

## **Proposition de renouvellement d'un Groupe de Travail (GT) DigiCosme**

Mathieu Jan (CEA LIST), Florian Brandner (Telecom ParisTech) et Laurent Pautet (Telecom ParisTech)

Ce GT a reçu une aide en 2015 et été autorisé à utiliser l'aide restante à fin 2015 pour continuer son activité jusqu'en juin 2016. Ce proposition de renouvellement vise à poursuivre l'activité du GT au-delà de cette date.

Note : dans les premières sections de ce document (dont les titres ne font pas référence explicitement à la demande de renouvellement), il est indiqué en gras le texte mis à jour par rapport à la proposition initiale.

**Nom du groupe de travail :** Optimisation des Systèmes Temps Réel (OVSTR)

**Mots clés :** ordonnancement temps réel, architectures matérielles prédictibles, analyse temporelle pire cas (WCET) et compilation.

**Responsable du groupe de travail :** Mathieu Jan (CEA LIST)

**Laboratoire gestionnaire du financement :** CEA LIST

### **Equipes concernées.**

Les laboratoires L3S (CEA LIST), LTCI (Telecom ParisTech) et U2IS (ENSTA ParisTech) étaient initiateurs de cette proposition. **Toutefois, Florian Brandner a quitté l'ENSTA ParisTech en septembre 2015 pour rejoindre Telecom ParisTech. Le laboratoire U2IS est donc moins concerné par ce groupe de travail.** Les laboratoires LISE (CEA LIST) et VASCO (ENS Cachan) sont en revanche potentiellement concernés. Mais cette liste est non exhaustive et cette proposition est ouverte à tout autre équipe ou industriel intéressé par le sujet abordé. Ainsi, nous pouvons citer par exemple les laboratoires Cosynus (X), ARPA (UVSQ), ParSys (Université Paris-Sud) ayant des thématiques proches sur certains points ou des industriels tels que Thalès TRT, SAFRAN et ceux partenaires de l'IRT SystemX (Alstom, Esterel Tehnologies, Renault, etc.), impliqués dans l'innovation ou la réalisation de systèmes temps réel.

**L'équipe AOSTE n'est plus concernée compte tenu du déménagement de l'INRIA Rocquencourt sur Paris et donc de sa non-appartenance à l'environnement Paris-Saclay. Toutefois, ces journées sont bien entendues ouvertes aux membres de cette équipe.**

### **Tâche du Labex concernée.**

Ce document décrit une proposition de groupe de travail qui s'inscrit dans le cadre de l'axe SciLex numéro 2 *systèmes continus et discrets* du Labex Digicosme. Cette action est proposée après accord avec Eric Goubault, responsable de cet axe SciLex numéro 2. **Eric Goubault a renouvelé son soutien pour cette proposition de renouvellement du groupe de travail.**

### **Problème abordé.**

Les systèmes embarqués prennent une place de plus en plus importante dans notre environnement. Dans les domaines par exemple de l'automobile, du nucléaire ou de l'avionique, ces systèmes embarqués critiques ont des contraintes temporelles à respecter pour l'exécution de leurs traitements et sont

soumis à des règles de certification très strictes. Toutefois, ces dernières peuvent être contraignantes dans la conception de systèmes temps réel, que ce soit au niveau des paradigmes de programmation à utiliser, des fonctionnalités matérielles à intégrer ou dans l'ordonnancement de traitements. En effet, le respect de diverses propriétés doit être démontré nécessitant de maîtriser le fonctionnement des différents éléments logiciels et/ou matériels impliqués, et cela dans toutes les conditions d'exploitation de ces systèmes.

Ce groupe de travail s'intéresse donc à l'étude et l'optimisation des systèmes temps réel à différents niveaux, depuis les langages de programmation jusqu'à la conception de support matériel dédié. Actuellement, l'optimisation des systèmes temps réel considère généralement chaque niveau de conception individuellement. Une attention particulière sera donc portée à concentrer ce groupe de travail autour des optimisations combinant plusieurs niveaux pour la conception de ces systèmes. **Pour cette demande de renouvellement du groupe de travail, le périmètre du problème abordé reste inchangé.**

### **Activités proposées et retombées attendues.**

Le groupe de travail OVSTR vise à organiser 3 réunions par an d'une journée chacune. Chaque journée se tiendrait sur un site différent des laboratoires concernés par le groupe de travail.

