



Atelier de travail BNF/SU HN-IA du 28 avril 2020

IA pour l'analyse musicale

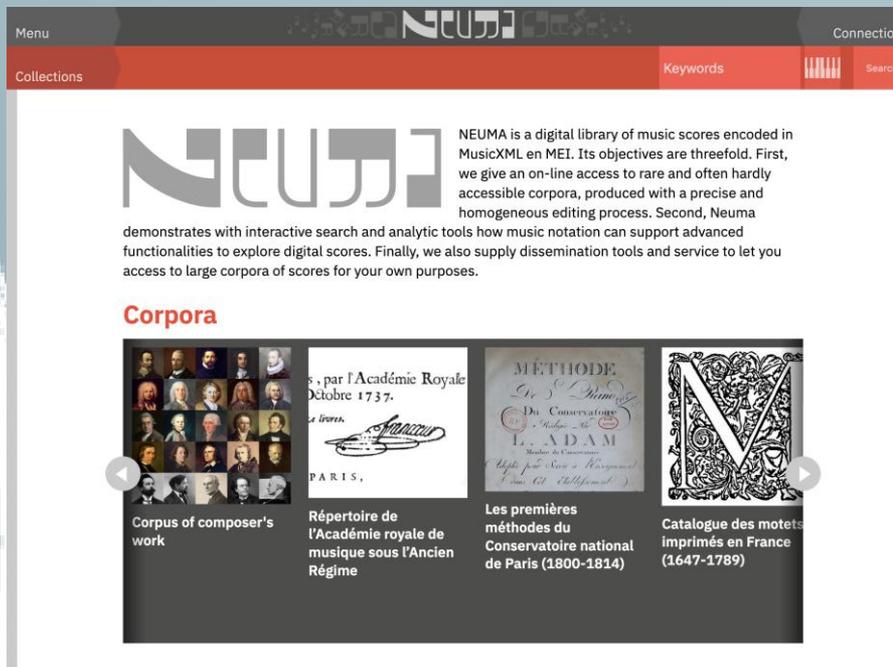
Christophe Guillotel-Nothmann

christophe.guillotel-nothmann@cns.fr

IREMUS

Points de départ

Bibliothèque de partitions NEUMA



Menu Connection

Collections Keywords Search

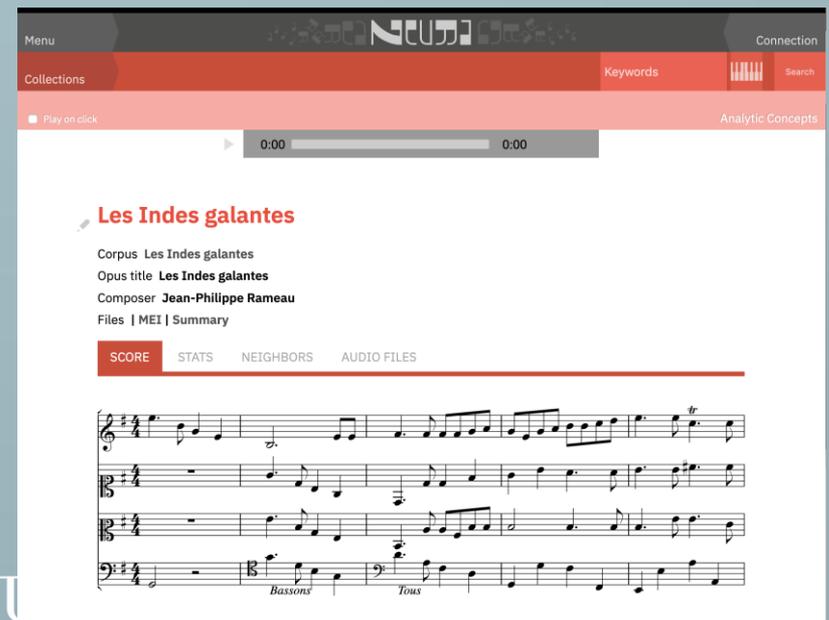
NEUMA

NEUMA is a digital library of music scores encoded in MusicXML en MEI. Its objectives are threefold. First, we give an on-line access to rare and often hardly accessible corpora, produced with a precise and homogeneous editing process. Second, Neuma demonstrates with interactive search and analytic tools how music notation can support advanced functionalities to explore digital scores. Finally, we also supply dissemination tools and service to let you access to large corpora of scores for your own purposes.

Corpora

- Corpus of composer's work
- Répertoire de l'Académie royale de musique sous l'Ancien Régime
- Les premières méthodes du Conservatoire national de Paris (1800-1814)
- Catalogue des motets imprimés en France (1647-1789)

- Projet ANR 2008-2011, Philippe Rigaux (Dauphine, CNAM)
- Collaboration : CNAM, IRPMF, LE2I, Société Armadillo, Paris-Sorbonne
- Objectif : Définir et expérimenter des outils de diffusion de corpus de musiques de toutes origines, représentées sous forme de partition numérisée



Menu Connection

Collections Keywords Search

Play on click Analytic Concepts

Les Indes galantes

Corpus Les Indes galantes
Opus title **Les Indes galantes**
Composer **Jean-Philippe Rameau**
Files | MEI | Summary

