



GDR

Groupement
de recherche

**SOC² System On Chip - Systèmes
embarqués et Objets Connectés**

**Dossier de demande de renouvellement
du
Groupement de Recherche en
System On Chip, Systèmes embarqués et Objets Connectés
(SoC²)
GdR - 2995**

<http://www.gdr-soc.cnrs.fr/>

Directeur : Ian O'CONNOR
PR : Ecole Centrale de Lyon – INL
ian.oconnor@ec-lyon.fr
Tél : 04 72 18 60 54

Directeur adjoint : Patrick GIRARD
DR CNRS : LIRMM – CNRS
patrick.girard@lirmm.fr
Tél : 04 67 41 86 29

Directrice adjointe : Cristell MANEUX
PR : Université de Bordeaux - IMS
cristell.maneux@ims-bordeaux.fr
Tél : 05 40 00 28 58

Directeur adjoint : Sébastien PILLEMENT
PR : Ecole Polytechnique de l'Université de Nantes - IETR
sebastien.pillement@univ-nantes.fr
Tél : 02 40 68 30 64

Juin 2022

Préambule

L'objectif de ce Groupement de Recherche est d'étudier et de proposer de nouvelles approches pour la conception et la validation des systèmes embarqués pour les objets connectés, le "*edge computing*" et l'intelligence artificielle embarquée. L'accent est mis sur les architectures matérielles en prenant en compte leurs interactions avec les logiciels (applications, systèmes d'exploitation, reconfiguration), leurs outils de développement et leur environnement réel (analogique, communication radiofréquence et haut-débit, capteurs et actuateurs). Des considérations technologiques de la micro-électronique complète les domaines couverts par le GdR. Dans ce cadre, les principaux défis actuels sont nombreux (liste non exhaustive) – réduire la consommation énergétique pour l'autonomie des systèmes embarqués et pour maîtriser le bilan carbone du calcul exascale, garantir la sécurité et l'intégrité des systèmes électroniques, maîtriser les coûts de conception et de validation des systèmes embarqués et de calcul, assurer l'adéquation des systèmes intégrés dans les objets connectés pour de multiples secteurs d'application (territoire intelligent, e-santé, sécurité des biens et des personnes, usine 4.0 ...). S'appuyant sur des systèmes intégrés complexes intégrant plusieurs dizaines de milliards de dispositifs élémentaires sur une puce de silicium (SoC) et utilisant de nouveaux paradigmes de calcul, de nouvelles technologies ou approches intégratives (en trois dimensions par exemple), ces systèmes requièrent un large panel de compétences pluridisciplinaires en électronique (architecture et méthodologie) et micro-nanoélectronique (logique, analogique, RF), en informatique embarquée et temps-réel (système d'exploitation), et en physique (technologies émergentes).

Le GdR SoC² propose de traiter ces différents défis de manière holistique et transversale en rassemblant différentes communautés impliquées dans ces problématiques. Il est structuré en 7 axes – 3 axes thématiques (Calcul embarqué haute performance, Frontières et interfaces cyberphysiques, Sécurité et intégrité des systèmes) et 4 axes transverses (Objets connectés, Technologies du futur, Méthodes et outils, Intelligence Artificielle (IA) et systèmes embarqués).

Ce dossier est structuré en trois parties :

- Une présentation du GdR et de ses missions
- Le bilan global des activités du GdR pour la période 2018-2022
 - activités d'organisation, de structuration et de pilotage
 - activités d'animation des axes thématiques
- Le projet du GdR pour la période 2023-2027 :
 - la composition et les objectifs des structures d'animation scientifique
 - la structuration organisationnelle décrivant le fonctionnement du GdR ainsi que la stratégie de développement