Pour chaque journée, la matinée serait réservée à un ou deux exposés d'orateurs invités (européen et/ou français) présentant un aspect particulier de l'étude ou l'optimisation de systèmes temps réel. Pour les orateurs invités potentiels, nous pouvons par exemple citer : Rob Davis (Université de York), Joël Goossens (Université Libre Bruxelles), Peter Puschner (Université de Vienne), Jan Reneike (Saarland University), etc. A noter que les membres du groupe de travail pourront et seront encouragés à proposer des noms de personnes à inviter ainsi qu'à présenter leurs travaux. L'après-midi serait consacrée à la présentation de travaux par des orateurs locaux, de préférence ayant fait l'objet de publications. Puis, un temps de réflexion serait prévu pour que les participants échangent librement sur les sujets scientifiques abordés dans la journée.

Ce format permet d'espérer des retombées, pour les laboratoires membres de Digicosme, en terme de définition de nouveaux problèmes scientifiques à aborder, sur la base du contenu des différents exposés. Ces retombées pourront également se concrétiser par la réalisation de publications communes, parmi les équipes concernées par ce groupe de travail et les orateurs invités, ou la participation à des soumissions de propositions de projets collaboratifs français ou européen.

L'intérêt pour Digicosme est donc de développer une synergie forte entre les laboratoires du plateau de Saclay travaillant sur ce sujet et de renforcer la visibilité de la thématique des systèmes temps réel dans l'Université Paris Saclay. Par ailleurs, des retombées peuvent être espérées sur l'implication d'industriels à ce groupe de travail, vecteur de perspectives d'innovation et de transfert vers l'industrie et les PME.

Les présentations faites lors de ces journées seront mises en ligne sur une page web du site du Labex. Le bilan annuel des activités réalisées synthétisera également les problèmes scientifiques définis lors des différentes journées (**voir section suivante ainsi que les éléments sur le site web du GT : <http://labex-digicosme.fr/GT+OVSTR>**).

**Pour le renouvellement de ce groupe de travail, les activités proposées et leurs formats restent inchangés. Les retombées attendues reprennent celles de la proposition initiale, mais sont complétées par d'autres retombées, décrites dans la section *activités proposées dans le cadre de la demande de prolongation*.**

## Compte-rendu scientifique et bilan financier de activités 2015.

Nous avons organisé la première journée du groupe de travail OVSTR le 15 octobre 2015 à Telecom ParisTech. La thématique de cette journée portait sur la gestion des caches dans les calculs de temps d'exécution pire cas (WCET en anglais) et l'ordonnancement de tâche temps réel. Comme indiqué dans notre proposition de GT, il y a eu deux orateurs invités: Jan Reineke et Pascal Richard. Jan Reineke est maître de conférences à l'Université de Saarland en Allemagne et est un spécialiste de l'analyse WCET des caches. Pascal Richard est professeur des universités à l'Université de Poitiers et est un spécialiste de l'ordonnancement temps réel. L'après-midi a été constituée de 4 présentations plus courtes portant sur :

- les caches prédictibles et leur analyse temporelle pire cas (Florian Brandner, Telecom ParisTech) ;
- l'estimation des WCET par mesure: le cas pire est-il un évènement rare ? (Liliana Cucu-Grosjean, INRIA) ;
- la prise en compte des délai au niveau des caches liées aux préemptions dans l'affectation des priorités aux tâches temps réels (Hai-Nam Tran, Université de Brest) ;
- la vérification des systèmes multicoeurs en combinant analyse statique et analyse d'ordonnançabilité (Sebastian Altmeyer, Université du Luxembourg).

Les présentations sont disponibles à l'adresse Internet suivante: <http://labex-digicosme.fr/GT+OVSTR>. Au total, 31 personnes ont participées à cette journée.

Cette journée s'est terminée par une séance interactive avec les participants dont le but était de cerner les intérêts communs entre chercheurs, notamment pour définir de nouveaux problèmes à étudier. Il est notamment ressorti l'intérêt de prendre en compte les contraintes posées par les modèles d'exécution et la distinction à faire entre types de tâches (entrées/sorties, préchargement, etc.) pour optimiser la connaissance de l'état des caches et donc l'ordonnancement des tâches. La prise en compte par les systèmes d'exploitation, voire par l'architecture matérielle, des informations du niveau applicatif ou des informations calculées par l'analyse WCET semble être également un piste de recherche intéressante à creuser.

Le nombre de participants (31 !) a largement dépassé nos attentes (autour de 15 personnes) et a contribué à significativement augmenter les frais de la pause déjeuner. Toutefois, les frais liés à la venue d'orateurs invités ont été plus faibles que prévu. Le bilan de dépenses est en effet à ce jour constituée des éléments suivants :

- frais des orateurs invités : 405 euros (billets de trains) + 92 euros (1 nuit d'hôtel) + 40 euros (métro, RER et parking) pour un total de 537 euros ;
- frais pour la pause matinale et le déjeuner des 31 participants : 705 euros.

