

# Behavioural equivalences, coinduction and higher-order calculi

The coinductive method makes it possible to establish operationally defined equivalences between programs, through the use of bisimulation proofs. Several kinds of bisimulations have been studied to reason about higher-order programs, both in the sequential (lambda-calculus) and concurrent (pi-calculus) paradigms. In particular, we can mention Abramsky’s applicative bisimulation, originally introduced for the call-by-name lambda-calculus, as well as Kobayashi, Sangiorgi and Sumii’s environmental bisimulation (and the “logical” version of bisimulation, by the same authors).

The goal of this internship is to analyse to what extent these various proof techniques can be presented in a unified way, in order to understand them better, and to exploit their respective advantages. The starting point of the work will be several existing works where these techniques are used to establish behavioural equivalence in different calculi (call-by-name and call-by value lambda calculus, pi-calculus, higher-order pi-calculus..). More recently proposed ideas, related to the analysis of probabilistic calculi, will also be considered.

This work fits within a collaboration between Daniel Hirschhoff (École Normale Supérieure de Lyon) and Davide Sangiorgi (Univ. Bologna, Italy). The internship will take place in Lyon. It can lead to a PhD, possibly cotutored between the two institutions.

## Bibliography:

- S. Abramsky. The lazy lambda calculus. In David A. Turner, editor, Research Topics in Functional Programming, pages 65–117. Addison-Wesley, 1990.
- D. Sangiorgi, N. Kobayashi, and E. Sumii. Environmental bisimulations for higher-order languages. In 22nd Annual IEEE Symposium on Logic in Computer Science, 2007.
- Davide Sangiorgi, Naoki Kobayashi, Eijiro Sumii: Logical Bisimulations and Functional Languages. FSEN 2007: 364-379

For any question, please contact [daniel.hirschhoff@ens-lyon.fr](mailto:daniel.hirschhoff@ens-lyon.fr)

---

## Équivalences comportementales, coinduction et calculs d’ordre supérieur

La méthode coinductive permet d’établir des équivalences opérationnelles entre programmes, par l’intermédiaire de preuves de bisimulation. Diverses bisimulations ont été étudiées pour raisonner sur les programmes d’ordre supérieur, qu’ils soient séquentiels (lambda-calcul) ou concurrents (pi-calcul). On peut notamment mentionner la bisimulation applicative d’Abramsky (introduite pour le lambda-calcul), ainsi que la bisimulation environnementale de Kobayashi, Sangiorgi et Sumii, et sa version ”logique”.

L’objectif de ce stage est d’étudier dans quelle mesure ces diverses techniques de preuve peuvent être mises en relation, afin de mieux les comprendre et d’exploiter leurs avantages respectifs. On prendra comme point de départ des travaux utilisant ces approches pour analyser l’équivalence comportementale dans divers contextes (lambda-calcul en appel par nom, en appel par valeur,

lambda-calcul avec références, pi-calcul, pi-calcul d'ordre supérieur..). Des idées plus récentes, en lien avec l'analyse de calculs probabilistes, seront également mises à profit.

Ce sujet de stage s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre D. Hirschhoff (École Normale Supérieure de Lyon) et Davide Sangiorgi (Université de Bologne, Italie). Le stage pourra déboucher sur une thèse, éventuellement en co-tutelle entre les deux établissements. Il s'effectuera au sein de l'équipe Plume du LIP (Laboratoire de l'Informatique du Parallélisme, ENS Lyon).

### **Bibliographie indicative:**

- S. Abramsky. The lazy lambda calculus. In David A. Turner, editor, Research Topics in Functional Programming, pages 65–117. Addison-Wesley, 1990.
- D. Sangiorgi, N. Kobayashi, and E. Sumii. Environmental bisimulations for higher-order languages. In 22nd Annual IEEE Symposium on Logic in Computer Science, 2007.
- Davide Sangiorgi, Naoki Kobayashi, Eijiro Sumii: Logical Bisimulations and Functional Languages. FSEN 2007: 364-379

Pour tout renseignement, écrire à [daniel.hirschhoff@ens-lyon.fr](mailto:daniel.hirschhoff@ens-lyon.fr)