

# Miroirs technologiques pour la pratique instrumentale

D. Fober

<fober@grame.fr>

Grame - Centre national de création musicale

## Résumé

La pratique d'un instrument de musique, le travail instrumental, son apprentissage, peuvent être vus comme des activités où le feedback joue un rôle prépondérant. Les technologies actuelles permettent d'envisager l'extension des pratiques instrumentales comme une extension du feedback fournit à l'instrumentiste, aussi bien dans les domaines sonores que visuels. Ce sont ces perspectives nouvelles qui sont présentées, avec leurs implications pour le travail instrumental et leurs applications dans le domaine pédagogique.

## 1 Introduction

Le feedback, littéralement "*nourrir en retour*", peut se définir comme le "*réglage des causes par les effets, dans un processus d'autorégulation*"<sup>1</sup>. Le terme français correspondant est rétroaction. Une représentation schématique courante consiste à dessiner une boucle qui va de la sortie d'un processus vers son entrée (figure 1).

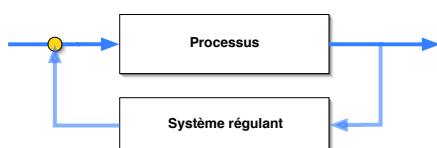


FIG. 1 – Représentation d'une boucle de rétroaction

La rétroaction existe dans de nombreux systèmes (physiques, biologiques, sociaux...). Nous allons nous intéresser ici aux boucles de rétroaction mises

<sup>1</sup>réf. TLFI (<http://atilf.atilf.fr/>)

en oeuvre dans l'apprentissage et la pratique d'un instrument de musique, pour montrer qu'il est possible d'améliorer le travail instrumental et les pratiques pédagogiques, tant en qualité qu'en efficacité, en agissant sur ces boucles de rétroaction et en créant de nouveaux feedbacks.

## 2 Le feedback dans la pratique musicale

### 2.1 Le musicien sous l'angle de la rétroaction

Le musicien peut être vu comme un système qui interagit avec lui-même par le biais d'une *boucle auditive* : le musicien joue et adapte son jeu instrumental en fonction de ce qu'il en perçoit ; c'est en quelque sorte l'oreille qui commande le geste, qui détermine le son, qui lui-même est reçu par l'oreille, qui commande le geste... L'oreille peut être vue comme le moteur du jeu instrumental.

Nous pouvons également considérer une *boucle d'interaction* dans la musique d'ensemble : chaque instrumentiste contribue à la globalité du système et réagit autant à sa propre contribution qu'à celle des autres instrumentistes.

Nous avons enfin les rétroactions du public, qui peuvent être positives (applaudissements), négatives (sifflets), qui toutes vont généralement influer le jeu du musicien et amplifier ou amortir les réactions du public en retour.

L'apprenti musicien est un musicien en devenir. Muni d'un modèle à réaliser, il interagit avec lui-même, mais doit dans le même temps développer son sens critique. La maturation se fait sous le

contrôle d'un certain nombre de boucles de rétroaction supplémentaires :

- la principale est celle où intervient le professeur, qui prodigue commentaires, encouragements, remontrances - feedback positif, négatif - pouvant porter sur les aspects musicaux et sonores, aussi bien que sur les aspects purement physiques et mécaniques du jeu instrumental,
- un miroir est parfois utilisé pour fournir un feedback visuel, permettant de corriger la posture et le geste,
- enfin, la responsabilité du feedback est transférée aux parents pour les périodes de travail à la maison.

## 2.2 Un exemple historique : la méthode Tomatis

La méthode Tomatis tient son nom de son fondateur, le Docteur Alfred Tomatis, spécialiste des troubles de l'audition et du langage, qui se passionnera pour la relation existant entre l'oreille et la voix.

Dès les années 50, confronté aux problèmes posés par des chanteurs en difficulté, Tomatis observe cliniquement qu'il existe apparemment des relations de cause à effet entre les troubles de l'audition et les troubles de la phonation. Pour vérifier son hypothèse, il utilisera 2 montages électroniques (figure 2) alimentés par 2 micros (M1 et M2) : le premier montage permettait de visualiser le contenu harmonique des sons émis, le second permettait de modifier l'audition du sujet à travers un jeu de filtres (passe-haut, passe-bas et passe-bande). Le sujet parlait (ou chantait) devant les microphones M1 et M2.

