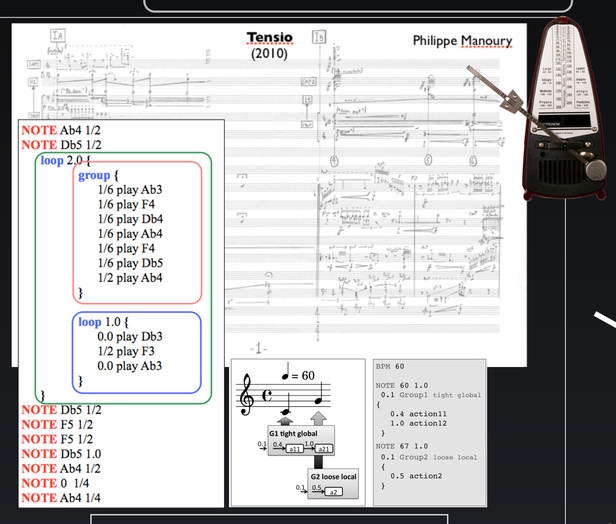
Génération de tests de conformité pour un système musical interactif temps-réel

Clément Poncelet (Clement.Poncelet@ircam.fr)

Équipe - Projet Mutant - (UMR-9912), 1 Place Igor-Stravinsky 75004 Paris

ANR Inédit - INteractivité dans l'Ecriture De l'Interaction et du Temps - http://inedit.ircam.fr

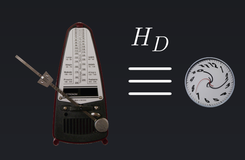
H_c : Horloge Composition (temps fixe)



Langage dédié haut niveau

La **partition** de musique mixte est écrite dans un langage dédié de haut niveau comportant en particulier diverses primitives de synchronisation (entre les événements instrumentaux et électronique) et des stratégies de rattrapage d'erreurs. Dans ce langage les durées peuvent être exprimées en secondes ou en nombre de pulsation (**temps relatif**). Ce temps relatif, pensé au moment de la **Composition**, est représenté par l'horloge H_c.

Partition d'entrée



H_D

H_D : Horloge Détectée par Antescofo (temps mobile)

logiciel audio (MAX MSP)

Live

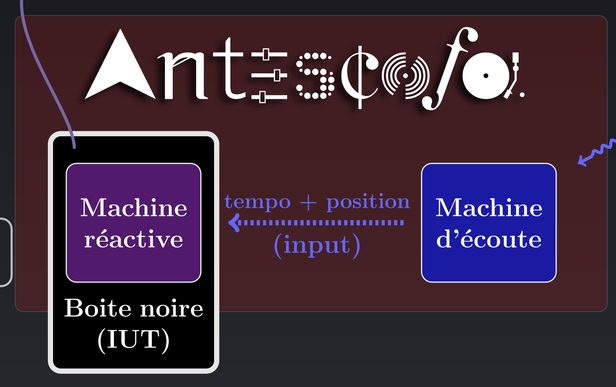
H_I

Musiciens

H_I : Horloge Interprète (temps mobile)

messages (output)

audio



Antescofo fonctionne par couplage de deux modules :

1. Un premier module dit d'écoute artificielle détecte en temps réel les événements instrumentaux de partition musicale et un tempo ***instantané***, à partir du signal audio issu de l'instrument.
2. Le second module est **réactif**: recevant les informations discrètes issues de la machine d'écoute, il envoie les actions de la partie électronique au moment spécifié (sous forme de messages à un environnement audio).

The show must go on: La notion de temps relatif et les informations de la partition permettent à Antescofo de "jouer" sa partie électronique pour n'importe quelle interprétation venant des musiciens, ceci directement lors de concerts. Le tempo des musiciens est très instable et incontrôlable, il est représenté par l'horloge de l'**interprète** (H_I). Antescofo se charge de faire le lien à chaque évènement détecté entre H_c et H_I, et instancie les durées relatives de la partition avec son estimation H_D.

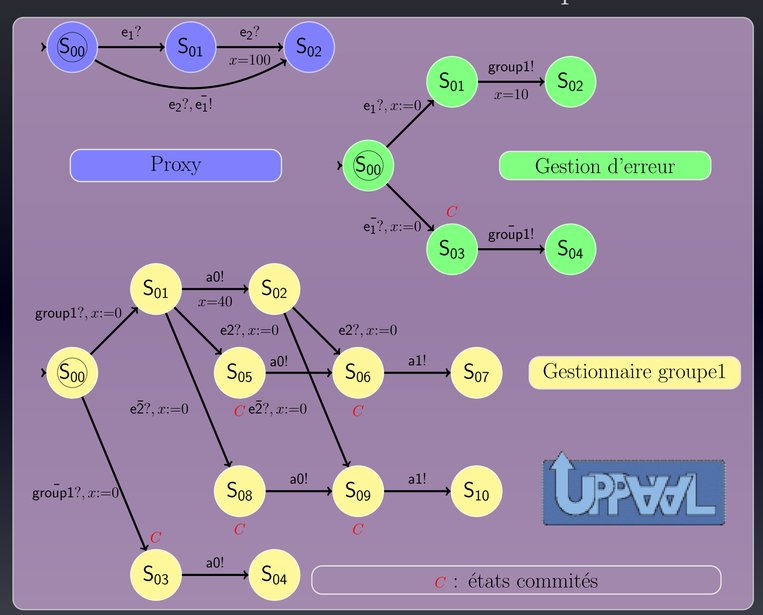
Partition de test

Compilation

Machines à états finis

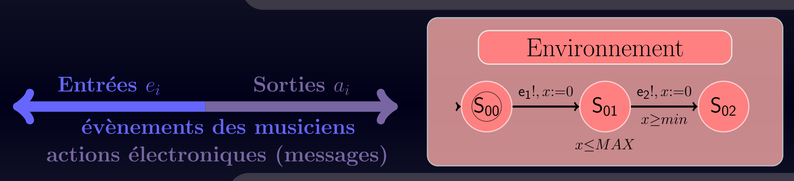
Traduction

Spécification



Lors des tests, basés sur **modèle**, la machine réactive d'Antescofo est considérée comme une **boîte noire**. Les entrées et sorties observables de cette boîte sont respectivement les événements détectés par le module d'écoute et les actions électroniques du module réactif. Les tests sont **générés** dans le cadre d'une partition mixte donnée, à partir de laquelle un modèle formel du système est construit **automatiquement**.

