

Créativité individuelle et style : Le projet FlowMachines

François Pachet
Sony CSL et Lip6, UPMC

Créons !

La créativité semble devenir le nouveau leitmotiv de notre société pourtant plongée dans une crise économique, sociale, écologique grave. Créez, créez ! nous exhortent ces publicités pour des marques d'ordinateurs, de logiciels, même de voitures et de biens courant.

Comme si c'était facile ! Tout le monde a fait l'expérience de la dimension douloureuse de l'expérience de création individuelle : rédiger une thèse, certes, mais aussi un papier, comme pour ce numéro spécial, composer une simple mélodie, une séquence d'accords, inventer une histoire simple... Même rédiger un email peuvent nous plonger, dans certain cas, dans des états mentaux très désagréables : impression d'impuissance, de blocage, de tourner en rond. De n'avoir, au fond, rien à dire.

Dans certains cas seulement : le psychologue M. Csikszentmihályi a décrit l'état exactement inverse, qu'il nomme Flow, dans lequel, au contraire, on est complètement porté par la tâche en cours (Csikszentmihályi, 1975). Cet état, qu'il caractérise par certains critères qualitatifs (perte de la notion du temps, capacité à se créer soi-même ses propres objectifs, etc.) est hautement enviable : d'une part il nous permet d'échapper aux contingences de la vie courante, mais surtout il nous permet de faire l'expérience, qu'il nomme "optimale" d'être totalement engagé dans son activité : finalement d'être en plein cœur de soi-même, et d'être libre. Csikszentmihályi a ainsi observé non seulement des chercheurs (dans tous les domaines) mais aussi des sportifs, des enseignants, voire même des femmes de ménage, qui sont capables d'atteindre ces états de Flow de manière autonome, afin d'en tirer les bribes d'une théorie. En première approximation, il s'agit d'être dans un zone qui offre les meilleurs objectifs (challenges) en fonction de ses capacités (skills, Figure 1). Malheureusement, ces états, s'ils semblent bien réels, restent mal connus. En particulier, on ne sait pas bien comment y arriver, ni comment enseigner à y arriver.

Le projet FlowMachines [FlowMachines 2012], subventionné par une généreuse bourse ERC Advanced Grant, a précisément comme but de mieux comprendre les problèmes de la créativité individuelle sous cet angle, avec un point de vue d'un ingénieur en intelligence artificielle. Il ne s'agit pas ici de construire des machines créatives (évitons le débat sans fin sur "qu'est-ce que la créativité?"). Il s'agit ici de construire des machines qui permettent à un individu d'aborder les tâches de création de manière à faciliter ces états idéaux, fluides et épanouissants, dans lesquels tout semble facile.

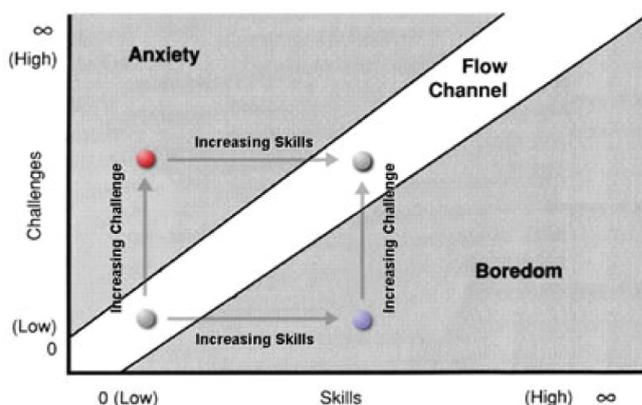


Fig. 1 : Le Flow selon Csikszentmihályi est un état mental optimal, entre ennui et anxiété.