La découverte des contre-réactions qui surgirent lors de l'utilisation du dispositif permit à Tomatis de définir ce que l'on appellera *l'effet Tomatis* [14], qui s'exprime par trois lois :

- la voix d'un sujet ne contient que les harmoniques que son oreille est susceptible d'entendre,
- si l'on modifie l'audition, la voix est immédiatement et inconsciemment modifiée,
- il est possible de transformer durablement la phonation par une stimulation auditive entretenue pendant un certain temps (loi de rémanence).

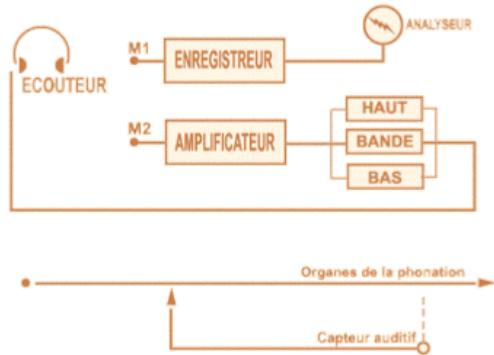


FIG. 2 – Montages utilisés par le Dr Tomatis

## 2.3 Une direction de recherche : la métaphore du miroir

L'exemple de la méthode Tomatis peut être considéré comme emblématique de l'usage du feedback dans le domaine à la fois thérapeutique et musical : le Dr Tomatis a secouru de nombreux chanteurs sujets à des déficiences vocales [15].

Cela nous invite à penser qu'un feedback adéquat est porteur de vertus pédagogiques de façon intrinsèque et à développer de nouveaux outils permettant de renvoyer au musicien, *l'image* de sa performance musicale. La métaphore qui s'impose ici est celle du miroir.

Depuis peu, des applications commerciales<sup>2</sup> proposent des solutions pour la pratique instrumentale. Leur principe repose principalement sur la mise en situation de l'instrumentiste : l'ordinateur fournit un contexte de travail similaire à une situation réelle, sous forme d'accompagnement instrumental, pouvant aller jusqu'à un accompagnement orchestral avec vidéo du conducteur, avec parfois des systèmes de suivi intelligents, capables de s'adapter au tempo et au phrasé de l'instrumentiste. Le feedback sur la qualité d'exécution de l'instrumentiste est assez rudimentaire : le logiciel indique les fausses notes, soit en temps réel, soit après l'exécution, et fournit des indications sur les éventuelles déviations temporelles. Ce sont des approches que l'on peut qualifier de minimales du

<sup>2</sup> principalement SmartMusic (<http://www.smartmusic.com/>) et InTheChair (<http://www.inthechair.com/>)

point de vue du feedback, qui n'en sont pas moins porteuses d'innovation et d'intérêts pédagogiques. L'idée du feedback s'est développée plus largement dans le domaine de la recherche, notamment en terme de visualisation. Des travaux existent, appliqués au domaine de la voix chantée [5] [16] et du piano [13] [9], qui visent à une représentation graphique objective de la performance musicale, soit sous une forme symbolique connectée à la représentation de la partition, soit dérivée de la représentation du signal sonore, sous forme de sonagramme par exemple. L'interprétation et l'émotion musicale font aussi l'objet de travaux récents, visant à en donner une représentation objective [7] [2] [4]. Enfin le feedback sonore est également exploré tant pour ses qualités pédagogiques que pour ses effets sur la création et l'interprétation musicale [6] [1].

Le laboratoire de recherche de Grame participe activement à cette dynamique et propose des approches innovantes, notamment dans le cadre de programmes de recherche européens.

### 3 Le projet IMUTUS

#### 3.1 Description du système

IMUTUS est un projet européen<sup>3</sup> qui vise au développement d'une plate-forme ouverte destinée principalement à l'apprentissage de la flute à bec. IMUTUS met en œuvre un certain nombre de technologies cruciales (reconnaissance de hauteur, suivi de partition, analyse du jeu instrumental) qui constituent le cœur du système (figure 3).

Du point de vue de la pratique instrumentale, le système peut être vu comme l'interaction d'un utilisateur et d'un professeur virtuel par le biais de la partition (figure 4). Celle-ci est conçue comme l'élément central de l'interface utilisateur et joue le rôle de miroir sonore [3] : l'élève est enregistré quand il travaille et cet enregistrement est automatiquement mis en correspondance avec la partition. Il est alors naturel d'accéder à la performance de l'élève par le biais de la partition, d'en sélectionner des passages pour entendre les problèmes d'exécution, de comparer des sections disjointes ou de reécouter

l'ensemble de l'exécution. Le système introduit par là un contexte de feedback nouveau, où action et audition peuvent être distincts : lors de l'exécution, le musicien est à la fois acteur et auditeur ce qui, surtout pour un musicien débutant, peut perturber la perception de sa propre production sonore.

