

Proposition de sujet de thèse

MÉTHODES DE STOCKAGE ET INTERROGATION DE PARTITIONS MUSICALES

—
VERS UNE LIBRAIRIE NUMÉRIQUE OUVERTE DE MISE À DISPOSITION DE PARTITIONS DE
MUSIQUE TRADITIONNELLE BRETONNE

Résumé du sujet

L'équipe Shaman de l'IRISA, localisée à Lannion, contribue depuis une dizaine d'années à la conception d'outils d'aide à l'exploitation de données de partitions musicales dans les bibliothèques de partitions musicales. Le sujet de thèse proposé vise à proposer des méthodes innovantes d'exploitation des données de partitions musicales, en axant l'orientation des travaux et leur mise en œuvre sur des données patrimoniales du territoire régional : des **partitions musicales de musique traditionnelle bretonne**.

Les travaux menés pendant la thèse viseraient à concevoir et développer de nouvelles méthodes et outils permettant de stocker et d'explorer des données de partitions musicales, à l'aide d'**outils d'interrogation à la fois intuitifs et efficaces** (l'aspect novateur de ces travaux est de chercher à s'appuyer sur une modélisation "pivot" des partitions musicales sous forme de graphe).

L'un des objectifs applicatifs finaux de ces travaux est la mise en œuvre d'une **librairie numérique de partitions musicales de musique traditionnelle bretonne** rendue accessible *via* une plateforme ouverte de mise à disposition des partitions musicales, intégrant des **fonctionnalités innovantes de recherche dans le contenu lui-même des partitions**. Un autre objectif de ces travaux est de renforcer les collaborations multidisciplinaires de l'équipe Shaman (domaines informatique et musicologie).

Domaine d'innovation stratégique principal : DIS 3 - Économie numérique sécurisée et responsable / Axe transversal *Transitions numérique & industrielle*.

Encadrement, localisation

Encadrante : Virginie Thion MCF (HDR) IRISA/DKM/Shaman, Université Rennes 1, Lannion
virginie.thion@irisa.fr, <http://www-shaman.irisa.fr/>

Localisation : IRISA/Shaman Lannion

Contexte : sauvegarde et exploitation de partitions musicales

La sauvegarde des œuvres musicales est un enjeu patrimonial important. De nombreuses œuvres musicales ont été sauvegardées sous forme orale ou sous forme de partition musicales écrites (en particulier pour les œuvres de musique dite *savante*). Le projet que nous proposons se concentre sur les œuvres disponibles sous forme de partitions musicales.

Pendant longtemps, les partitions musicales ont été transmises par copie ou impression sur des feuilles volantes ou des recueils dans des formats papier. Avec l'avènement de l'informatique, elles ont ensuite été numérisées sous forme d'images, facilitant ainsi leur diffusion par transmission numérique. Les formats d'encodage des données des partitions musicales ont beaucoup évolués ces dernières années, et il offrent aujourd'hui la possibilité de représenter de façon fine le contenu des partitions.

Les œuvres de musique savante font l'objet de répertoires riches, transmis au cours des siècles par copies de partitions musicales. Ces dernières années, des masses importantes de partitions anciennes ont été numérisées et mises à disposition sous forme de données dites *ouvertes*, c'est-à-dire rendues accessibles *via* internet, à travers des portails d'accès totalement libres tels que le portail *Gallica* [BnF22] de la Bibliothèque Nationale de France (qui offre un accès ouvert à de nombreuses œuvres numérisées de la BnF, incluant des partitions musicales), et NEUMA [Neu22] (qui offre un accès ouvert à des nombreuses œuvres mises à disposition par des laboratoire de musicologie), ou encore à travers des sites proposant un accès (limité ou non selon les fonctionnalités) à des corpus de partitions tels que les sites MuseScore[Mus] ou free-scores.com [Fre]. Les portails existants qui disposent d'un volume important d'œuvres mettent à disposition plutôt des œuvres de musique classique (musique savante occidentale), de musique d'influence afro-américaine (blues, jazz, raggae, r'n'b, rap, etc), ou de rock et variété internationale (rock, pop, folk, metal, etc)¹.