Utopique ? Oui sans doute, ce projet est très ambitieux. Mais il ne part pas de rien. Nous avons déjà construit de telles machines dans le domaine de l'improvisation libre : le Continuator [Pachet, 2003]. Ce système écoute un utilisateur (musicien ou pas) jouer librement sur un clavier puis se met à lui répondre, en réutilisant ses propres éléments musicaux. En apprenant en temps réel des bribes du "style" de l'utilisateur, et en répondant par de nouvelles phrases dans ce même style appris à la volée, nous avons montré que de tels dialogues fascinaient les utilisateurs à un point qui allait du delà de l'effet démo. Ces expériences, conduites avec des enfants (voir le projet Miror, [Miror, 2012]) aussi bien qu'avec

CRÉATIVITÉ INDIVIDUELLE ET STYLE : LE PROJET FLOWMACHINES

des musiciens de jazz nous ont alors poussé à essayer de généraliser l'approche. C'est ainsi qu'est né le projet.

Flow et ZPD et Style

Si les états de Flow sont de bonnes cibles, ils n'en restent pas moins flous, mal définis, et difficilement réductibles à des modèles pour informaticiens. Une autre source d'inspiration qui se révèle bien plus fructueuse pour définir notre champ d'étude : Vigotsky. Ce psychologue russe des années 1920 a introduit notamment cette notion de "zone de développement proximal" ou ZPD en anglais. Cette zone définit ce qu'un élève est capable d'apprendre avec l'aide d'un enseignant (Cf. Figure 2). Selon lui, le rôle de l'enseignement serait précisément d'amener à un élève à apprendre ce qui est déjà potentiellement en lui. Bien qu'il semble presque trivial, ce diagramme a eu beaucoup d'influence dans la pensée pédagogique du XXe siècle. Nous le prenons ici comme une parfaite définition de notre champ d'étude : comment explorer en effet cette zone propre à chacun d'entre nous, qui exploite au mieux toutes nos potentialités ?

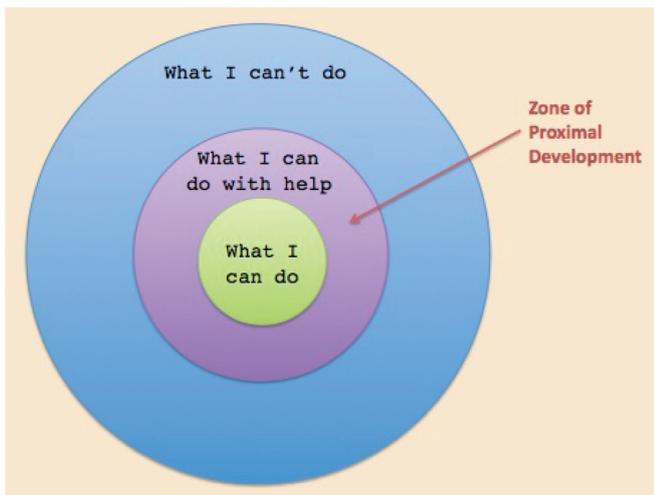


Fig. 2 : La zone de développement proximal selon Vigotsky.

C'est ici qu'intervient la notion de style : c'est le style qui permet de donner un sens computationnel à la notion de ZPD et in fine permet d'imaginer ces applications d'authoring d'un genre nouveau. En effet, on peut considérer que l'exploration de sa ZPD consiste à naviguer dans l'espace des artefacts que l'on pourrait construire, avec ses connaissances courantes. Si l'on se restreint au cas particuliers des séquences (le texte, la musique, le dessin peuvent se modéliser comme des séquences dans des espaces adéquats), alors on peut définir la ZPD comme la généralisation d'un ensemble de séquences données par

l'utilisateur (Cf. Figure 3). Le rôle d'une flow machine est alors de construire cet ensemble et de donner des moyens de navigation à l'utilisateur.

