

tion de formules de logique temporelle en automates, doublant ainsi le nombre d'algorithmes de traduction présents dans Spot. Ces différentes traductions n'ont pas toutes les mêmes propriétés, si bien qu'il est utile d'avoir le choix. L'une des traductions mises en œuvre par Damien permet notamment de définir de nouveaux opérateurs temporels qui ne sont pas forcément exprimables en combinant les opérateurs existants. L'autre nouvelle traduction est un algorithme décrit dans la thèse d'Heikki Taurainen (un Finlandais) qui n'avait pour l'instant jamais été implémenté et auquel il était donc impossible de se comparer.

Guillaume, de son côté, a intégré deux algorithmes de complémentation pour les automates utilisés dans Spot. Complémenter un automate permet par exemple de calculer le contraire de la propriété représentée par cet automate.

La difficulté vient de ce que ces automates, appelés *automates de Büchi*, représentent en fait des comportements infinis (on considère en effet que la machine à laver vit indéfiniment, quand bien même elle resterait dans l'état « éteinte » *ad vitam aeternam*). Contrairement aux automates finis classiques, que tout étudiant en informatique se fait une joie de découvrir à un moment de sa scolarité, les automates de Büchi ont la désagréable particularité de n'être pas forcément déterministes. Il s'en suit que leur complémentation est loin d'être triviale. En fait les meilleurs algorithmes existants pour réaliser cette opération sont d'une complexité telle qu'il n'est pas raisonnable de vouloir les exécuter sur des auto-

mates possédant plus de 6 ou 7 états !

Cette opération était jusqu'à présent absente de Spot car elle n'est pas indispensable au *model checking* : en effet il est plus efficace de nier la formule de logique temporelle avant de la traduire en automate. Il y a cependant des situations où il est bon de pouvoir nier l'automate, quelque en soit le prix.

La suite! D'autres améliorations ont été incluses dans la version 0.5. La traduction de formule la plus efficace (et qui fait la réputation de Spot) a été accélérée d'un facteur 10 sur une certaine famille de formules qui posait problème. La version 0.6 ajoute un nouvel opérateur temporel qui permet, avec des règles de réécritures tirant parti de cet opérateur, de traduire certaines formules par des automates plus petits (plus ils sont petits, plus les algorithmes de *model checking* seront efficaces). Ce travail d'optimisation de la traduction ne s'arrête pas là : une technique de minimisation d'automates devrait être intégrée dans la prochaine version.

En parallèle, des développements à plus long terme avancent sur deux fronts. L'un est le support d'un sous-ensemble de la logique PSL, qui ajoute aux opérateurs temporels décrits plus haut des opérateurs rationnels. Cette logique est standardisée et est utilisée dans l'industrie. L'autre est le développement de plusieurs nouvelles approches de vérification utilisant des briques de Spot. Ces travaux sont réalisés en partenariat avec le LIP6 (Jussieu) et le LIPN (Villefontaine).

En bref

Les nouvelles publications (publis.lrde.epita.fr)

VERNA, D., Revisiting the visitor : the just do it pattern. *Journal of Universal Computer Science*, 16

Cet article démontre, au travers d'un cas d'étude, que la notion de Patron de Conception doit être prise comme très relative au niveau général d'expressivité du langage de programmation utilisé.

VERNA, D., CLoX : Common Lisp objects for XEmacs. In *Proceedings of the 3rd European Lisp Symposium*, Lisbon, Portugal

Cet article décrit CLoX, une implémentation de CLOS (la couche orientée objet de Common Lisp) pour XEmacs. CLoX implémente non seulement CLOS mais également son protocole méta-objet sous-jacent.

²Prochain séminaire LRDE, <http://seminaire.lrde.epita.fr>.



L'air de rien

N° 19

L'Aléastriel du Laboratoire de Recherche et de Développement de l'EPITA¹

Numéro 19, Mai 2010

Édito



par *Jonathan Fabrizio*
Le premier trimestre 2010 est marqué par plusieurs soutenance de thèse : Geoffroy Fouquier le 22 février, Giovanni Palma le 23 février, ainsi que Thomas Claveirole le 26 février !

Si ces thèses n'ont pas été réalisées au LRDE, elles ont toutes un point commun : leurs auteurs ont tous découvert la recherche au LRDE. La soutenance de thèse est toujours un

plaisir : à cause du pot qui suit évidemment mais aussi parce qu'elle est un moment fort. Elle marque l'aboutissement d'un long travail. En plus de cela, il y a la joie de voir que le laboratoire joue un rôle important dans la vie de certains étudiants.

Ce numéro 19 de L'air de rien est l'occasion de revenir sur l'un de ces parcours, celui de Thomas Claveirole. En parallèle, la vie au laboratoire suit son cours. Nous profiterons donc de ce numéro pour revenir sur les avancées du projet Spot et sur un cas d'utilisation d'Olena.