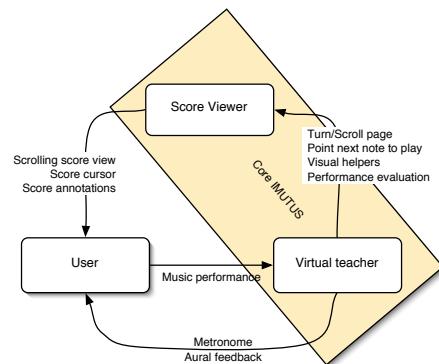


FIG. 4 – Interactions avec le système.

IMUTUS inclut un module d'évaluation de la performance musicale [12]. L'idée de base est de renforcer l'efficacité du travail instrumental en fournissant un feedback structuré immédiatement accessible après chaque exécution, adapté au niveau de chaque élève. Il ne s'agit pas de remplacer le professeur, mais de venir en complément, notamment en assurant la continuité du feedback lors du travail à la maison. Le cœur du module d'évaluation est constitué d'un *analyste virtuel*, qui va détecter les erreurs, en construire une liste par ordre de priorité et renvoyer un feedback spécifique sous forme d'annotations de la partition et de commentaires. Les erreurs détectées couvrent aussi bien le contrôle de l'instrument (attaque, souffle), que l'exécution musicale (erreurs de rythme, de hauteur).

#### 3.2 Expérimentations

IMUTUS a été expérimenté dans 3 écoles de musique suédoises, auprès d'élèves âgés de 9 à 14 ans. Les élèves ont été répartis par leurs professeurs en 2 groupes, un groupe de contrôle et un groupe de travail avec IMUTUS. Chaque élève du groupe IMUTUS avait un équivalent en niveau dans le groupe de contrôle. Le travail effectué durant

<sup>3</sup>IST - 2001 - 32270

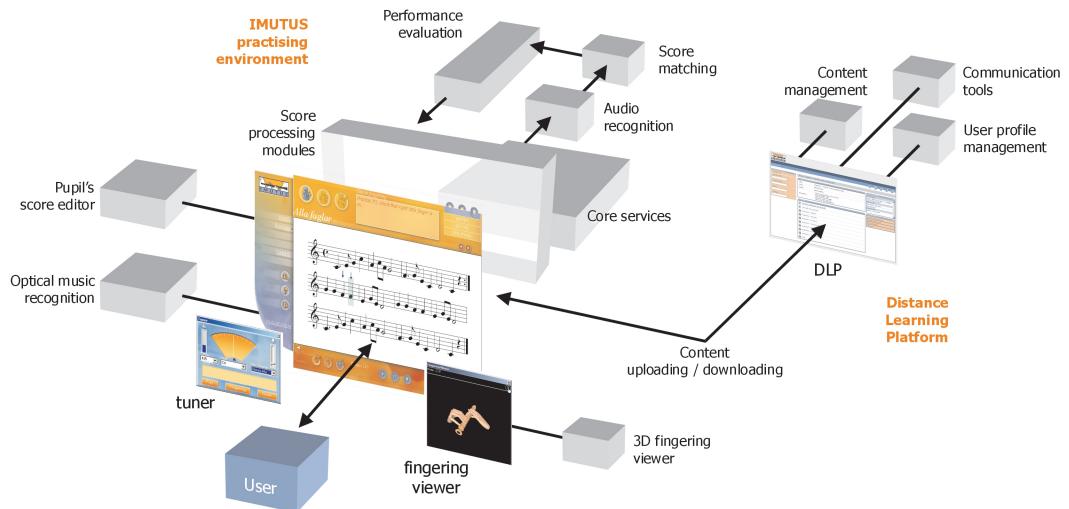


FIG. 3 – L'architecture d'IMUTUS

les 3 semaines d'évaluation ne différait pas du cursus normal d'enseignement. Enfin les élèves faisant partie du groupe de contrôle enregistraient leur séances de travail sur mini-disque.

L'ensemble des enregistrements des 2 groupes a été évalué par IMUTUS. En plus des données sonores collectées, des questionnaires étaient soumis aux élèves et aux professeurs à l'issue de chaque semaine.

Les résultats ont montré une différence significative entre le groupe IMUTUS et le groupe de contrôle. D'après l'évaluation des professeurs et pour le groupe IMUTUS :

- l'amélioration a été stable durant les 3 semaines d'expérimentation et l'effet positif sur les capacités musicales persiste même un mois plus tard,
- les élèves ont montré une confiance beaucoup plus grande dans leur expression instrumentale.