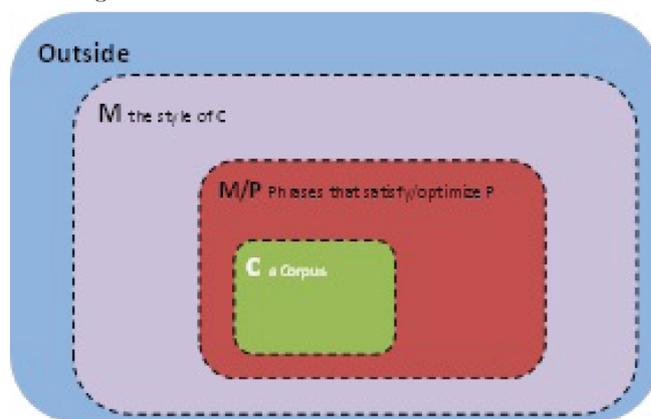


Fig. 3 : Le schéma général de la navigation sous contraintes dans un style spécifié par un corpus.

Cela semble facile a priori, mais les apparences sont trompeuses. Nous illustrons cette idée avec le cas particulier des modèles markoviens pour lesquels nous avons obtenu quelques résultats intéressants.

Le problème technique de base

Le problème technique de base est défini simplement. Etant donné un corpus (ensemble fini de séquences finies dans un alphabet donné), nous voulons produire de nouvelles séquences de longueur donnée qui satisfont essentiellement deux critères :

Etre "markoviennes". Ceci signifie que les séquences doivent être engendrables par le modèle Markovien estimé à partir du corpus. En pratique, celles-ci sont construites en accumulant des bouts de séquences pris dans les séquences du corpus. Ces bouts peuvent être de longueur variable. On s'intéresse aussi à la probabilité de ces séquences : les bouts les plus fréquents étant considérés comme plus typiques que les bouts les plus rares, etc. Mais pas seulement : on veut aussi pouvoir éviter des bouts trop longs (contrainte d'ordre maximal) ou aussi autoriser certains bouts non Markoviens, mais engendrés par d'autres processus de transformation. Toute une série de processus de constructions à partir d'une généralisation du corpus peuvent ainsi être définis.

Satisfaire des contraintes utilisateurs. C'est là que le bât blesse et que le problème devient intéressant. Ces contraintes sont issues du domaine d'applica-

tion et sont le plus souvent très naturelles : composer une mélodie qui se termine par la tonique (contrainte sur la dernière note), qui ne contient qu'un seul accord septième (contrainte dite de cardinalité sur toute la séquence), ou bien écrire une phrase avec une rime (contrainte sur la dernière syllabe) ou avec une certaine métrique (par exemple des alexandrins : contrainte de somme).

Or s'il est trivial de générer des séquences aléatoires à partir d'un corpus (par des procédés dits de random walk), il est en revanche extrêmement difficile d'en générer qui satisfasse de telles contraintes, dans le cas général. La raison en est que ces contraintes, le plus souvent, violent l'hypothèse de Markovianité car elles établissent des relations entre des éléments distants de la séquence.

Alors que faire? Les méthodes traditionnelles consistent à faire du generate-and-test : générer des millions de séquences puis ne garder que celles qui satisfont les contraintes. Les désavantages sont nombreux : le plus embêtant est que l'on n'a aucune garantie de trouver les séquences qui pourraient satisfaire les contraintes! Nous avons proposé dans (Pachet et Roy, 2011) une solution générale au problème : en reformulant la génération de séquences markovienne comme un problème de CSP (contraintes à domaines finis), nous pouvons résoudre n'importe quel problème de ce type.

Par exemple, nous avons exhibé le fameux "Boulez Blues" : séquence de 24 accords (12 mesures, 2 accords par mesure) dans le style de Charlie Parker, c'est-à-dire fabriquée à partir de tous les Blues composés par Charlie Parker, et qui vérifie aussi la contrainte sérielle "Boulezienne" (Schoenbergienne pour être précis) : tous les accords doivent être différents! Ce blues, s'il est un brin artificiel, illustre parfaitement notre propos : nous sommes dans la ZPD de Charlie Parker (dans sa dimension harmonique) et nous en explorons les limites. Un Blues que Charlie Parker n'aurait sûrement jamais composé, mais qui néanmoins s'engendre parfaitement à partir de son style. Et même plus : nous produisons le plus probable de ces Blues improbables (celui qui optimise la probabilité, i.e. le produit des probabilités successives de chaque élément), avec garantie d'optimalité, puisque nous situons dans le cadre d'un branch & bound dans une recherche complète.