PREAMBULE	2
PRESENTATION DU GDR	5
1. PRESENTATION DU DOMAINE	6
2. HISTORIQUE DU GDR	6
3. POSITIONNEMENT DU GDR	7
BILAN DU GDR SOC² 2018-2022	9
1. ORGANISATION ET PILOTAGE DU GDR	10
2. GOUVERNANCE DU GDR	10
A. ÉQUIPE DE DIRECTION	10
B. COMITE D'ANIMATION	11
C. COMITE STRATEGIQUE	13
D. COMITE DE SUIVI	15
E. CLUB DES PARTENAIRES	15
3. ANIMATION SCIENTIFIQUE DU GDR	16
A. STRUCTURATION SCIENTIFIQUE	16
B. LISTE DES MANIFESTATIONS ORGANISEES, PILOTEES OU SOUTENUES PAR LE GDR	18
C. LISTE DES THEMES DE L'ANNEE DU GDR	23
4. MISSIONS TRANSVERSALES	25
A. COMMUNICATION	26
B. CLASSEMENT DES PUBLICATIONS	27
C. RELATIONS INTERNATIONALES	28
D. PARTENARIATS DU GDR	28
5. BILAN FINANCIER	32
PROJET DU GDR SOC² 2023-2027	34
1. ORGANISATION ET PILOTAGE DU GDR	37
2. GOUVERNANCE	37
A. EQUIPE DE DIRECTION	37
B. COMITE D'ANIMATION	38
C. COMITE STRATEGIQUE	40
D. COMITE DE SUIVI	41
E. CLUB DES PARTENAIRES	41
3. ANIMATION SCIENTIFIQUE DU GDR	42
A. STRUCTURATION SCIENTIFIQUE	42
B. INSTRUMENTS D'ANIMATION	73
5. MISSIONS TRANSVERSALES	74

A.	SOUTIEN AUX JEUNES	74
B.	COMMUNICATION	74
C.	CLASSEMENT DES PUBLICATIONS	75
D.	RELATIONS INTERNATIONALES	75
E.	PARTENARIATS DU GDR	75
6.	MEMBRES DU GDR	78
A.	UNITES DE RECHERCHE	78
B.	EFFECTIFS	84
7.	RESSOURCES ET MOYENS	84
A.	RESSOURCES FINANCIERES	84
B.	RESSOURCES HUMAINES	84
C.	RESSOURCES PROPRES	84
8.	CONCLUSION	85
ANNEXES		87
ANNEXE 1 : PROGRAMMES DES COLLOQUES PAR ANNEE		88
	2017 (QUADRIENNAL PRECEDENT) : COLLOQUE NATIONAL DU GDR SOC ² , BORDEAUX	89
	2018 : COLLOQUE NATIONAL DU GDR SOC ² , PARIS	91
	2019 : COLLOQUE NATIONAL DU GDR SOC ² , MONTPELLIER	92
	2020 : COLLOQUE NATIONAL DU GDR SOC ² , RENNES (REPORTE)	93
	2021 : COLLOQUE NATIONAL DU GDR SOC ² , RENNES (HYBRIDE)	94
	2022 : COLLOQUE NATIONAL DU GDR SOC ² , STRASBOURG	96
ANNEXE 2 : LISTE DES DOCUMENTS PREPARES PAR LE GDR SOC²		97
ANNEXE 3 : FICHE D'AIDE A L'ORGANISATION D'UNE JOURNEE THEMATIQUE		98
ANNEXE 5 : FLYER – LE CLUB DES PARTENAIRES DU GDR SOC²		99

Présentation du GdR

1. Présentation du domaine

Le domaine de la conception des systèmes sur puce, systèmes embarqués et objets connectés est un domaine clé pour la Société de l'Information et de la Communication dans laquelle nous vivons, et plus particulièrement pour insuffler, accompagner et soutenir la mutation numérique. Les frontières du domaine s'étendent de la recherche sur les nouveaux composants micro-nano-électroniques / photoniques, à la recherche sur le calcul avancé et la gestion de l'information et de l'énergie, liée aux enjeux de l'informatique pervasive. De plus, il requiert de la continuité entre ces grandes disciplines, intégrant les nouveaux dispositifs dans de nouvelles architectures et de nouveaux paradigmes de calcul (pour le calcul haute-performance et pour les systèmes embarqués où la consommation énergétique est critique), de nouveaux moyens de stockage (comme les mémoires non-volatiles), de nouveaux médias de communication (RF et optique) et d'interaction (capteurs et actuateurs). Les recherches dans le domaine des systèmes sur puce, fortement liés à l'évolution des technologies d'intégration, ont ouvert la voie à la création et à l'essor d'objets devenus maintenant indispensables : les cartes à puce, les smartphones et les tablettes (convertisseurs de données, transceivers RF CMOS, imageurs haute-résolution...), l'accès internet très haut-débit (ADSL2+, FTTH, LTE / 5G), ou encore les centres de calcul haute performance et les centres de traitement de données (architectures mémoires, communication très haut-débit, parallélisme massif...), qui sont au cœur de la numérisation de la société. Les travaux sur les systèmes sur puce sont aussi en interaction forte avec le monde socio-économique (STMicroelectronics, Thales, NXP, Valeo, Bull, Airbus Defense & Space, Safran, Continental, Cadence etc.) sans oublier les nombreuses PME/ETI de ce secteur économique présentes en France et en Europe.