Nous considérons donc que cette partition contient suffisamment d'informations sur le comportement attendu du système pour s'affranchir d'intervention manuelle dans la construction du modèle. Un compilteur produit, depuis une partition en langage dédié, un réseau de machines à état fini traduit en un **réseau d'automates temporisés** (constituant notre modèle).



Notre **modèle** comprend une partie système, correspondant aux réactions attendues de la machine réactive, et une partie environnement, **modélisant** le comportement possible de l'**environnement extérieur**. Ils sont représentés comme automates d'**UPPAAL** un logiciel de model cheking permettant la visualisation, la simulation et la vérification d'automates temporisés. Chaque automate du réseau a une horloge propre (x).

Les horloges ont un écoulement synchrone, et peuvent être testées et remises à zéro par les transitions. Elles sont donc utilisées pour assurer les délais de la partition originale.

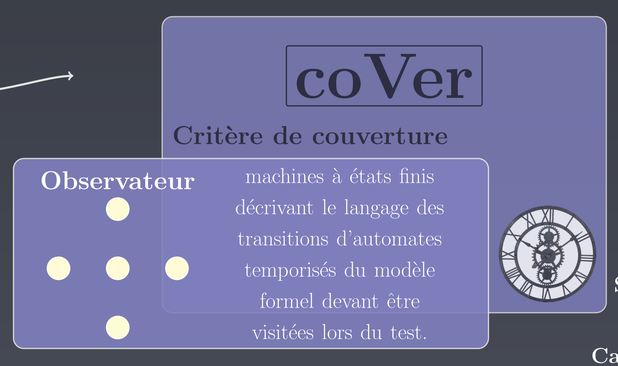
Conformité : Une Implantation Sous Test (IUT) est conforme au modèle si toutes les sorties obtenues par une séquences du modèle sur l'IUT sont définies par ce même modèle.

H_M

H_M : Horloge Modèle (temps fixe)

Offline: Génération de test différées. La méthode de test procède en deux étapes: la génération automatique d'une suite de tests à partir du modèle formel puis son exécution sur l'IUT avec verdict. L'extension d'UPPAAL **COVER** permet une génération de suites de tests exhaustives suivant des **critères de couverture** définis sous forme d'**observateurs**.

Pour l'exécution des tests, une difficulté spécifique à notre cas d'étude est la présence de **multiples horloges**: une horloge du **Modèle** (virtuelle) H_M pour la synchronisation des automates temporisés composant le modèle formel, l'horloge H_D définie par le tempo **Détecté** de la machine d'écoute pour l'IUT et enfin l'horloge **Physique** (H_P), en secondes, accessible sur l'OS de la machine exécutant les tests.

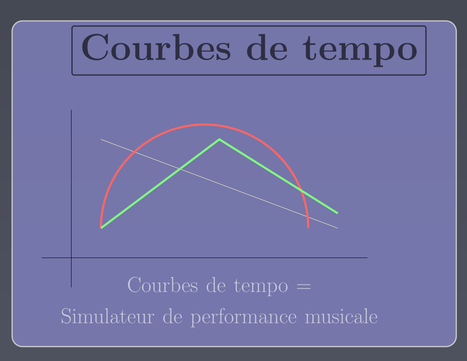


Suite de cas de test

Cas de Test

Cas de test

Analyse de traces de sorties



messages & durées

Exécution

sur IUT

traces d'exécution

évènements & durées

Online: Génération à la volée. Nous envisageons de développer une méthode ad'hoc de génération adaptative à la volée de valeurs de test, les outils d'UPPAAL (notamment l'extension TRON) pour le test à la volée n'étant pas adaptés à notre cas, en raison des multiples horloges.

L'exécution se faisant directement lors de la génération du test, cela permet de faire des cas de test plus long que la méthode différée et éventuellement de le contrôler. Une autre perspective est la génération différée de partitions de test "extrêmes", voir d'entrées audio, pour tester d'autres aspects du système.

Génération de cas de test à la volée

Pour l'**exécution d'une suite de tests** T produite par COVER, nous avons considéré que $H_M = H_D$. Les entrées de T sont ajoutées avec leurs délais à la partition Antescofo originale, pour être "jouées" par l'IUT dans un thread séparé (utilisant le langage dédié). Tous les délais d'entrées et sorties sont alors exprimés en temps relatif (H_D), ce qui permet de comparer les délais de sortie de T avec ceux de l'IUT.

Grâce à la **couverture formelle** garantie par COVER, cette approche est adaptée au "génie logiciel" pour débugguer.

Nous étudions une seconde approche plutôt destinée à la préparation de concerts, où H_M est définie par **une courbe de tempo** simulant le comportement d'un musicien. Les suites de tests sont produites à partir de telles courbes et du modèle.

Équipe - Projet Mutant · UMR-9912 · ANR Inédit · UPMC · CNRS