

Esterel et SCADE : de la recherche à l'industrie

Résumés des 3 cours donnés par G. Berry à l'Inria Sophia-Antipolis les 15, 22 et 29 janvier 2014

Les trois cours que je donnerai à l'Inria Sophia-Antipolis les 15, 22 et 29 janvier 2014 seront quelque peu non-standards, car ils seront centrés sur la relation recherche-industrie dans le domaine de la programmation synchrone des systèmes réactifs, dont les aspects scientifiques et techniques ont constitué l'objet principal de mon cours 2012-2013. Je m'appuierai sur mon expérience personnelle des deux côtés de la barrière, en tant que chercheur de 1982 à 2000 puis en tant que directeur scientifique de la société Esterel Technologies de 2001 à 2009.

Chaque cours sera accompagné d'un séminaire sur un sujet connexe : le 15 janvier, par Juliette Leblond (Inria Sophia-Antipolis) sur la question du temps en automatique ; le 22 janvier, par Patrick Flandrin (ENS Lyon) sur la géométrie de l'incertitude temps-fréquence en traitement du signal ; le 29 janvier, par Mathieu Moy (Verimag Grenoble) et Laurent Maillet-Contoz (ST Microelectronics) sur la simulation fonctionnelle rapide des systèmes sur puce, qui forment le cœur des systèmes électroniques modernes.

Le développement des langages synchrones

Les langages synchrones ont été introduits en France au début des années 1980 par des équipes mêlant informaticiens et automaticiens : Esterel à Sophia-Antipolis, Lustre à Grenoble, et Signal à Rennes. Ils ont été ensuite compétés par des formalismes graphiques comme SCADE et Argos à Grenoble puis SyncCharts à Nice, avant de se développer internationalement. Dès le début, les langages synchrones se sont distingués des langages de programmation classiques par leurs types d'applications et leur vision du temps. Au lieu de se consacrer à la programmation de systèmes purement informatiques, ils ont été directement conçus pour la programmation du contrôle en temps réel d'objets physiques : voitures, trains, transports, robots, etc. ; ces domaines, encore balbutiant à l'époque, sont ceux qui conduisent maintenant à ce qu'on appelle les systèmes cyber-physiques formant l'Internet des objets. Leur idée de base était quelque peu iconoclaste : voir un programme temps-réel comme effectuant répétitivement des actions en temps nul ; cette idée simplifie d'un ordre de grandeur la gestion de la séquence et du parallélisme des calculs et des actions. Elle conduit d'une part à des sémantiques mathématiques élégantes et d'autre part à des implémentations efficaces et sûres. Les qualités intrinsèques des langages synchrones leur ont aussi ouvert la porte d'autres applications, en télécommunications et en conception de circuits VLSI par exemple.

Une particularité du développement des langages synchrones a été le contact immédiat avec des industriels intéressés par cette nouvelle approche : Dassault Aviation, Airbus, Snecma, Thomson, AT&T, etc. ; ils y ont été utilisés non seulement en recherche et développement mais aussi en production. Ensuite, dans les années 1990, Esterel a abordé l'industrie bien différente des circuits VLSI en collaboration avec Digital Equipment, Cadence, Synopsys et Intel, principalement aux USA. Tout ceci a conduit les équipes à travailler sur la chaîne complète allant de la recherche fondamentale sur la conception et la

sémantique des langages à la variété des applications réelles en passant par le développement de l'outillage de compilation et de vérification de programmes synchrones.

Principe des cours

Les cours seront centrés sur les questions délicates posées par la coopération entre laboratoires de recherche et sociétés industrielles développant ou utilisant une technologie nouvelle à base scientifique forte. Ces questions s'avèrent toujours essentielles pour le succès d'un transfert, mais elles sont souvent mal comprises de part et d'autre, chacun ayant tendance à penser que l'autre a tort quand il ne pense pas comme lui. Or, si les points de vue que prennent industriels et chercheurs sont quelquefois diamétralement opposés, ils le sont pour de très bonnes raisons de part et d'autre. Le succès demande donc nécessairement un effort important de compréhension mutuelle des façons de penser et d'agir et de leurs différences.

