

FUTURS FANTASTIQUES

Vendredi 10 décembre 2021

Grand Auditorium

Peter Broadwell, The Pianolatron : Traitement de milliers de rouleaux de piano numérisés pour l'analyse et la lecture interactive.

Ce projet fait partie d'un projet beaucoup plus vaste qui se concentre sur une collection de plus d'un millier de rouleaux de piano numérisés. Ils datent environ de la période 1900 à 1930. Et voici quelques-uns des principaux contributeurs, mais il y en a beaucoup d'autres.

C'est une capture d'écran de l'application, s'il y a le temps à la fin je ferai une démo, vous pouvez aussi aller sur l'URL à tout moment pour l'essayer, c'est encore en phase de test, mais ça avance rapidement. C'est la vue de l'application, c'est un rouleau de piano qui est joué.

Ils sont très faciles à lire avec les codes couleurs. Les perforations vertes sur le côté gauche contrôlent le volume des notes sur la moitié gauche du rouleau et les perforations vertes sur le côté droit contrôlent le volume des notes sur le côté droit du rouleau et les notes ici sont codées par couleur, le bleu est faible et le rouge est fort.

Pour discuter de la relation entre ce projet et l'IA, il est important de garder à l'esprit que les rouleaux de piano sont un type de support de données informatiques, « cousins » de la carte perforée, qui a une longue histoire - peut-être l'une des plus anciennes méthodes et supports de stockage et de programmation de données, remontant au métier Jacquard, si ce n'est plus tôt.

C'est donc une transition assez simple de faire un système de piano fondé sur des cartes perforées ainsi qu'une alimentation continue dans ce cas. Comme une rapide digression historique, notre rouleau de piano est également présenté dans une invention importante du XXème siècle qui est la radio à spectre étalé à saut de fréquence (FHSS) qui a été inventée à l'origine pour éviter que les torpilles, les systèmes de radioguidage des torpilles, soient brouillés pendant la Seconde Guerre mondiale. L'idée originale était que la torpille et le navire aient tous deux ces rouleaux de piano en fonctionnement et que cela détermine quelle fréquence utiliser à quel moment pour ne pas être brouillés. Les inventeurs étaient Hedy Lamarr, une célèbre actrice hollywoodienne, et George Antheil, un compositeur très intéressé par les dispositifs mécaniques de composition. Contrairement à ce qu'Antheil a dit, la raison pour laquelle le système de torpilles pour le piano mécanique n'a jamais été utilisé, c'est qu'il est très difficile de synchroniser deux pianos mécaniques qui se trouvent à des endroits différents. Et Antheil l'a constaté *de visu* lorsqu'il a écrit sa « mécanique du ventre » (belly mechanic) qui a été créée il y a environ un siècle ici,

à Paris, qui prévoyait à l'origine un nombre illimité de pianos mécaniques censés être synchronisés mais qui ont finalement été remplacés par quatre pianos joués par de véritables humains. Et voici une photo d'Antheil grim pant dans son appartement au-dessus de Shakespeare And Company parce qu'il avait oublié ses clés.

Dans le temps qui me reste, je vais évoquer quelques défis informatiques que nous avons rencontrés dans le cadre de ce projet, et la manière dont ils sont liés à l'intelligence artificielle. Je pense que la chose importante à garder à l'esprit est qu'il s'agit d'utiliser des ordinateurs pour lire des données informatiques. Elles sont déjà en quelque sorte informatiques même si c'est un format analogique, donc c'est un peu différent de la reconnaissance de l'écriture manuscrite ou OCR (reconnaissance optique de caractères).

Ainsi, même dans le cas de la détection des trous, il peut être très simple d'appliquer un seuil autour de quelque chose de circulaire et de dire que c'est un trou, cela fonctionne généralement ; les choses qui ressemblent à des trous faits par des insectes sont généralement détectables, parfois elles ont la forme d'une pompe sur la mascotte du Musée d'Orsay (est-ce que quelqu'un y a été récemment ?). Ok, j'ai juste pensé que je devais le mentionner...). Il y a quelques défis supplémentaires. Cependant, la segmentation peut être un défi particulièrement si les notes continues sont dénotées par des trous très proches les uns des autres. Mais si un morceau comporte beaucoup de notes staccato très rapides, le modèle de seuillage ne peut pas les segmenter correctement, ce qui s'est produit avec ce rouleau, c'est l'interprétation de l'Erlkönig [Roi des Aulnes] de Schubert. Si quelqu'un l'a joué, il sait qu'il comporte beaucoup de notes très rapides. Nous travaillons sur des moyens pour résoudre ces cas assez rares qui impliquent un seuillage de base, au lieu de chercher à utiliser un nombre codé en dur qui serait cette ligne verte, nous cherchons ce minimum local indiqué par la ligne rouge qui réduit les fausses continuations.

