santos Cunha, N., Subramanian, A., Herremans, D. «Generating guitar solos by integer programming», *Journal of the Operational Research Society* 69/6 (2018), p. 971-985.
- [15] Pati, K. A., Lerch, A. «A dataset and method for guitar solo detection in rock music», Proceedings of the AES International Conference on Semantic Audio, Erlangen, Allemagne, 2017.
- [16] Scholz, R., Ramalho, G. «COCHONUT: Recognizing complex chords from MIDI guitar sequences», Proceedings of the International Society for Music Information Retrieval Conference, Philadelphia, États-Unis, 2008.
- [17] Stein, M., Abeßer, J., Dittmar, C., Schuller, G. «Automatic detection of audio effects in guitar and bass recordings», Proceedings of the 128th Audio Engineering Society Convention. Londres, Royaume-Uni, 2010.
- [18] Su, L., Yu, L. F., Yang, Y. H. «Sparse cepstral, phase codes for guitar playing technique classification», Proceedings of the International Society for Music Information Retrieval Conference Taipei, Taiwan, 2014.
- [19] Tuohy, D. R., Potter, W. D. «Guitar tablature creation with neural networks and distributed genetic search», *Advances in applied artificial intelligence*, Ali, M., Dapoigny, R. (dir.), Springer, Cham, 2006.
- [20] Wiggins, A., Kim, Y. «Guitar tablature estimation with a convolutional neural network» Proceedings of the International Society for Music Information Retrieval Conference, Delft, Pays-Bas, 2019.
- [21] Wright, H. *The guide to tab notation*. [1995] Réédition en ligne, 2012. [www.classtab.org/tabling.htm, accédé le 20 octobre 2020.].
- [22] Xi, Q., Bittner, R M., Pauwels, J., Ye, X., Bello, J. P. «Guitarset: A dataset for guitar transcription», Proceedings of the International Society for Music Information Retrieval Conference, Paris, 2018.

Texte édité par Corentin Guichaoua.