Les œuvres de musique traditionnelle, elles, ont longtemps été transmises oralement. Elles sont, de façon inhérente, plus difficiles à recueillir que des œuvres qui auraient été sauvegardées au cours du temps sur des manuscrits. Les œuvres de musique traditionnelle constituent pourtant des données précieuses, à fort enjeu patrimonial, culturel et historique. Depuis de nombreuses années, des initiatives régionales et nationales visent à recenser, recueillir et sauvegarder les œuvres de musique traditionnelle, sous une forme permettant d'envisager un archivage pérenne de ces œuvres, ouvrant la voie à la constitution de répertoires de plus en plus riches. À titre d'exemple, on peut citer la base documentaire Dastumedia [Das] du groupe Dastum dont la mission est la collecte, la sauvegarde et la diffusion du patrimoine oral (incluant le patrimoine musical) de l'ensemble de la Bretagne historique. On peut également citer les portails dédiés à la diffusion d'œuvres de musique bretonne Kan.bzh [Kan] ou Breizh partitions [Bre].

Au sein des bibliothèques musicales de musique traditionnelle, la plupart des partitions de musique disponibles sont encodées dans un format "image" (par exemple pdf). Très peu de partitions sont aujourd'hui disponibles dans un format d'encodage fin de leur contenu musical, format qui permettrait aux études musicologiques fondées sur ces œuvres de tirer

1. Catégories issues des Principes de Classement des Documents Musicaux (PCDM).

parti des avancées récentes en matière de traitement automatisé des données. Le sujet que nous proposons se situe dans ce cadre, celui de **l’exploitation des partitions de musique traditionnelle**, permettant de faciliter l’étude et la diffusion des contenus musicaux, dont la forme diffère des partitions de musique dite savante (nombreuses partitions de petite taille, comportant de nombreux textes en langue bretonne, et un traitement par interrogation flexible poussée étant donnée la nature des données elles-mêmes, sujettes à une part importante d’interprétation du collecteur de données).

Les travaux que nous désirons mener ont pour objectif applicatif final la création d’**une librairie digitale de partitions musicales** qui (1) regroupe des partitions musicales traditionnelles existantes, en les convertissant dans un format d’encodage fin du contenu de la partition. (2) offre un accès ouvert à ses données (portail internet en accès libre), et (3) propose des méthodes dédiées permettant l’exploitation fine de partitions (méthodes d’interrogation du contenu musical lui-même, rendues possibles par l’encodage fin du contenu des partitions).

Verrous scientifiques et périmètre de la thèse

De larges collections de partitions musicales numérisées sont aujourd’hui disponibles, non seulement grâce à un effort à long terme de numérisation et de capitalisation de partitions par des organismes institutionnels tels que des laboratoires de recherche [Sap05, RAA⁺12], d’associations de préservation du patrimoine [Das], mais aussi en raison de l’utilisation grandissante d’outils populaires d’édition de partitions musicales (par exemple MuseScore [Mus]) qui reposent sur le stockage et la manipulation des données de partitions musicales dans des formats d’encodage semi-structurés standardisés tels que mentionnés précédemment. Les collections de partitions musicales numérisées sont gérées par des bibliothèques numériques dans lesquelles le contenu musical est décrit *via* une structure de données adaptée à la mise en œuvre de traitements informatiques sophistiqués et automatisés.

Les bibliothèques numériques ont grandement évolué ces dernières décennies, et proposent des fonctionnalités allant au delà du “simple” stockage de données encodées. On attend maintenant d’une bibliothèque numérique qu’elle offre des services dits “intelligents” qui permettent une exploitation automatisée des données, au sein même de la bibliothèque. Les bibliothèques numériques de partitions musicales ont suivi cette évolution et visent à proposer des services exploitant le contenu musical lui-même des partitions musicales, tels que la recherche par le contenu tels que la recherche de patrons musicaux (rythmiques, mélodiques ou harmoniques), la transformation du contenu musical (la transposition ou la conversion dans d’autres formats tels que le format MIDI), ou l’analyse du contenu (recherche de patrons musicaux fréquents ou gestion de la qualité des données dans les partitions [FRT21])