Ce GdR est par essence au cœur même de cette révolution numérique que nous vivons tous les jours. Naturellement, il s'articule avec les défis des composants et du calcul avancé, mais également avec (i) l'internet du futur et des objets en ce qui concerne l'infrastructure de communication et de traitement de l'information, (ii) la robotique en ce qui concerne les systèmes cyberphysiques, (iii) la cybersécurité en ce qui concerne les techniques matérielles-logicielles pour la sécurité et la robustesse des systèmes intégrés.

2. Historique du GdR

Le GdR SoC² s'inscrit à la suite de plusieurs groupements de recherches soutenus par le CNRS depuis la fin des années 70 :

- Le "Groupement Circuits Intégrés Silicium" (GCIS) de 1979 à 1992, qui incluait un axe "Conception et CAO" ;
- Le GdR "Architectures de Machines Nouvelles" (AMN) de 1989 à 1995, qui était centré sur les architectures et les outils logiciels associés, en allant jusqu'à leur réalisation électronique ;
- Les GdRs "Groupement Architecture Physique sur Silicium" (GAPS) et CAO, de 1993 à 1999 ;
- Le Réseau Thématique Programmé sur les "Systems on Chip" (RTP SOC) de 2001 à 2004, avec en particulier les Actions Spécifiques "Consommation", "Nouvelles Technologies", "Systems on Chip Analog and Mixed Signal" (SOC-AMS), SOCLIB, "Operating Systems", "Architectures Reconfigurables Dynamiquement" et "Test" ;
- Le Comité d'Experts "Systems on Chip" de 2004 à 2006.

Le GdR SoC-SiP a été créé en 2007, avec Michel Renovell (LIRMM) comme directeur et Alain Greiner (LIP6) comme directeur-adjoint, et avec des Groupes de Travail principalement issus des Actions Spécifiques du RTP SOC, plus une thématique nouvelle concernant les "Systèmes Hétérogènes". Il a été renouvelé en 2010 avec Michel Robert (LIRMM) comme directeur et Yann Deval (IMS) comme

directeur-adjoint, puis en 2014 avec Patrick Garda (LIP6) comme directeur et Patrick Girard (LIRMM) et Ian O'Connor (INL) comme directeurs adjoints. En 2015, le GdR a accueilli les équipes architectures et temps réel du pôle "Architecture" du GdR n° 725 ASR (Architectures, Systèmes, Réseaux) qui est devenu le GdR RSD (Réseaux et Systèmes Distribués). Le mandat 2018-2022 du GdR SoC², avec une équipe de direction constituée de Ian O'Connor (INL) – directeur, Cristell Maneux (IMS) – directrice adjointe, Sébastien Pillement (IETR) – directeur adjoint et Patrick Girard (LIRMM) – sous-directeur a permis au GdR de consolider la communauté autour d'une structuration thématique claire avec une équipe d'animation renouvelée et de nouveaux instruments ; d'assurer la pérennité des actions engagées comme le classement des publications et le lancement du club des partenaires ; de se positionner comme un point d'entrée pour le domaine de recherche et renforcera les liens formels avec les organismes, les industriels et les instances connexes avec lesquels nous partageons des problématiques ou outils communs ; et de porter des actions de prospective (veille scientifique, expertise auprès des instances, contribution à la stratégie nationale de la recherche, identification des besoins de création de groupes de travail sur des enjeux scientifiques émergents et sur les grands défis sociétaux).

Pour la communauté SoC², ce GdR constitue l'unique structure nationale d'animation de la recherche. Le GdR a de nombreuses interactions avec d'autres organismes à l'échelle nationale dont notamment:

- le [Centre National de Formation en Microélectronique](#) (CNFM, créé en 1981, pour la formation et l'enseignement) – avec la collaboration de Thales, le GdR SoC² a participé au montage et à la mise en place du concours national "[RISC-V student contest](#)"
- l'Unité Mixte de Service "[Circuits Multi-Projets](#)" (UMS 3040 CMP, créée en 1981) qui fournit principalement un accès aux technologies de fabrication de circuits intégrés
- [Embedded France](#) (association industrielle dans le domaine des systèmes embarqués), dont le GdR SoC² est adhérent
- le [Comité Stratégique de Filière \(CSF\) Électronique](#), dont le GdR SoC² est partie prenante