SCORE STATS NEIGHBORS AUDIO FILES

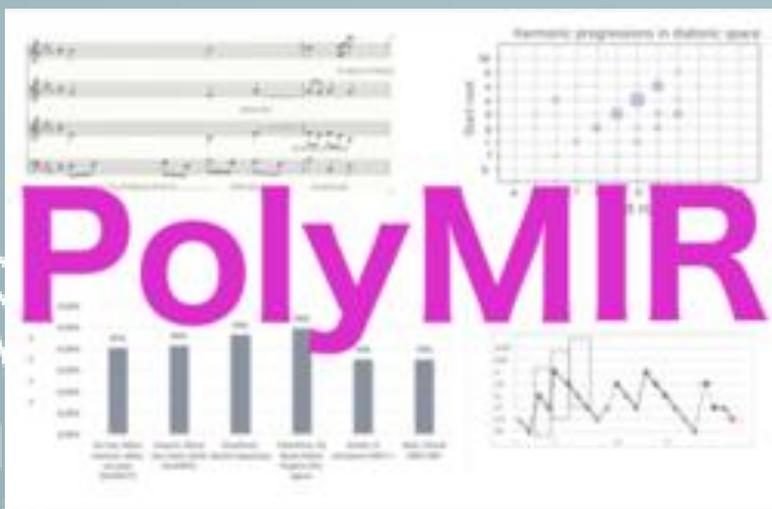
0:00 0:00



 Bassons
 Tous

Points de départ

Projet PolyMIR (*Polyphonic Music Information Retrieval*)



- Projet *Émergence* (SU), Cécile Davy-Rigaux, Christophe Guillotel-Nothmann (2017-2018)
- Collaboration : CNAM, INRIA, STMS-Ircam, IReMus
- Objectif : Faire émerger des savoirs et outils nécessaires à l'exploration numérique de répertoires harmoniques disponibles au format symbolique

Points de départ

Séminaire Épistémologie de la musicologie numérique Le statut des approches mixtes quantitatives-qualitatives

- Réflexion épistémologique sur le statut du numérique dans les trajectoires pédagogiques et les paradigmes de recherche en musicologie
- Identifier, concevoir et appliquer des méthodologies qui articulent de manière complémentaire des démarches quantitatives et qualitatives afin d'articuler « données » et « significations »
- Exploiter les propriétés connectives du numérique pour pluraliser et redynamiser les démarches interprétatives placées au cœur des humanités (Citton 2015, p. 5)

SÉMINAIRE ÉPISTÉMOLOGIE DE LA MUSICOLOGIE NUMÉRIQUE. LE STATUT DES APPROCHES MIXTES (QUANTITATIVES/QUALITATIVES).

Responsable(s): Thomas BOTTINI
Cécile DAVY-RIGAUX
Christophe GUILLOTTEL-NOTHMANN
Nicolas MEEÛS

CONTEXTE

Les outils numériques apportent des nouveaux moyens d'analyse et de comparaison qui font évoluer en profondeur les pratiques des humanités et qui redéfinissent leurs rapports aux sciences dites exactes (Bod 347, et 362). Cette évolution est à la fois visible et favorisée à travers la musicologie en raison de sa position à un carrefour interdisciplinaire où convergent, parmi tant d'autres disciplines, l'acoustique, les mathématiques, l'informatique, les statistiques, la linguistique, la littérature, la sociologie et l'histoire de l'art.

Les méthodes numériques, parce qu'elles reposent sur le traitement quantitatif des données, soulèvent toutefois des questions épistémologiques centrales lorsqu'il s'agit d'en investir la signification et le sens, placés au cœur des sciences humaines et sociales. La significativité statistique des observations faites à partir des approches quantitatives ne présage, en effet, en rien de leur « signifiante » – propriété de signifier, commune à tout système de signe (Benveniste 1974, 51).

Théorie des vecteurs harmoniques (TVH) : enjeux épistémologiques et disciplinaires

- Développée par Nicolas Meeùs au début des années 1990
- Établit une classification des enchaînements harmoniques en deux grandes catégories
 - vecteurs dominants
 - vecteurs sous-dominants
- L'accroissement quantitatif de vecteurs dominants sur l'axe diachronique reflète une évolution profonde du langage musical à l'aube des Temps Modernes
- Tout porte à croire que cette évolution se fait en interaction avec la mutation des contextes philosophiques, esthétiques, artistiques et idéologiques
- Enjeux épistémologiques et disciplinaires :
 - confirmer ou infirmer des hypothèses qualitatives à partir de l'analyse quantitative assistée par ordinateur
 - articuler l'analyse immanente avec des contextes (esthétiques, socio-culturels, philosophiques, idéologiques, etc.)
 - intégrer la réflexion musicologique aux autres disciplines des SHS et au-delà

Application de la théorie des vecteurs harmoniques : enjeux épistémologiques et disciplinaires

Deux défis analytiques pour l'application de la TVH à des corpus électroniques notés :