Ces fonctionnalités avancées de manipulation d’une partition musicale encodée sont rendues possibles par un encodage détaillé de la partition musicale, qui représente de façon organisée tous les éléments musicaux de la partition. Au niveau stockage informatique, la partition est transcrite dans un dialecte XML tel que MusicXML [Goo01] ou MEI [Rol02]). Le contenu complet de la partition musicale y est encodé, incluant le contenu musical lui-même

et les informations de restitution graphique. Les données de la partition (notes, paroles) sont structurées sous la forme d'un arbre n-aire ordonné découpant le contenu musical par mesure (pour chaque mesure m de la partition et pour chaque instruments i avec, la suite de notes composant la mesure m pour l'instrument i). Chaque évènement musical (note, silence, accord) est représenté par une structure qui décrit l'évènement, contenant les propriétés pertinentes associées à l'évènement. La figure 1 illustre l'encodage détaillé d'une partition musicale, au format MusicXML (air numéro 2 collecté par le chanoine Joseph Mahé [Bec17]). La partition musicale sous forme graphique visuelle se trouve en arrière plan de la figure, et le fichier contenant son encodage se trouve ouvert au premier plan. On voit, parmi les

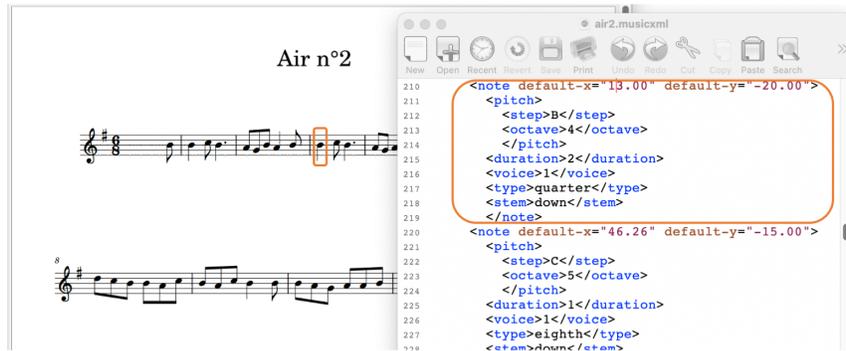


FIGURE 1 – Encodage XML d'une partition musicale

lignes constituant le fichier d'encodage, un extrait correspondant à la première note de la 4e mesure de la partition. Parmi les quelques informations affichées, l'encodage stipule que cette note est de hauteur S_i (notée B dans la notation anglo-saxonne utilisée dans les formats d'encodage standards, associé au tag `step`) à l'octave 4 (tag `octave` de valeur 4), que cette note est une note noire (tag `type` de valeur `quarter`), et que sa hampe est orientée vers le bas (tag `stem` de valeur `down`).

Les formats actuels de représentation standardisée du contenu d'une partition permettent l'échange de partitions musicales entre applications. En revanche, ces formats n'ont pas été créés en vue d'être exploités par un utilisateur humain dans le cadre d'une recherche d'information au sein des partitions musicales. En effet, les partitions encodées sont complexes à appréhender pour un utilisateur en raison de la verbosité inhérente au formaliste XML, de l'indéterminisme de leur représentation (certaines informations peut être représentées par différentes variantes syntaxiques d'une partition encodée à une autre, voire même au sein d'une même partition), et parce qu'elles mêlent les informations du contenu musical lui-même avec des informations de restitution graphique. Cette complexité entrave la définition de langages de requête robustes dédiés à l'exploitation du contenu musical modélisé sous cette forme. Par ailleurs, le découpage de la partition dans ce format impose de prendre en

compte un découpage “vertical” des données de la partition, à savoir mesure par mesure, puisque le contenu musical est organisé sous cette forme. L’encodage impose donc cette vision de structuration de la partition à un utilisateur qui voudrait exploiter directement les données encodées, empêchant de pouvoir adopter une vision axée sur le déroulement temporel de la partition (découpage que l’on pourrait qualifier “d’horizontal”), par exemple étudier une suite de notes sans avoir à tenir compte de la répartition des notes dans les mesures.