3. Positionnement du GdR

Le domaine couvert par le GdR est fortement interdisciplinaire entre les aspects matériels et logiciels. Le GdR SoC² occupe ainsi une position originale à l'interface entre les communautés électronique, physique et informatique, et donc à l'interface entre les Instituts INSIS, qui est son rattachement principal, et INS2I du CNRS. Au CoNRS, ses membres sont principalement rattachés aux sections 7^a et 8^b. De plus, de nombreux membres du GdR SoC² sont des enseignant-chercheurs, appartenant aux sections 27^c, 61^d et 63^e du CNU, lorsqu'ils sont dans des établissements publics (quelques membres étant rattachés à des écoles d'ingénieur privées).

^a Sciences de l'information : signaux, images, langues, automatique, robotique, interactions, systèmes intégrés matériel-logiciel

^b Micro et nanotechnologies, électronique, photonique, électromagnétisme, énergie électrique

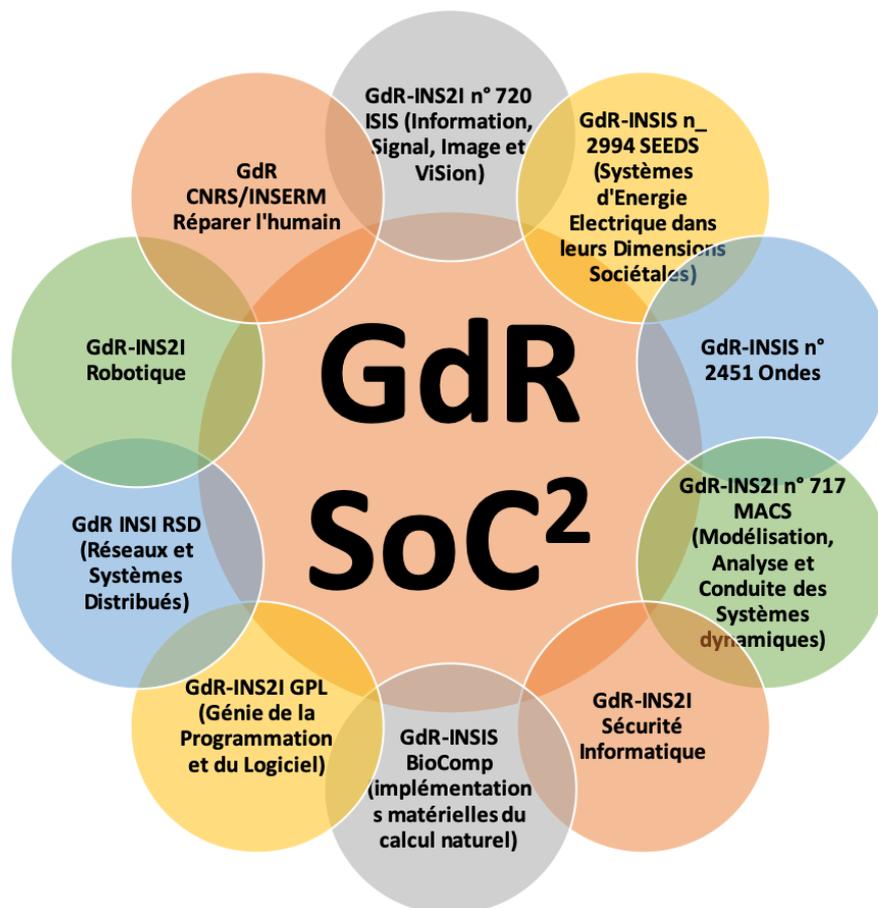
^c Génie Informatique (temps réel, architecture, réseaux), Automatique (automatique continue, robotique, productique), Traitement du Signal (information, signal, image, vision)

^d Algorithmique et combinatoire, Architecture des machines et des systèmes, Bio-informatique, Communication homme-machine, Génie logiciel et programmation, Informatique théorique ou fondamentale, Imagerie numérique, Intelligence artificielle, Recherche opérationnelle, Réseaux, Systèmes d'information, Systèmes informatiques

^e Composants et systèmes électriques, systèmes et composants électroniques et optiques, micro et nanoélectronique, matériaux pour l'électronique et le génie électrique, électronique organique, photonique, télécommunications, antennes, électromagnétisme, micro-ondes, traitement du signal appliqué, acoustique, éclairage, instrumentation, génie biomédical, électrotechnique, systèmes d'éclairage, commande des systèmes électriques, électronique de puissance, plasmas froids, plasmas thermiques

Le GdR rassemble une communauté large intégrée dans de nombreuses UMR relevant des instituts CNRS INSIS et INS2I, mais aussi dans des équipes d'accueil (EA) et des EPI-INRIA. Des liens forts sont établis avec d'autres EPST et EPIC tels que le CEA, et avec l'industrie.