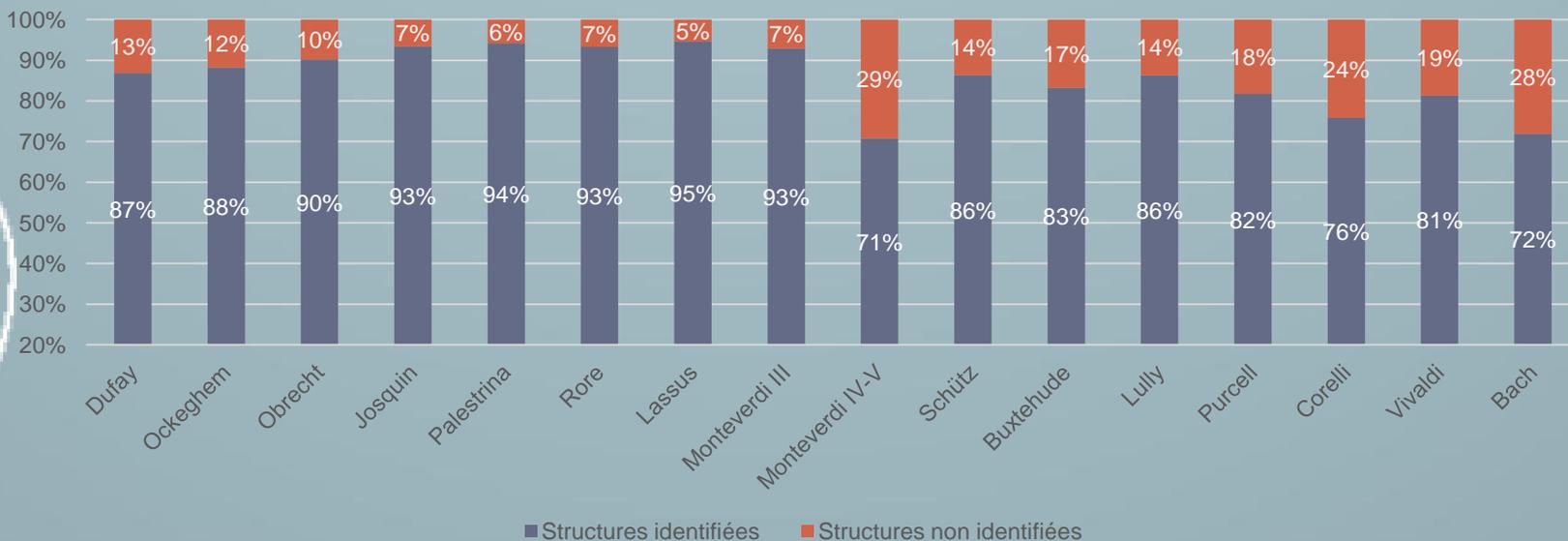
1. Identification de patterns dissonants
2. Identification d'accords

L'identification ne peut s'effectuer à partir de la seule image acoustique du phénomène : deux phénomènes identiques sur le plan acoustique peuvent avoir des significations distinctes

Identification de patterns dissonants

1^{ère} stratégie : formalisation rigoureuse

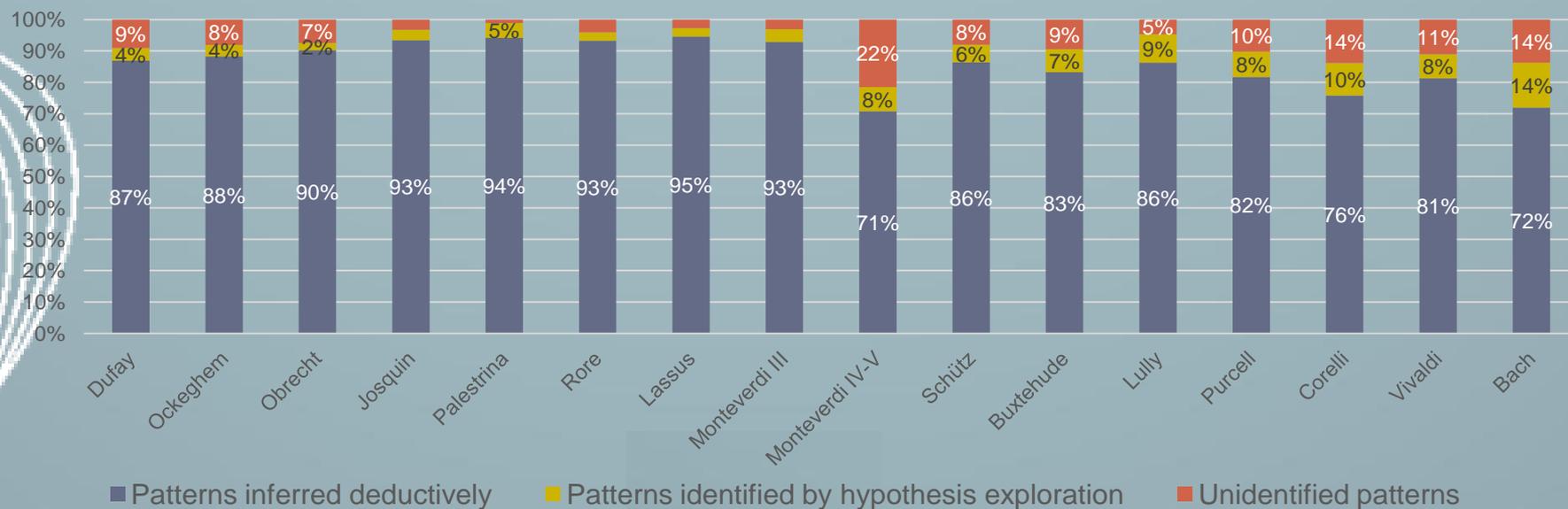
- Application d'un édifice de règles à des exemples individuels
- Si les implications ($A \Rightarrow B$) et les observations (A) sont certaines, les conclusions (B) sont certaines : $\frac{A \Rightarrow B \quad A}{B}$