Enfin le commentaire d'un élève révèle une dimension non intentionnelle du feedback renvoyé par le système : "C'était amusant. J'ai pu penser un peu par moi-même sans avoir le professeur dans le dos, cela me rend un peu nerveux. Les commentaires fournis par le système n'ont pas de tendance ou d'infexion particulière et je peux les interpréter par moi-même."<sup>4</sup>. La machine est perçue comme impartiale, sa neutralité

facilite la réflexion, l'analyse et l'auto-critique de l'élève [10]. Il s'agit d'un point important, faisant généralement partie des lacunes du travail instrumental à la maison : le manque d'analyse auto-critique [11] chez les jeunes élèves.

## 4 Le projet VEMUS

Les résultats encourageants obtenus avec IMUTUS nous ont conduit à poursuivre et à amplifier le travail sur la *métaphore du miroir*, en approfondissant à la fois les aspects visuels et sonores. Ce travail se concrétise actuellement dans le projet européen VEMUS<sup>5</sup>, qui s'inscrit dans le prolongement d'IMUTUS.

Plusieurs constatations viennent nourrir la réflexion actuelle :

- d'une part le manque de feedback, quand l'élève est livré à lui-même lors du travail à la maison, alors que l'expérience d'IMUTUS montre tout le bénéfice qu'il y a à retirer sur ce point précis,
- d'autre part le fait qu'une représentation graphique objective de la musique peut nourrir à la fois la relation professeur/élève, mais également servir au travail de l'instrumentiste confirmé [8].

<sup>4</sup>commentaire fait par un élève âgé de 12 ans

<sup>5</sup>IST-027952

- enfin le constat qu'il reste encore beaucoup à faire pour améliorer le feedback sonore, notamment de manière dynamique.

Une représentation graphique objective de la musique peut être directement dérivée du signal sonore. Elle doit rendre compte de paramètres musicalement significants pour l'interprétation musicale, tels la hauteur, l'intensité (figure 5), le timbre (figure 6) ou encore le tempo.

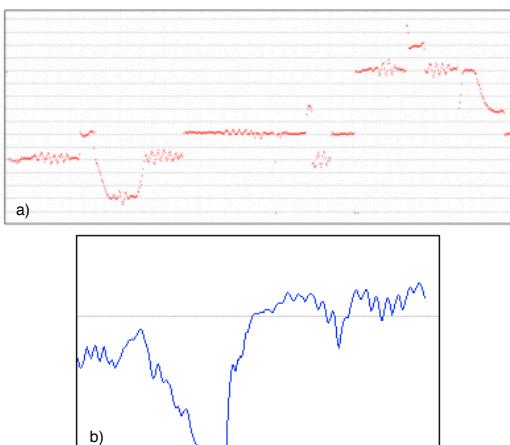


FIG. 5 – Représentation graphique du jeu instrumental : a) hauteur, b) intensité

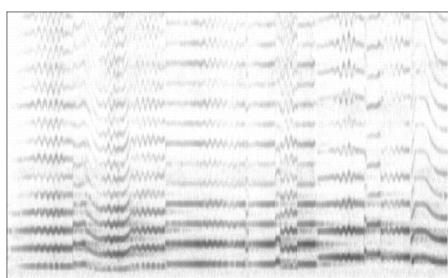


FIG. 6 – Représentation du timbre sous forme de sonagramme.

Ces représentations ne sont pas nécessairement nouvelles, mais l'innovation réside ici dans l'usage que l'on en fait :

- l'objet graphique peut servir de support aux explications du professeur, contribuant ainsi à la précision du feedback verbal,

- il peut se substituer aux commentaires du professeur en son absence, lors du travail personnel, et relayer virtuellement les commentaires du professeur jusqu'à l'élève,
- l'objet graphique peut également servir de base à la comparaison objective de différentes interprétations de la musique, entre le modèle du professeur et la réalisation de l'élève par exemple.

Enfin, nul doute que de nouvelles représentations sont à inventer, plus spécifiquement adaptées aux besoins du musicien.

Dans le domaine du feedback sonore, l'ambition du projet VEMUS est d'aller plus loin dans son intégration dans la dynamique du travail, en permettant des entrelacements plus serrés du jeu instrumental et de l'écoute : que le musicien puisse jouer en quelque sorte avec lui-même.