Sur la carte des GdRs (figure ci-dessous), les GdRs connexes relèvent d'INSIS (SEEDS, Ondes, BioComp) et d'INS2I (ISIS, RSD, Robotique, MACS, Recherche Opérationnelle, GPL, Sécurité). Il est également à souligner que de nombreux membres du GdR SoC² sont également impliqués dans (voire étaient associés au montage) d'autres GdR ; la force du GdR SoC² est de s'appuyer sur son spectre large pour assurer les connexions entre les disciplines et tisser des collaborations fortes avec de nombreuses communautés sur des thématiques connexes.



Bilan du GdR SoC² 2018-2022

Le GdR SoC² se veut la structure d'animation scientifique de la communauté systèmes embarqués, objets connectés, conception d'architectures et de circuits intégrés, et logiciel embarqué. Son rôle est d'aider la structuration de la recherche et l'identification des synergies communes en regroupant l'ensemble des forces dans les disciplines couvertes par le GdR. Il doit ainsi avoir un rôle moteur pour faire émerger des projets multidisciplinaires, amplifier les actions de recherche en cours, faciliter l'émergence de nouvelles thématiques de recherche particulièrement porteuses, mais aussi défendre les spécificités et les enjeux scientifiques de nos disciplines auprès des institutions et des organismes de financement.

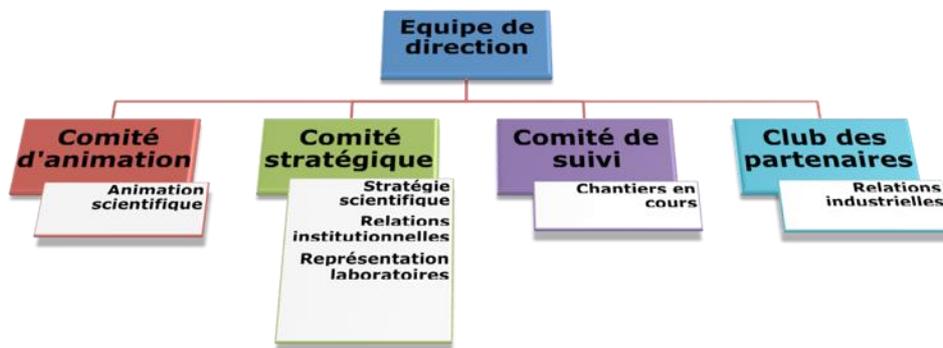
1. Organisation et pilotage du GdR

Le GdR est organisé autour de quatre piliers, qui sont présentés successivement : la gouvernance, l'animation scientifique, les missions transversales et les partenaires.

2. Gouvernance du GdR

La structure de gouvernance du GdR SoC² comprend :

- L'Equipe de direction
- Le Comité d'animation
- Le Comité stratégique
- Le Comité de Suivi
- Le Club des partenaires



a. Équipe de Direction

Le GdR SoC² est dirigé par un directeur, assisté par trois directeurs-adjoints :

- Directeur : Ian O'CONNOR (PR, Ecole Centrale de Lyon – INL)
- Directrice adjointe : Cristell MANEUX (PR, Université de Bordeaux – IMS)
- Directeur adjoint : Sébastien PILLEMENT (PR, Ecole Polytechnique Université de Nantes – IETR)
- Sous-Directeur : Patrick GIRARD (DR, CNRS – LIRMM)^f

^f Patrick Girard a effectué deux mandats successifs de directeur adjoint pour le GdR SoC-SiP et est ainsi administrativement inéligible à un poste de directeur adjoint. Pendant le mandat 2018-2022, il a contribué à l'équipe de direction avec le statut de sous-directeur.