Identification de patterns dissonants

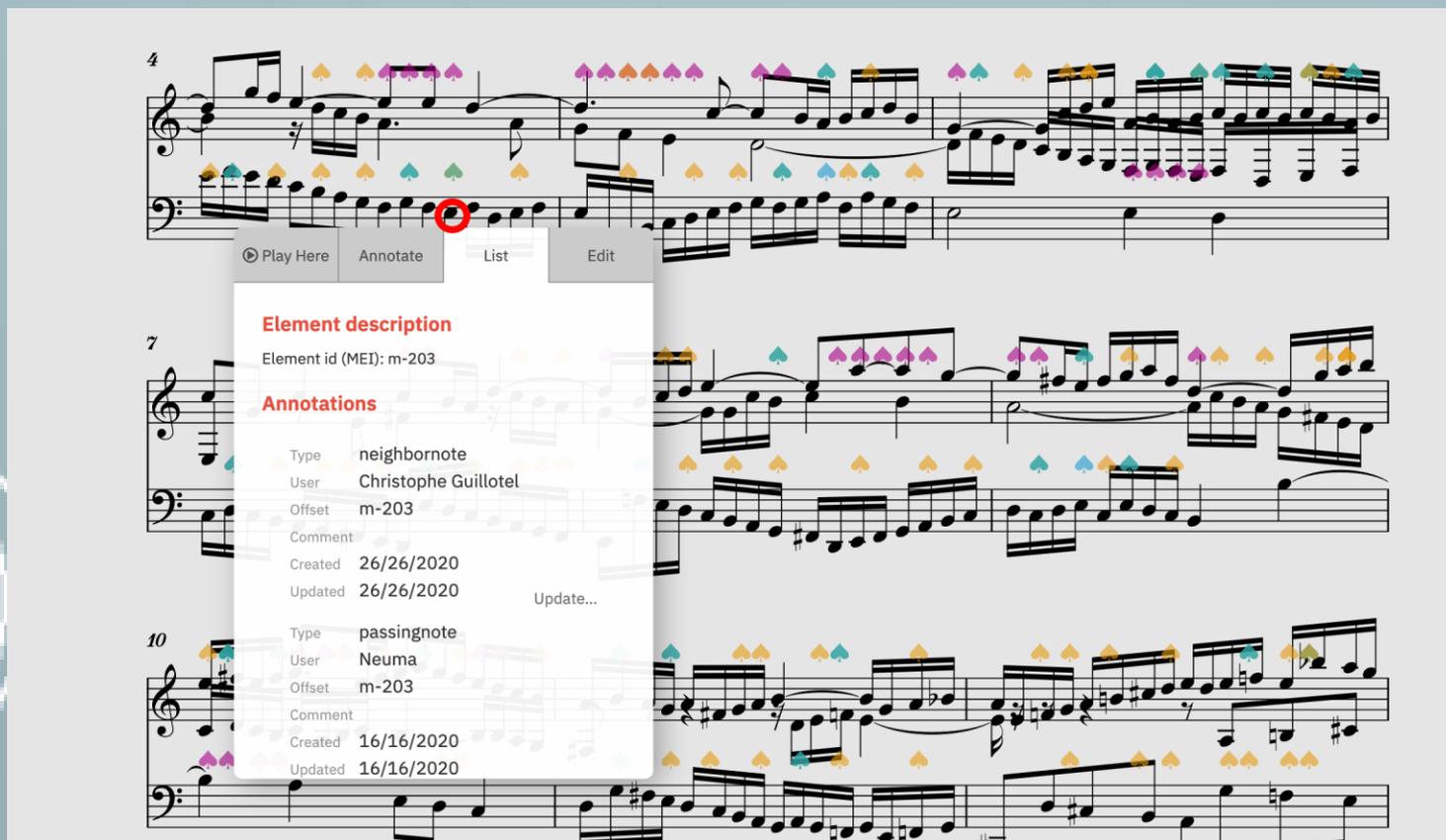
2^e stratégie : exploration d'hypothèses

- Formuler différentes hypothèses et sélectionner l'explication qui a le plus fort apport heuristique (la réponse donnée résout des incohérences et permet d'expliquer d'autres situations)
- L'inférence de la meilleure hypothèse correspond à l'abduction : $\frac{A \quad B \Rightarrow A}{B}$



Identification de patterns dissonants

3^e stratégie : annotation manuelle et *deep learning*



The screenshot displays a musical score with two staves (treble and bass clef) across three systems. The first system is labeled '4' and the third '10'. Annotations are represented by colored triangles (yellow, purple, teal) placed above or below notes. A red circle highlights a specific note in the bass clef of the first system. A pop-up menu is open over the second system, showing details for two annotations:

- Element description**
Element id (MEI): m-203
- Annotations**
 - Type: neighbornote
User: Christophe Guillotel
Offset: m-203
Comment:
Created: 26/26/2020
Updated: 26/26/2020
Update...
 - Type: passingnote
User: Neuma
Offset: m-203
Comment:
Created: 16/16/2020
Updated: 16/16/2020