Un verrou scientifique à lever est celui de la définition d’un encodage (modèle de données) des partitions permettant non seulement l’échange de données entre applications (modèles semi-structurés existants tels que MusicXML et MEI), mais également une représentation et une interrogation intuitives du contenu afin de permettre une exploitation fine des données par des systèmes d’interrogation de bases de données, ainsi que la définition de mécanismes d’optimisation d’accès au contenu. Ce verrou fait partie d’un thème de recherche d’intérêt pour la communauté de recherche en informatique spécialisée dans la modélisation des données et la recherche d’information : celui de l’**amélioration des méthodes de stockage et d’exploitation dans les entrepôts de partitions musicales**. Il s’agit de l’un des thèmes de recherche de l’équipe Shaman² de l’IRISA, qui a participé à plusieurs projets de recherche sur ce thème : le projet NEUMA³, dont le principal objectif était la création de la bibliothèque homonyme [RAA⁺12, Neu22] de partitions musicales de musique savante, puis le projet GioQoso⁴, dont l’objectif était l’étude de la gestion de la qualité des données de type partitions musicales [FRT21, Gio22]. Dans de récents travaux, l’équipe a proposé une nouvelle approche permettant l’interrogation de contenu d’une bibliothèque de partitions musicales [RT22a, RT22b]. Cette approche repose sur un modèle de données représentant les partitions musicales sous forme d’un graphe de données qui, une fois stocké dans une base de données graphe gérée par un système de gestion de base de données dédié, permet l’interrogation des partitions musicales par des requêtes à base de patrons de graphe. Ces travaux ouvrent la voie à l’interrogation ad-hoc (au besoin) du contenu des partitions musicales, par des utilisateurs non informaticiens tels que des musiciens amateurs ou professionnels⁵, des musicologues⁶, ou encore des bibliothécaires.⁷

2. <http://www-shaman.irisa.fr/>

3. Projet ANR *NEUMA* (2009-2011). Coordonnateur : LAMSADE, P. Rigaux. Consortium : Armadillo (entreprise), LAMSADE (Univ. Paris Dauphine), IRPMF, Li2E (Université de Bourgogne). <http://www.agence-nationale-recherche.fr/?Projet=ANR-08-CORD-0015>.

4. Projet CNRS Mastodons *GioQoso* (2016-2019). Porteur : IRISA/Shaman, V. Thion. Consortium : CESR Tours, CNAM Paris, IReMus Paris, IRISA Lannion. <http://gioqoso.irisa.fr/>

5. Pour rechercher, transposer, annoter une partition (p.e. recherche des partitions mettant en œuvre certains patrons musicaux à travailler ; récupération des partitions pour les jouer avec le groupe/les élèves, en transposant les partitions pour les adapter aux instruments du groupe).

6. Pour effectuer des analyses et interrogation, annoter les partitions (p.e. recherche de patrons dans les parties d’une source ou d’une collection de sources musicales tels que patrons rythmiques ou tonals : intervalles mélodiques ou harmoniques, enchaînement de certains accords, notes jouées simultanément par différents instruments, mélodies particulières (exactes ou approchantes)) ;

7. Pour gérer les bibliothèques de partitions musicales (p.e. retrouver des œuvres ; savoir quantifier le niveau de qualité des informations stockées [FRT⁺18, FRT21]).

Travaux à mener au cours de la thèse. Les travaux qui ont été menés pour le moment dans l'équipe Shaman sont des travaux préliminaires qui doivent être approfondis par :

1. une étude complète du modèle de données considéré (expressivité, comparaison détaillée avec les autres modèles permettant l'encodage de partitions musicales), qui pourrait amener à une évolution de ce modèle ;
2. la définition de mécanismes d'interrogation à la fois intuitifs et efficaces, passant par l'extension du langage d'interrogation (ajout de fonctionnalités de flexibilité -extension flou ou relaxation de requêtes-), l'étude de l'expressivité et de la complexité de l'interrogation dans les différentes versions du langage et de forme de données considérées, et la définition de mécanismes d'optimisation à mettre en place pour la gestion de gros volumes de données de cette forme ;
3. une expérimentation opérationnelle (portail ouvert, étude de tenue de charge et recueil de retours utilisateur).

Ces travaux à mener constituent le périmètre du sujet de la thèse.

Portée des travaux, collaborations

La portée de ces travaux est double car ceux-ci relèvent à la fois d'un axe patrimonial et d'un axe de recherche du domaine informatique, avec les contributions suivantes :

(Axe patrimonial) Exploitation et la diffusion de partitions musicales de musique traditionnelle, au sein d'une plateforme de données dites *ouvertes*, c'est-à-dire en accès public (totalement ouvert) aux partitions musicales, et offrir des méthodes de traitement des données en appui aux études musicologiques ;

(Axe de recherche en informatique) Conception de méthodes permettant l'interrogation du contenu de corpus de partitions musicales, et mise en œuvre de ces méthodes au sein d'une plateforme intégrant à terme de larges volumes de données.