Retour sur un parcours

par *Thomas Claveirole*

J'ai intégré le LRDE début 2003. Enfin c'est ce que dit le ChangeLog du projet Vaucanson, moi je ne sais plus. Je l'ai fait pour un tas de raisons diffuses, et certaines assez mauvaises. Pour le fun, pour me démarquer du reste de la promo, pour tenter quelque chose réputé difficile. Pour le prestige aussi, et pour suivre des amis, un peu. En fait surtout parce que c'était dans l'ordre des choses, pour un élève avec mes résultats. Bien sûr il y avait aussi le challenge intellectuel ; ça comptait, mais sans doute pas plus que le reste. Aujourd'hui, je me rends compte que c'était un choix qui, plus tard, décidera de beaucoup d'aspects de ma vie. En bien : je crois que j'aurais été malheureux dans les autres spécialisations de l'EPITA.

Au LRDE, j'ai contribué au projet Vaucanson. C'est un projet qui m'intéressait pour des raisons personnelles. Le projet Transformers avait l'air sacrément cool, lui aussi. Mais j'en avais survolé le code, et j'en avais conclu que c'était pour des fous. Enfin, pas vraiment pour des fous, mais pour Valentin ; ceux qui le connaissent savent de quoi je parle. En tout cas,

¹L'air de rien, <http://publis.lrde.epita.fr/LrdeBulletin>.

c'est vraiment le LRDE qui m'a appris la recherche, en me faisant travailler comme un chercheur, et sur du vrai travail de recherche, pas des exercices, juste pour rire. Et ce dès la première année du cycle ingénieur. En France, je ne connais pas d'autres endroits où c'est possible. C'est un avantage terrible par la suite, lorsqu'on veut continuer. Un avantage sur les autres élèves de Master, de l'avance pour les stages orientés recherche, et du temps gagné sur la thèse.

En 2005, à moitié par hasard, et à moitié grâce au LRDE, c'est mon stage de fin d'étude à l'EPITA qui a décidé du reste de mon orientation. Virage à cent quatre-vingts degrés (enfin non, plutôt quatre-vingt-dix, puisque ça restait de la recherche), je passe des automates finis de Vaucanson à des problèmes de réseau. Au sein du laboratoire d'informatique de Paris XI (le LRI). Suite à quoi je décide de faire le Master Réseaux de Paris VI. Je continue ensuite sur ma lancée : stage de Master et thèse tous deux dans le laboratoire d'informatique de Paris VI (le LIP6). Le premier sur la sécurité des réseaux de capteurs, et la

secondé sur des mécanismes de mesure passifs des réseaux Wi-Fi.

À l'origine, en 2006, mon travail de thèse part du constat que de plus en plus d'appareils sont capables de communiquer en utilisant le protocole Wi-Fi : pas seulement les ordinateurs portables et les PDA, mais aussi des appareils plus insolites comme des baladeurs audio, des consoles de jeux portables, ou encore certains appareils photos. Avec mon directeur de thèse, on se pose la question de l'impact de ces nouveaux appareils sur l'usage du Wi-Fi ; ou tout simplement de la mesure du Wi-Fi dans des lieux auparavant exempts d'activité radio (en tout cas pour des réseaux de données : parcs, restaurants, foyers, etc.). On s'intéresse assez rapidement au sniffing.

Une première étape – la plus importante en fait – a été de développer un ensemble d'outils pour manipuler les traces de paquets (les traces produites par nos appareils de mesure). Ces outils incluent une bibliothèque en C++ et plusieurs programmes prédéfinis. Il s'agit d'être capable de rendre ces traces anonymes, de fusionner des mesures effectuées simultanément par plusieurs moniteurs, ou encore d'extraire un certain nombre d'informations statistiques. L'outil de fusion, en particulier, a demandé le plus de travail, et fournit une solution clé en main, plus rapide que les autres outils existants, et généralement plus précise.

Olena et la recherche contre le Cancer



par *Guillaume Lazzara*

Depuis bientôt 2 ans, l'équipe image du LRDE a l'occasion de travailler avec des équipes de recherche (unité IRAM) hébergées à l'Institut de cancérologie Gustave Roussy (IGR), situé à Villejuif. Une de leurs activités consiste à étudier la structure et l'évolution de tumeurs cancéreuses. Rassurez-vous, pour l'instant, les expériences sont réalisées sur des souris...

Les méthodes d'observation Pour étudier ces tumeurs, ils ont recours à différentes modalités d'imagerie dont l'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) mais utilisent encore l'observation au microscope, qui dépendant est souvent associée à un capteur permettant de réaliser une image numérique.