Un autre défi fondamental, est de reproduire le système d'expression et les expressions qui étaient encodées dans les rouleaux via les trous sur les marges gauche et droite. Comme je l'ai déjà dit, la question est de savoir si vous essayez de modéliser chaque composant individuel de ces systèmes de reproduction. Le défi est d'autant plus grand qu'un grand nombre de systèmes d'enregistrement originaux ont été perdus dans l'histoire entre les deux guerres mondiales, et qu'ils sont donc tous, en quelque sorte, spéculatifs et très reconditionnés dans les versions modernes.

Ce que nous avons décidé de faire, c'est d'adopter une approche plus numérique et nous avons utilisé comme vérité de terrain ces courbes de nuance de la main, ces lignes noires tracées au pochoir qui étaient en fait tracées sur les rouleaux au début des années 1900 lorsqu'ils ont été imprimés. Vous voyez ces lignes vertes à l'extérieur, ce sont les résultats de notre émulation des systèmes qui, selon nous, se produisaient (des mécanismes pneumatiques qui, selon nous, étaient à l'origine de ces productions). Ceux-ci montrent les niveaux de volume (c'est un peu difficile à lire mais ça montre les niveaux de volume relatifs des deux côtés du clavier. Et on s'en

est bien approché, je pense que vous pouvez voir qu'ils correspondent assez bien, c'est le niveau auquel on travaille). Mais encore une fois, ce sont des encodages presque binaires ou numériques, mais pas tout à fait, c'est un domaine intéressant à étudier.

Un autre défi que nous avons rencontré brièvement était d'identifier où se trouvent réellement ces colonnes de trous, car certaines colonnes ne contiennent aucune note, car tous les rouleaux n'utilisent pas tous les nœuds du piano. Il s'agit donc de compter par où tous les trous apparaissent, puis d'essayer de trouver une fréquence fondamentale pour déterminer la distance exacte entre les colonnes. Donc, on fait rapidement une transformation de Fourier sur ça. 99 fois, ça marche mais il apparaît des « corner cases » étranges : ici, on a un faux pic dans notre spectre de fréquence qui nous donne une mauvaise largeur pour les colonnes. Ici, c'est la bonne. On a des idées pour corriger ça, mais on ne l'a pas encore fait. Et quand ça ne marche pas, ça ne marche vraiment pas, le son est horrible. Mais ça marche déjà pour environ 99 des rouleaux.

Un dernier défi est lié au fait qu'un rouleau de piano n'a pas de système de cabestan pour réguler la vitesse de lecture. Ainsi, au fur et à mesure que le rouleau s'accumule sur la bobine d'enroulement, il accélère, et cela s'est produit pendant les enregistrements. Nous devons donc la modéliser, sinon notre lecture sera beaucoup trop lente lorsque nous arriverons à la fin du rouleau. Et c'est assez facile à modéliser en se fondant sur la physique fondamentale, mais il s'avère qu'il y a beaucoup de variations dans ce qui se passe réellement pendant la lecture selon les éléments comme l'humidité et d'autres aspects du système de la machine de lecture particulière que vous utilisez, donc ce que nous avons fait, c'est d'utiliser certaines approches de science des données pour comparer ce à quoi ressemblerait un rouleau non accéléré à des enregistrements réels de pianos mécaniques rénovés qui jouent ces rouleaux avec l'accélération qu'ils présentent. Nous les faisons concorder en utilisant une correspondance de spectre de fréquence. Nous utilisons un algorithme de déformation temporelle dynamique pour faire ce genre de correspondance.

Et nous sommes capables de comprendre les vitesses échantillonnées pendant le temps de lecture d'un rouleau particulier, et nous pouvons donc trouver des chiffres consensuels pour le taux d'accélération moyen pour un type particulier de rouleau. En prime, nous obtenons également la vitesse initiale du rouleau qui n'était pas vraiment quelque chose qui pouvait être déterminé mécaniquement par les fabricants, ce qui explique en partie pourquoi la torpille ne fonctionnera jamais, mais nous sommes en mesure d'obtenir cette information pour des rouleaux particuliers.

Et maintenant, je vais essayer de faire brièvement une démonstration. Je ne pense pas que le son va fonctionner, mais je vais juste faire une brève démonstration de l'application qui joue un rouleau, peut-être que vous pourrez entendre le son. Et je vais juste monter le son aussi fort que possible. Nous pouvons aussi activer les

codes couleur et passer à un rouleau différent, celui-ci roule dans une direction différente et nous pouvons passer à différents endroits de l'interprétation. Et si tout est trop lent, nous pouvons l'accélérer. Donc, voici l'application : je vous encourage tous à l'essayer à votre guise.

Merci pour votre temps et votre attention.