Dans le cadre de ces travaux, l'équipe Shaman collabore de façon étroite avec le laboratoire CEDRIC du Conservatoire National de Arts et Métier. L'équipe Shaman est par ailleurs en contact avec des enseignants du cursus de musique traditionnelle du conservatoire de musique Lannion-Trégor qui ont manifesté leur intérêt pour le projet de mise en place de la plateforme avec fonctionnalités d'interrogation par le contenu (représenté par Anne-Marie Nicol, professeure dans le cycle de musique traditionnelle du conservatoire de musique Lannion-Trégor). Lorsque les travaux permettront d'exposer une preuve de concept satisfaisante, l'équipe aimerait lier de nouvelles collaborations multidisciplinaires (par exemple rentrer en contact avec des organismes de recherche spécialisées dans la sauvegarde du patrimoine breton, telles que Centre de Recherche Bretonne et Celtique).

Références

- [Bec17] Roland Becker. *Joseph Mahé (1760-1831) – Premier collecteur de musique populaire de Haute et de Basse-Bretagne – Biographie, manuscrit, analyse*. Patrimoine oral de Bretagne. Dastum, Presses universitaires de Rennes, 2017.
- [BnF22] BnF. Bibliothèque numérique de la BnF. <https://gallica.bnf.fr/>, 2022. Accessed July 2022.
- [Bre] Portail Breizh partitions. <https://www.partitions.bzh>. Accessed July 2022.
- [Das] Dastum. Base documentaire Dastumedia. <https://imslp.org><http://www.dastumedia.bzh>. Accessed July 2022.
- [Fre] free-scores web site. <https://www.free-scores.com>. Accessed July 2022.
- [FRT⁺18] David Fiala, Philippe Rigaux, Alice Tacaille, Virginie Thion, and (members of) The Gioqoso project. Data Quality Rules for Digital Score Libraries. Research report, IRISA, Université de Rennes, 2018.
- [FRT21] Francesco Foscarin, Philippe Rigaux, and Virginie Thion. Data Quality Assessment in Digital Score Libraries. The GioQoso Project. *Intl. Journal on Digital Libraries*, 22(2) :159–173, 2021.
- [Gio22] GioQoso web site. <http://gioqoso.irisa.fr>, 2022. Accessed June. 2022.
- [Goo01] Michael Good. *The Virtual Score : Representation, Retrieval, Restoration*, chapter "MusicXML for Notation and Analysis", pages 113–124. W. B. Hewlett and E. Selfridge-Field, MIT Press, 2001.
- [Kan] Portail Kan.bzh. <https://kan.bzh/>. Accessed July 2022.
- [Mus] MuseScore web site. <https://musescore.org>. Accessed June 2022.
- [Neu22] NEUMA web site. <http://neuma.huma-num.fr>, 2022. Accessed Feb. 2022.
- [RAA⁺12] Philippe Rigaux, Lylia Abrouk, H. Audéon, Nadine Cullot, C. Davy-Rigaux, Zoé Faget, E. Gavignet, David Gross-Amblard, A. Tacaille, and Virginie Thion-Goasdoué. The design and implementation of neuma, a collaborative digital scores library - requirements, architecture, and models. *Intl. Journal on Digital Libraries*, 12(2-3) :73–88, 2012.
- [Rol02] Perry Rolland. The Music Encoding Initiative (MEI). In *Proc. of the Intl. Conf. on Musical Applications Using XML*, pages 55–59, 2002.
- [RT22a] Philippe Rigaux and Virginie Thion. Towards a Graph-Oriented Perspective for Querying Music Scores. In *Proceedings of the INFORSID conference*, Dijon, France, May 2022.
- [RT22b] Philippe Rigaux and Virginie Thion. Exploration de partitions musicales modélisées sous forme de graphe. *Revue Ouverte Ingénierie des Systèmes d’Information*, à paraître 2022.
- [Sap05] Craig Stuart Sapp. Online Database of Scores in the Humdrum File Format . In *Proceeding of International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR)*, 2005.