Cours du 15 janvier 2014 : le point de vue du labo

Le premier cours présentera l'aventure selon le point de vue des laboratoires de recherche, en se focalisant sur Esterel et Lustre / SCADE. J'y illustrerai les développements successifs de la théorie et des réalisations logicielles qui ont permis de passer à travers une succession d'étapes scientifiques des idées initiales aux langages et systèmes finaux. Je montrerai les nombreux avantages apportés par la collaboration industrielle, en particulier par la fourniture d'exemples d'un ordre de grandeur plus grands et plus complexes que ceux qu'imaginent les chercheurs. Mais je discuterai aussi des contraintes associées : la nécessité pour les industriels de disposer d'une chaîne de développement sans maillon faible, ce qui oblige les chercheurs à traiter des points pas toujours excitants pour eux ; la nécessité pour les partenaires et clients industriels d'avoir des produits stables au cours du temps, ce qui les rend méfiants vis-à-vis des avancées scientifiques imprévues en cours de projet.

Cours du 22 janvier 2014 : le point de vue industriel

Le cours du 22 janvier présentera les points de vue du fournisseur et des clients industriels, selon mon expérience personnelle en tant que directeur scientifique de la société Esterel technologies. J'y insisterai sur l'ensemble des rouages nécessaires pour qu'une bonne idée se transforme en produit utilisable pour des développements industriels chez des clients standards, où le pragmatisme technologique l'emporte quasiment toujours sur la vision scientifique. J'illustrerai par l'exemple un des problèmes majeurs, bien exprimé dans le fameux livre « Crossing the Chasm » de Geoffrey A. Moore : les arguments techniques valables pour les industriels visionnaires, et donc promus par les chercheurs, ne le sont en général pas du tout pour les pragmatiques qui forment le gros des troupes. De plus, l'introduction de nouveaux langages et de nouvelles méthodes de programmation est mal perçue par ceux qui n'en voient pas immédiatement les avantages et craignent pour la continuité de leur chaîne d'outils. J'expliquerai pourquoi et comment SCADE a réussi à passer ce fossé pour les logiciels de haute sécurité en avionique, ferroviaire, industrie lourde, etc., en se présentant comme une amélioration sensible des modèles de programmation existants plutôt que comme une façon de faire radicalement nouvelle. De plus, développée dès les débuts industriels de SCADE, la certifiabilité de son compilateur pour les normes avioniques les plus sévères a joué un rôle clef pour son adoption.

Cours du 29 janvier : problèmes scientifiques durs posés par l'industrie

Enfin, le cours du 29 janvier nous fera revenir à la science à travers trois problèmes scientifiques durs posés pour Esterel par les utilisateurs industriels et dont la solution était vitale pour eux, ce qui la rendait tout aussi vitale pour Esterel Technologies : le traitement de la causalité, difficulté intrinsèque des langages synchrones dont la solution a été trouvée dans une relation surprenante entre logique et électricité, le traitement des circuits multi-horloges maintenant universels en électronique, et enfin le délicat traitement formel des ECO (*Engineering Change Order*), demandes de corrections de bugs d'un circuit sans toucher à son code source. Ces problèmes sont souvent bien différents de ceux que se posent spontanément les chercheurs, mais tout aussi scientifiques, tout aussi intéressants, et pas moins difficiles.

Conclusion

En conclusion, j'insisterai sur un point fondamental partagé par beaucoup de chercheurs : aucune des avancées scientifiques qui ont permis le développement de la programmation synchrone n'était prévisible à l'avance, aucune n'aurait donc été programmable. Toutes les avancées importantes ont été dues à des rencontres imprévues avec des chercheurs et ingénieurs de milieux différents. Même dans un tel domaine qui finit par être appliqué dans des objets de tous les jours, et même si c'est une tentation naturelle des politiques de recherche, demander la programmation de la découverte n'est pas la bonne façon de faire.