Hélas, notre méthode n'est pas efficace dans le cas général. Techniquement, le filtrage (arc-cohérence) des contraintes Markoviennes se marie mal avec celui de la contrainte AllDiff (Régis, 1994). Une partie de notre programme de recherche consiste donc à trouver des algorithmes de filtrage efficaces (polynomiaux ou pseudo-polynomiaux) pour des classes de contraintes marko-

viennes spécifiques, dans la lignée des travaux sur les contraintes globales (Beldiceanu, 2007). Nous avons déjà obtenu un résultat spectaculaire en montrant que pour toute contrainte unaire ou binaire adjacente, on pouvait résoudre le problème en temps polynomial en transformant le modèle de Markov initial de manière à y "compiler" ces contraintes (Pachet et al., 2011). Ceci, l'air de rien, nous permet de produire efficacement, et complètement, toutes les séquences Markoviennes satisfaisant des contraintes très utiles en pratique. Par exemple, des mélodies se terminant sur la bonne note (souvent caractéristiques de la virtuosité en jazz (Pachet, 2012)), ou le bon accord. Ou bien des phrases "dans le style de" qui en plus satisfont des contraintes syntaxiques, prosodiques, de rimes voire de sémantique (dans une certaine mesure)! Nous avons ainsi produit une version de la chanson Yesterday des Beatles en en gardant intégralement la prosodie et les rimes, mais dans le style de Bob Dylan, des Beach Boys ou Madonna (Barbieri et al, 2012).

Une des questions intéressantes qui se posent ensuite est : dans quelle mesure ces séquences sont-elles bien "dans le style" de l'auteur de départ? Pour y répondre nous conduisons des tests de reconnaissance, à la fois sur les textes (<http://www.csl.sony.fr/stylegame/>) et sur la musique (projet Miror). Il est bien évident que ces questions sont pour autant préliminaires : bien d'autres peuvent se poser de même nature. Inversement, on pourrait vouloir utiliser des distances stylistiques comme contraintes : produire une séquence dans le style de X, mais pas trop, ou "plus" ou "moins" dans le style Y

En bref, il s'agit ici de "réifier" le style, d'en faire un objet computationnel manipulable en machine, selon la tradition de la représentation des connaissances par objets chère au laboratoire Lip6 (ex Laforia) (Perrot, 1998, Pachet, 2004). Cette réification couvre toutes les étapes de la vie du style : son estimation à partir de corpus, sa généralisation possible (par exemple quand les corpus sont trop petits), sa torsion ou liquéfaction par l'ajout de contraintes ad hoc, sa composition avec d'autres styles, etc.

Composition et Ecriture

Les machines que nous souhaitons construire vont donc permettre à un utilisateur de produire des séquences (texte, musique) en explorant sous contraintes un corpus donné. Si cette idée n'est pas nouvelle (voir par exemple les travaux de l'Oulipo initiés par Raymaud Queneau et toujours actifs), ce qui est nouveau est la possibilité de