De nouveaux éléments de feedback sonore seront également conçus pour être intégrés à la partition sous forme d'annotations : ces éléments, actifs dans le temps de l'exécution, pourront modifier le signal sonore en temps réel et appliquer par exemple des algorithmes de filtrage ou des transformations de l'espace sonore. Le musicien pourra être plongé aussi bien dans l'univers de la musique interactive que dans un milieu sonore aux propriétés éducatives.

## 5 Conclusion

L'informatique musicale dispose aujourd'hui de puissances de calcul confortables ainsi que d'un bagage important dans le domaine algorithmique, notamment en traitement du signal, et qui fournissent un support conséquent au développement d'applications d'analyse et de visualisation de la musique en temps réel. De la maturation de ces technologies sont nés des travaux qui s'adressent directement à la pratique instrumentale, qui explorent les territoires en grande partie vierges de la représentation de l'interprétation, de l'émotion ou de des intention musicales. L'objectivation du sonore se prête à des constructions en miroirs qui, alliées au symbolisme de la partition musicale, permettent d'étendre le feedback transmit au musicien et par là également, les pratiques pédagogiques.

Transposée dans le domaine sonore, la *métaphore*

du miroir soulève un certain nombre de questions qui intéressent directement la recherche : quelles sont les opérations du domaine visuel que l'on peut transférer au domaine sonore ? peut-on par exemple *zoomer* un son ?

Aujourd'hui, les technologies sont mûres pour aborder ces problèmes et les résultats des travaux actuels sont prometteurs, tant pour la pédagogie que pour la pratique instrumentale.

## Références

- [1] Anna Rita Adessi and François Pachet. Experiments with a musical machine : musical style replication in 3 to 5 year old children. *British Journal of Music Education*, 22(1) :21–46, 2005.
- [2] Roberto Bresin. What is the color of that music performance ? In *Proceedings of the International Computer Music Conference*, pages 367–370. ICMA, 2005.
- [3] D. Fober, S. Letz, Y. Orlarey, A. Askenfeld, K. Falkenberg Hansen, and E. Schoonderwaldt. Imutus - an interactive music tuition system. In *Proceedings of the first Sound and Music Computing conference - SMC'04*, pages 97–103. IRCAM, 2004.
- [4] A. Friberg, E. Schoonderwaldt, P. Juslin, and R. Bresin. Automatic real-time extraction of musical expression. In *Proceedings of the International Computer Music Conference*, pages 365–367. ICMA, 2002.
- [5] David M. Howard. Technology for real-time visual feedback in singing lessons. *Research Studies in Music Education*, (24) :40–57, 2005.
- [6] Andrew Johnston, Shigeki Amitani, and Ernest Edmonds. Amplifying reflective thinking in musical performance. In *Proceedings of the 5th conference on Creativity & cognition*, pages 166–175, April 2005.
- [7] J. Langner and W. Goebl. Visualising expressive performance in tempo-loudness space. *Computer Music Journal*, 27(4) :69–83, 2003.
- [8] Philip McLeod and Geoff Wyvill. Visualization of musical pitch. In *Computer Graphics International 2003*, 2003.
- [9] Nigel Nettheim. A musical microscope applied to the piano playing of Vladimir de Pachmann, 2001. <http://users.bigpond.net.au/nettheim/pachmic/microsc.htm>.
- [10] Stephanie Pitts. Ôtesting, testing...Õ how do students use written feedback ? *Active learning in higher education*, 6(3) :218–229, 2005.
- [11] Stephanie Pitts, Jane Davidson, and Gary McPherson. Developing effective practise strategies : case studies of three young instrumentalists. *Music Education Research*, 2(1) :45–56, 2000.
- [12] Erwin Schoonderwaldt, Anders Askenfelt, and Kjetil Falkenberg Hansen. Design and implementation of automatic evaluation of recorder performance in imutus. In *Proceedings of the International Computer Music Conference*, pages 431–434. ICMA, 2005.
- [13] Stephen W. Smoliar, John A. Waterworth, and Peter R. Kellock. pianoforte : a system for piano education beyond notation literacy. In *Proceedings of the third ACM international conference on Multimedia*, January 1995.
- [14] Dr Alfred Tomatis. Conditionnement audio-vocal. *Bulletin de l'académie nationale de médecine*, 144(11 et 12) :197–200, 1960.
- [15] Dr Alfred Tomatis. *L'oreille et la voix*. Collection Réponses. Robert Laffont, 1987.
- [16] Graham F. Welch, David M. Howard, Evangelos Himonides, and Jude Brereton. Real-time feedback in the singing studio : an innovative action-research project using new voice technology. *Music Education Research*, 7(2) :225–249, July 2005.