LRM est utilisée ici pour faire l'acquisition d'images fonctionnelles : en injectant dans la tumeur un produit visible à l'IRM, on peut observer la circulation et la concentration de celui-ci dans les différentes

S'en suit la seconde étape, qui consiste effectivement à réaliser des mesures. Nous avons produit différentes expériences, dans un premier temps pour mieux comprendre l'efficacité de nos méthodes de mesure, et l'intérêt qu'on pouvait avoir à utiliser plusieurs moniteurs simultanément. Ensuite, nous avons étudié l'activité Wi-Fi dans trois environnements : un immeuble de bureaux, une zone pavillonnaire, et une zone résidentielle composée de grandes tours d'habitation dans Paris, avec beaucoup de trafic (de piétons et de voitures). Nous nous sommes intéressés à des données comme la vitesse de découverte des appareils Wi-Fi, le temps d'activité cumulé de chaque appareil, ou la mise en évidence des cycles dans l'activité Wi-Fi. Au-delà d'un certain nombre de phénomènes attendus (effet jour/nuit par exemple) on observe que peu d'appareils restent allumés en permanence, que la répartition des appareils n'est pas homogène sur les différents canaux, ou encore que les cycles d'activités dépendent des environnements, et que les cycles des différents types d'environnements sont complémentaires.

J'ai soutenu ma thèse il y a quelques semaines, le 26 février 2010. Aujourd'hui, je travaille de nouveau au LRI, à Paris XI. J'ai arrêté les mesures même si je suis toujours sur une problématique liée au Wi-Fi. Je travaille sur l'implémentation d'un logiciel de routage pour réseau ad hoc.

tumeur au niveau cellulaire. Les images obtenues sont en couleur et ont une résolution de l'ordre de 900 Méga-pixels. Ça aide, forcément ! Et cela reste le « juge de paix » de la décision thérapeutique...

La collaboration Une fois les données brutes acquises, reste à les exploiter. C'est là que la collaboration avec le domaine de la recherche en imagerie devient nécessaire.

Les chercheurs de l'unité IR4M disposaient déjà de certains outils mais étaient limités dans leur utilisation ou dans l'automatisation de certaines tâches. Pour les images IRM, nous avons pu apporter notre contribution dans la segmentation automatique des tumeurs en zones homogènes. En 2D, en 3D, mais aussi en 2D+t (succession d'images 2D prises à un intervalle régulier). En 2D+t, nous leur avons également proposé un filtre morphologique pour débrûter les données en entrée.

Pour les images de microscopie, la difficulté ne

Spot 0.5 & 0.6



par *Alexandre Duret-Lutz*

Le 1^{er} février 2010 est né Spot 0.5. Cette nouvelle version contient des changements réalisés au cours des deux dernières années (Spot 0.4 remonte à l'été 2007), et notamment les travaux de deux étudiants CSI 2010 : Damien LEFORTIER et Guillaume SADEGH. Cette version est suivie deux mois et demi plus tard par Spot 0.6.

À quoi sert Spot ? Spot est une bibliothèque d'algorithmes pour le *model checking*, c'est-à-dire pour vérifier à l'aide d'automates que tous les comportements d'un système satisfont des propriétés données.

Illustrons cela avec une machine à laver. Ce système peut être modélisé par un automate dans lequel chaque état correspond à une configuration possible de la machine. Un état correspondrait ainsi à la configuration « machine éteinte, porte ouverte », un autre serait « machine allumée, au repos, porte ouverte », d'autres états seraient associés aux étapes des différents cycles de lavage, etc. Les états de cet automate sont reliés entre eux par des transitions lorsqu'une action de l'utilisateur ou de la machine permet de passer d'une configuration à l'autre. Un chemin dans cet automate, en suivant les transitions pour passer d'état en état, représente un comportement possible de la machine à laver. L'automate cap-

résidait pas dans les algorithmes eux-mêmes, car nous ne faisons que rechercher une couleur dans l'image. Le défi se situait plus dans la gestion mémoire de telles images. C'était donc une bonne occasion pour enrichir notre bibliothèque de traitement d'images, Milena, de nouvelles structures intelligentes.

Enfin, ces outils, étant destinés à un public non informaticien, ont pu être intégrés dans une interface.



Aperçu d'une image d'anatomie pathologique.

ture donc la totalité des comportements possibles de la machine.

Cette représentation permet de vérifier des propriétés. Une propriété simple à vérifier est qu'il n'existe aucun état dans lequel la porte est ouverte alors que la cuve est pleine d'eau : il suffit de contrôler chaque état de l'automate. Des propriétés comportementales, telles que « la machine reviendra toujours au repos quelque soit son comportement » ou « tout état où la cuve est pleine d'eau sera suivi, plus tard, d'une vidange » sont plus ardues car elles demandent de considérer tous les scénarios possibles.

Spot permet d'exprimer ces propriétés à l'aide d'une logique temporelle. Il s'agit de la logique propositionnelle classique (avec ses opérateurs *et*, *ou*, et *non*) équipée d'opérateurs temporels pour exprimer des modalités telles que *à un moment dans le futur* ou *à tout moment à partir de maintenant*. De telles formules peuvent être traduites en automates (Spot offre plusieurs algorithmes), si bien que vérifier que les comportements d'un modèle satisfont une formule se ramène à des opérations entre deux automates (Spot propose ici encore de nombreux algorithmes).

Cette approche s'applique naturellement à d'autres systèmes : des protocoles de communication, des circuits électroniques, des programmes...

Les travaux des CSI 2010 dans Spot 0.5 Damien a implémenté deux nouveaux algorithmes de traduc-