Ainsi à ce jour, 1242 euros ont été dépensés sur les 2000 euros accordés. Nous avons donc décidé de demander une prolongation de l'autorisation de dépenses en 2016. Cette demande a été acceptée par le labex DIGICOSME dans le Relevé de Décision (RD) n°71 et nous permet d'engager le reliquat de 758 euros pour couvrir des dépenses jusqu'en juin 2016.

Avec cette aide restante, nous sommes donc en train d'organiser une deuxième journée portant sur la complémentarité en l'ordonnancement statique et l'ordonnancement dynamique dans la conception de systèmes temps réel. Cette journée devrait avoir lieu à l'INRIA au printemps 2016, probablement en mars. Afin de maîtriser le budget du groupe de travail, nous ne prendrons plus en charge le coût

du déjeuner et nous devrions également profiter du passage sur Paris d'un chercheur étranger travaillant dans cette thématique, pour ne pas avoir besoin de lui rembourser des frais de billets de trains/avions et d'hôtel. En fonction de l'aide restante, nous souhaitons organiser une troisième journée autour des benchmarks disponibles pour les systèmes temps réel en juin 2016.

Vis-à-vis des retombées obtenues à ce jour, une proposition de projet franco-luxembourgeoise a été soumise à l'ANR et son homologue luxembourgeois la FNR. Cette proposition est constituée des laboratoires LTCI de Telecom ParisTech et du L3S (CEA LIST), mais également par exemple de l'Université de Poitiers. Elle porte sur l'enrichissement des interfaces entre la compilation, l'analyse WCET et l'ordonnancement pour optimiser la conception des systèmes temps réel, thématique en partie couverte par la première journée du groupe de travail OVSTR. Une proposition de thèse commune entre les laboratoires LTCI et L3S a également été déposée à Digicosme sur l'optimisation de la conception d'une hiérarchie mémoire pour l'ordonnancement temps réel. Toutefois, cette proposition n'a pas été retenue en 2015 mais sera retravaillée pour être à nouveau proposée en 2016.

Enfin, la synergie forte entre les laboratoire L3S et LTCI a permis de rendre leurs activités autour des systèmes temps réel visibles à l'extérieur du plateau de Saclay. Cette visibilité s'est traduite par l'attribution de l'organisation de l'école d'été temps réel en 2017 à Telecom ParisTech ainsi que l'implication dans l'équipe d'organisation de la conférence internationale RTSS, l'une des plus prestigieuses conférence dans le domaine des systèmes temps réel.

### **Activités proposées dans le cadre de la demande de prolongation.**

Comme indiqué dans les sections précédentes, le problème abordé dans le cadre de cette demande de prolongation du groupe de travail OVSTR reste identique. Par ailleurs, le groupe de travail OVSTR viserait toujours à organiser 3 réunions par an d'une journée chacune selon le même format que celui utilisé actuellement. Nous avons déjà identifié un certain nombre de thèmes pouvant intéresser la communauté scientifique:

- la génération de code depuis des modèles de haut niveau jusqu'au code machine certifié ;
- la conception de réseaux sur puce (NoC en anglais) et le calcul des délais de bout en bout sur de tels réseaux ;
- la conception d'architectures matérielles prédictibles ;
- la problématique des multi-coeurs ;

Le renouvellement du groupe de travail OVSTR permettrait de pérenniser la synergie forte entre les laboratoires du plateau de Saclay travaillant sur la thématique de systèmes temps réel dans l'Université Paris Saclay. Par ailleurs, et si la proposition ANR est acceptée, ce groupe de travail sera un cadre idéal pour valoriser les travaux qui seront réalisés pouvant aboutir à des publications communes. Enfin, la visibilité ainsi acquise au niveau nationale devrait permettre de faciliter la participation des laboratoires du groupe de travail à des propositions de projets européens.

### **Financement demandé pour le renouvellement.**

Pour avoir la possibilité d'inviter des chercheurs européen ou français reconnus pour leurs contributions à un des aspects des systèmes temps réel, nous sollicitons une aide auprès du Labex Digicosme.

Cette aide nous permettrait de prendre en charge les frais de déplacement et le cas échéant des frais d'hébergement. Compte tenu de l'expérience de l'utilisation de l'aide accordée en 2015, nous demandons une aide annuelle de 4000 euros pour inviter, 3 fois par an, un orateur européen et/ou un orateur français par journée. Nous estimons en effet la répartition des dépenses de la manière suivante :

- Invités européens : 500 euros (déplacement + hébergement)
- Invités nationaux : 250 - 500 euros (déplacement + hébergement éventuel)
- Déjeuner + pauses : 500 - 750 euros (participation aux frais)