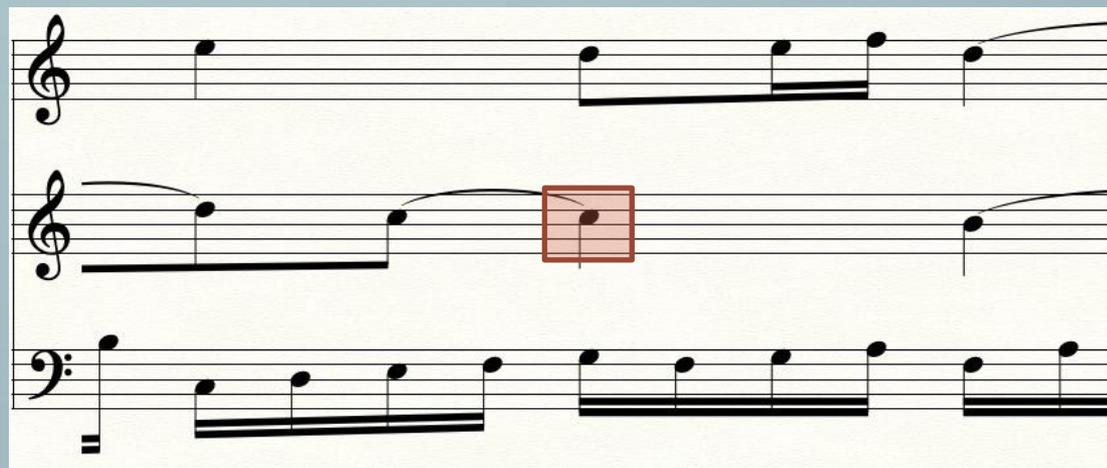
Interface d'annotation de NEUMA.

Identification de patterns dissonants

3^e stratégie : annotation manuelle et *deep learning*

8 Paramètres

1. Degrés diatoniques
2. Altérations
3. Tessitures
4. Disposition des voix
5. Durées
6. Accentuations
7. Attaques
8. Occurrences de hauteurs