CRÉATIVITÉ INDIVIDUELLE ET STYLE : LE PROJET FLOWMACHINES

concevoir des outils mettant en œuvre ces contraintes sur des corpus arbitraires. Ce corpus sera prioritairement le corpus constitué des œuvres de l'utilisateur, mais techniquement il peut tout aussi bien être un corpus quelconque. Un musicien pourra explorer les séquences d'accords qu'il a déjà construites (projet en cours avec Mark d'Inverno, Goldsmith College à Londres), celles de Miles Davis ou Wayne Shorter, ou bien toutes celles du Real Book. Un écrivain pourra partir du corpus constitué de la Recherche du temps perdu, les œuvres de Shakespeare ou l'ensemble de tous les emails qu'il a rédigés depuis 10 ans. Le tout sera bien sûr préalablement annoté automatiquement pour en extraire les catégories lexicales (part-of-speech) et toutes les informations nécessaires à la pose de contraintes utilisateur. Le système pourra alors proposer des phrases, des paragraphes, voir modifier des bouts de textes écrits selon divers contraintes, biais, etc. exprimés par une interface ad hoc. Nous allons écrire des textes entiers à l'aide de ces outils, afin d'étudier finement d'un part quelles sont les contraintes intéressantes, et d'autre part comment le processus de création peut être affecté (dans le bon sens) par l'utilisation de tels outils.

Tout est ici à inventer : le domaine technique des chaînes de Markov finies avec contraintes n'est qu'à peine entamé et de nombreuses questions se posent encore dont certaines très difficiles ; l'analyse de corpus en vue de l'extraction de caractéristiques stylistiques (qu'est ce rend une séquence reconnaissable?), la conception d'applications interactives de production de contenu, mais aussi la modélisation informatique fine des dits styles en vue de leur distribution, échange, voire commercialisation (projet à l'étude). Enfin, nous allons aussi étudier les chroniques complètes d'utilisation de ces machines par des utilisateurs, professionnels (écrivains, compositeurs) comme amateurs afin d'en tirer des enseignements sur le processus de création à l'aide de telles machines.

Conclusion

Ce projet FlowMachine est très ambitieux et couvre un large spectre : problèmes de fond en combinatoire et statistiques, mais aussi défi de conception et expérimentations "grandeur nature". Plusieurs postes sont à pourvoir, à tous les niveaux (assistants, thèses, post-doc, Cf. <http://www.flow-machines.com>). Nous recherchons moins des profils techniques que des individus motivés

et ayant l'expérience de la création sous une forme quelconque : comme disait Jean-Louis Laurière, il faut avoir 2 compétences pour réussir. Une d'elle peut être la programmation et l'intelligence artificielle, mais une seulement . . .

Références

- Barbieri, G., Pachet, F., Roy, P. Degli Esposti, M. (2012) Markov Constraints for Generating Lyrics with Style. In Luc De Raedt et al., editor, Proc. of the 20th ECAI, pp. 115-120.
- Beldiceanu, N., Carlsson, M., & Demassey, S. (2007). Global constraint catalogue : Past, present and future. *Constraints*, 12(1), 32–62.
- Csikszentmihalyi, M. (1975) *Beyond Boredom and Anxiety : Experiencing Flow in Work and Play*, San Francisco : Jossey-Bass.
- Pachet, F. (2004) Les nouveaux enjeux de la réification, *L'Objet*, 10(4).
- FlowMachines (2012) Le Projet FlowMachines sur l'étude de la créativité individuelle : <http://www.flow-machines.com>
- Mirror (2010) Le projet européen Mirror sur l'application du Continuator pour la pédagogie musicale des enfants : <http://www.mirrorproject.eu>
- Pachet, F. (2003) The Continuator : Musical Interaction with Style, *Journal of New Music Research*, 32(3) :333–341.
- Pachet, F. (2012) Musical Virtuosity and Creativity, in McCormack, J and d'Inverno, M, editors, *Computers and Creativity*, Springer.
- Pachet, F. and Roy, P. (2011) Markov constraints : steerable generation of Markov sequences, *Constraints*, 16(2) :148–172
- Pachet, F., Roy, P. and Barbieri, G. (2011) Finite-Length Markov Processes with Constraints. *Proceedings of the 22nd IJCAI*, pp. 635-642, Barcelona, Spain.
- Pachet, F. (2008) The future of content is in ourselves, *ACM Journal of Computers in Entertainment*, 6(3).
- Perrot, J. F. (1998) Objets, classes, héritage, in *Lan-gages et Modèles à Objets : Etat des recherches et perspectives*, Ducournau, Masini & Napoli, Eds, INRIA 1998, p. 3–31.