← 5 unités de temps

→ 5 unités de temps

11 Unités de temps x 7 degrés diatoniques x 8 paramètres =

616 informations par note analysée

Identification de patterns dissonants

3^e stratégie : annotation manuelle et *deep learning*

Input layer

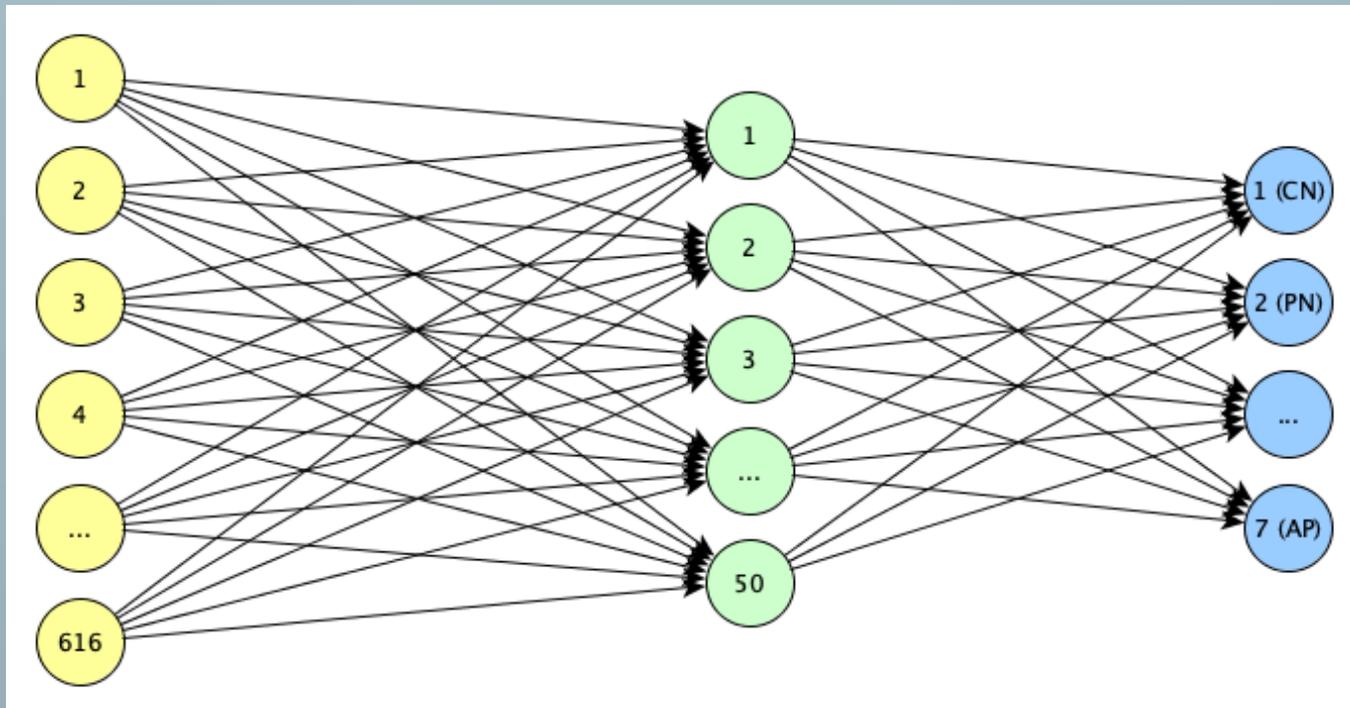
- Nodes : 616

Hidden layer

- Nodes : 50
- Activation : Rectified Linear Unit

Output layer

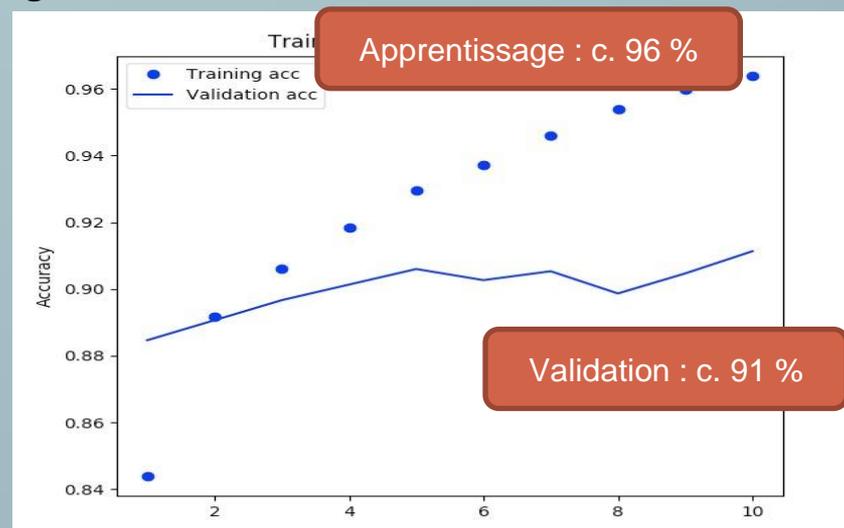
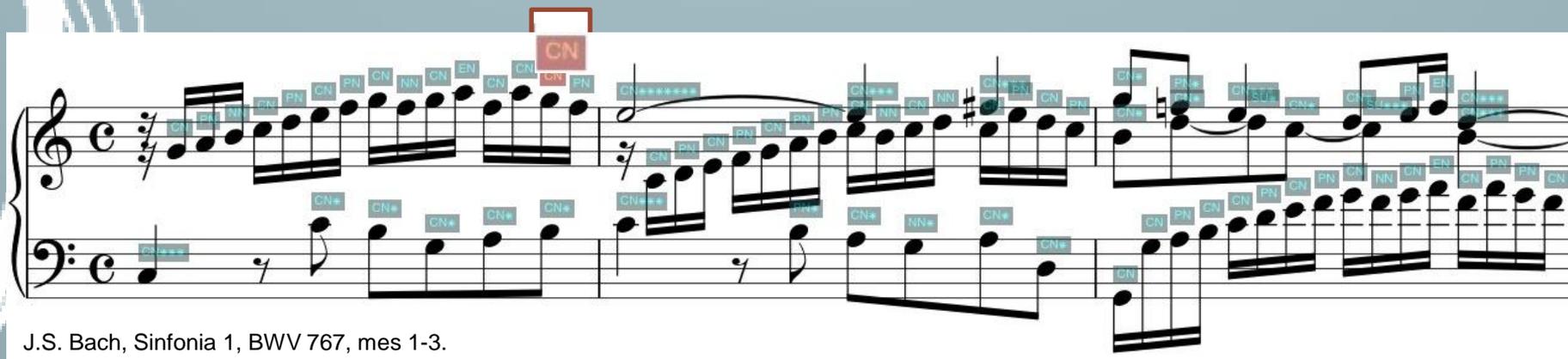
- Nodes : 7
- Activation : Softmax



Identification de patterns dissonants

3^e stratégie : annotation manuelle et *deep learning*

- Apprentissage : c. 15 000 observations
 - François Couperin, *Les Nations*, 1^{er} ordre
 - Johann Adam Reincken, *Hortus Musicus*
 - Johann Sebastian Bach, *Sinfonias* (BWV 787-801)
- Validation : 1 500 observations

J.S. Bach, Sinfonia 1, BWV 767, mes 1-3.

Identification de patterns dissonants

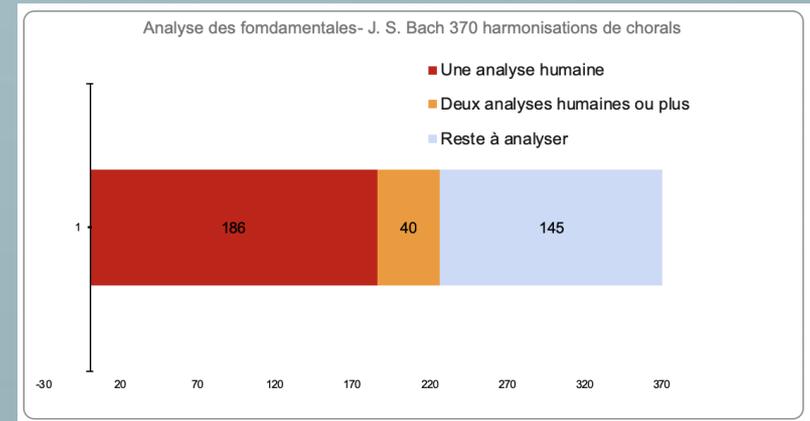
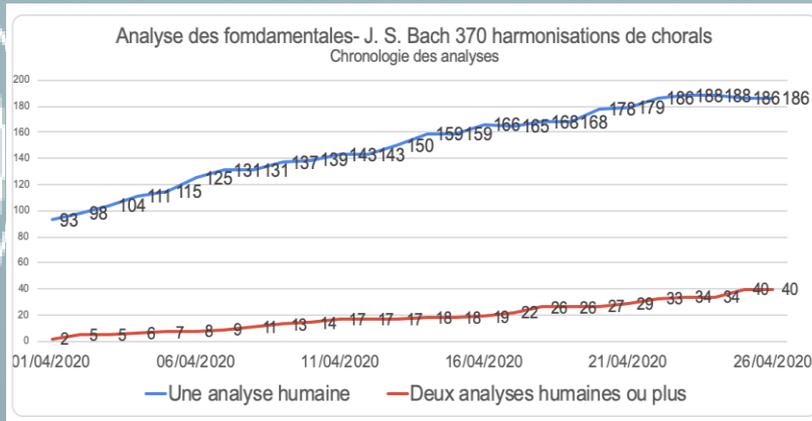
3^e stratégie : annotation manuelle et *deep learning*

- Les résultats sont encourageants, mais l'approche est faible sur le plan épistémologique
 - ❑ Impossibilité d'explicitier les présupposés méthodologiques
 - ❑ Impossibilité de situer les points de vue analytiques
 - ❑ Impossibilité d'identifier des situations ambiguës voulues en tant que telles par le compositeur
- Voies possibles pour l'intégration du *deep learning* à une démarche analytique qualitative, interprétative et créative :
 - ❑ Espoir d'obtenir des modèles « explicables » et « interprétables » (XAI) :
 - ❑ objectiver des choix analytiques souvent inconscients
 - ❑ trouver des règles implicites pour les intégrer à des formalisations explicites
 - ❑ Réintroduction d'un point de vue interprétatif et situé par le biais du travail collaboratif :
 - ❑ confronter les annotations effectuées par plusieurs analystes an amont de l'entraînement dans l'optique de situer les points de vue

Identification d'accords

4^e stratégie : *deep learning* et travail collaboratif

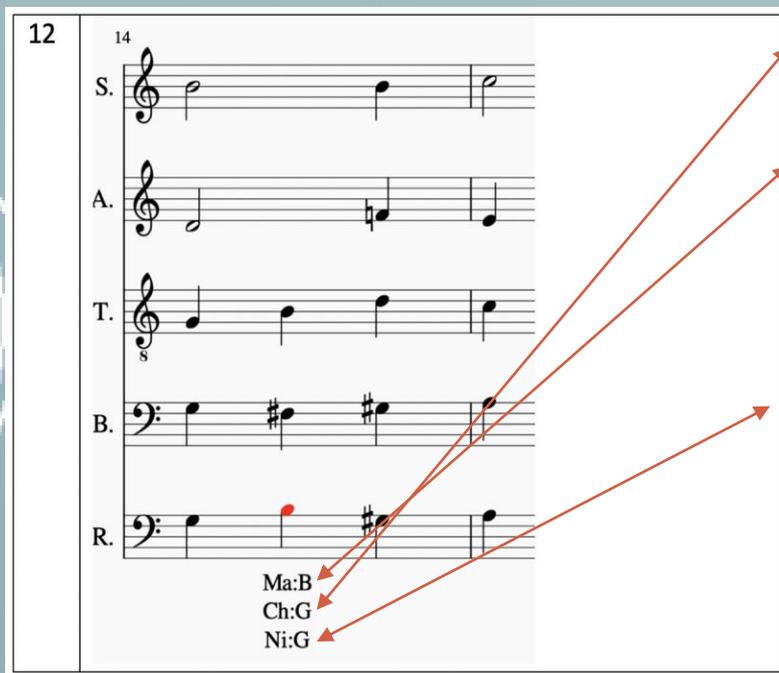
- **Objectif** : entraînement d'un ou de plusieurs modèles de reconnaissance d'accords
- **Corpus** : Jean Sébastien Bach, harmonisations de chorals (370 œuvres, c. 150 000 observations).
- **Méthode** : Confrontation de points de vue analytiques par l'examen de 25% des œuvres par deux analystes ou plus
- **Nombre d'analystes** : 8
 - enseignants, chercheurs, enseignants-chercheurs : 5
 - professeur au conservatoire : 1
 - doctorants : 2



Identification d'accords

4^e stratégie : *deep learning* et travail collaboratif

- Les analyses des mêmes œuvres sont mises en série et les réponses divergentes sont identifiées et signées
- Les cas litigieux font l'objet d'une typologie qui constitue le point de départ d'une discussion argumentée



12 14

S.
A.
T.
B.
R.

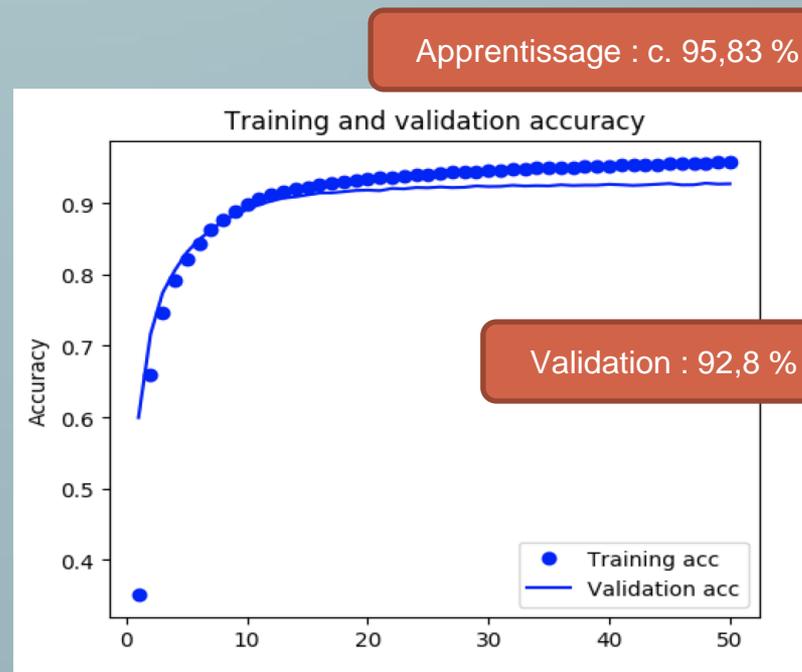
Ma:B
Ch:G
Ni:G

The image shows a musical score snippet with five staves labeled S., A., T., B., and R. The first staff (S.) has a treble clef and a key signature of one sharp (F#). The second staff (A.) has a treble clef and a key signature of one sharp. The third staff (T.) has a treble clef and a key signature of one sharp. The fourth staff (B.) has a bass clef and a key signature of one sharp. The fifth staff (R.) has a bass clef and a key signature of one sharp. The score is divided into two measures, 12 and 14. Red arrows point from the chord analysis labels (Ma:B, Ch:G, Ni:G) to specific notes in the score. The analysis labels are: Ma:B, Ch:G, Ni:G.

Identification de patterns dissonants

4^e stratégie : *deep learning* et travail collaboratif

- Apprentissage : c. 75 000 observations (environ 150 chorals)
- Validation : 8500 observations
- Modèle:
 - Input layer : 3696 nodes
 - Hidden layer : 30 nodes, activation : rectified linear unit
 - Output layer : 21 nodes, activation : softmax



Identification d'accords

4^e stratégie : *deep learning* et travail collaboratif

- Les choix analytiques, souvent inconscients et résultats de contingences contextuelles, sont explicités par la confrontation et l'argumentation
- Les modèles analytiques sont situés et signés : résultat d'un consensus de plusieurs analystes
- La discussion autour d'exemples litigieux débouche sur une méthodologie analytique et explicite la manière dont le modèle a été entraîné
- Les résultats produits par différents modèles peuvent être comparés et permettent indirectement l'analyse de leurs présupposés (historiques, théoriques, esthétiques, perceptuels., etc.)

Perspectives

Projet SHERLOCK social sciences & Humanities corpora Exploration and active Reading with Linked, Open & Contributive Knowledge organisation systems (Thomas Bottini, Cécile Davy-Rigaux)

- Infrastructure de l'IREMus pour la mise en rapport d'annotations critiques (comme productions de nouvelles connaissances) et des corpus (texte, image, son, données)
- Outils nécessaire à la formalisation d'opérations interprétatives, critiques et herméneutiques
- Défi du partage non seulement d'annotations formalisées (vocabulaires contrôlés) mais aussi de commentaires analytiques « libres »

Projet DIACRITIQQ Dispositif Informatique d'Annotation **CRIT**ique **Quali-Quantitatif** (Christophe Guillotel-Nothmann)

- Explorer des approches analytiques combinées IA (XAI?), formalisation explicite et annotation manuelle
- Créer les conditions propices à l'affichage, la confrontation, la sélection et la modification d'annotations analytiques effectuées sur des partitions numériques
- Garantir l'adressabilité, le partage et l'interopérabilité de données analytiques et interprétatives par le biais de SHERLOCK

Sources et documents de travail cités

- BOTTINI, Thomas ; GUILLOT-NOTHMANN, Christophe, « L'Inférence de connaissances dans le projet PolyMIR. Une approche hypothético-déductive pour l'analyse de patterns contrapuntiques complexes », *Séminaire Épistémologie de la musicologie numérique*, Paris, Maison de la Recherche, 13 avril 2018. [hal-02263255](#)
- CITTON, Yves (2015), « Humanités numériques. Une médiapolitique des savoirs encore à inventer », *Multitudes* 59, en ligne : <http://www.multitudes.net/humanites-numeriques-une-mediapolitique-des-savoirs-encore-a-inventer>.
- GUILLOT-NOTHMANN, Christophe, « Les signes musicaux et leur étude par l'informatique. Le statut épistémologique du numérique dans l'appréhension du sens et de la signification en musique », *Revue musicale OICRM*, Vol. 6 n° 2, janvier 2020, p. 45-72, en ligne : <https://revuemusicaleoicrm.org/rmo-vol6-n2/signes-musicaux/>.
- RASTIER, François (2011), *La mesure et le grain. Sémantique de corpus*, Paris, Champion.

Liens utiles:

- Analyse musicale assistée par ordinateur : <https://www.iremum.cnrs.fr/en/programme-de-recherche/analyse-musicale-assistee-par-ordinateur>
- NEUMA : <http://neuma.huma-num.fr/>
- PolyMIR : <https://www.iremum.cnrs.fr/fr/projets-de-recherche/polymir-polyphonic-music-information-retrieval>
- Séminaire Épistémologie de la musicologie numérique. Le statut des approches mixtes (quantitatives/qualitatives) : <http://www.iremum.cnrs.fr/fr/programme-de-recherche/seminaire-epistemologie-de-la-musicologie-numerique-le-statut-des-approches>
- SHERLOCK : <https://www.iremum.cnrs.fr/fr/projets-de-recherche/sherlock-social-sciences-humanities-corpora-exploration-and-active-reading>