- Soutien administratif : Patricia DUFAUT (INL UMR CNRS 5270)

Les membres de la direction se concertent au moins une fois par mois par téléconférence, téléphone ou mail, ils se réunissent à l'occasion d'évènements de la communauté. Ils interagissent avec les autres comités du GdR et notamment les responsables des axes thématiques et transversales ainsi que les responsables du Club des Partenaires, et représentent le GdR auprès des Instituts INSIS et INS2I du CNRS, notamment aux Journées annuelles des DUs INSIS et INS2I, ainsi qu'aux Journées des directrices et directeurs GdR INS2I.

b. Comité d'animation

Le Comité d'animation du GdR SoC² comprend les membres suivants :

- le président du comité d'animation
- la direction en exercice : directeur et directeurs adjoints
- les responsables et les responsables adjoints des thèmes, et les animateurs des thématiques. Pour cette période quinquennale, la durée des mandats (responsables et animateurs) a été limitée à deux ans renouvelables, permettant de maintenir une animation dynamique.

Membres du comité d'animation :

Nom	Prénom	Laboratoire	Rôle	Axe
ANGHEL	Lorena	SPINTEC	Présidente du comité (2018-2021)	
BERRY	François	Institut Pascal	Co-responsable thème de l'année (2018)	Near-Sensor Computing
BOSSUET	Lilian	LabHC	Co-responsable axe	Sécurité et intégrité des systèmes / Systèmes robustes fiables et sécurisés
BOUNCEUR	Ahcene	Lab-STICC	Co-responsable axe (2022-)	Objets connectés
BOUTILLON	Emmanuel	Lab-STICC	Co-responsable axe (2017-2021)	Sécurité et intégrité des systèmes
CHILLET	Daniel	IRISA	Co-responsable axe Co-responsable thème de l'année (2018)	Objets connectés Near-Sensor Computing
DALLET	Dominique	IMS	Co-responsable thème de l'année (2018)	Near-Sensor Computing
DARDAILLON	Mickaël	IETR	Co-responsable axe (2020-)	Méthodologies et outils
DELTIMPLE	Nathalie	IMS	Co-responsable axe (2019-) Co-responsable thème de l'année (2020-2021)	Systèmes Cyber Physiques / Circuits et systèmes AMS/RF Sustainable SoC

DESGREYS	Patricia	LTCI	Co-responsable axe (2017-2021)	Systèmes Cyber Physiques
FAUCOU	Sébastien	LS2N	Co-responsable axe	Calcul embarqué haute performance
FRAPPE	Antoine	IEMN	Co-responsable axe (2021-)	Circuits et systèmes AMS/RF
GAMATIE	Abdoulaye	LIRMM	Co-responsable axe (2020-) Co-responsable thème de l'année (2020-2021)	Calcul embarqué haute performance Sustainable SoC
GIRARD	Patrick	LIRMM	Sous-Directeur	
KLEIN	Jacques-Olivier	C2N	Co-responsable d'axe (2019-)	Technologies du futur
LE BEUX	Sébastien	INL	Co-responsable axe (2017-2019)	Technologies du futur
MANEUX	Cristell	IMS	Directrice adjointe	
MARTIN	Kevin	Lab-STICC	Co-responsable axe Co-responsable thème de l'année (2018)	Méthodologies et outils Near-Sensor Computing
O'CONNOR	Ian	INL	Directeur	
PELCAT	Maxime	IETR	Co-responsable axe (2017-2020) Co-responsable thème de l'année (2019) Co-responsable axe (2020-)	Méthodologies et outils Machine Learning et SoC ² IA et systèmes embarqués
PILLEMENT	Sébastien	IETR	Directeur adjoint	
PINNA	Andrea	LIP6	Co-responsable thème de l'année (2020-2021)	Sustainable SoC
PORTAL	Jean-Michel	IM2NP	Co-responsable axe (2019-)	Technologies du futur
ROMAIN	Olivier	ETIS	Co-responsable axe (2017-2021)	Objets connectés
SASSATELLI	Gilles	LIRMM	Co-Responsable axe (2017-2020) Co-responsable thème de l'année (2019) Co-responsable axe (2020-)	Calcul embarqué haute performance Machine Learning et SoC ² IA et systèmes embarqués
VATAJELU	Elena Ioana	TIMA	Co-responsable axe (2021-)	Systèmes robustes fiables et sécurisés

Le Comité d'animation du GdR SoC² est chargé de coordonner scientifiquement et de planifier les actions d'animation. Il se réunit en configuration plénière tous les trois mois à l'initiative du président du comité d'animation en lien avec la direction du GdR :

- en hiver, pour faire le bilan de l'année écoulée et finaliser le programme d'animation du premier semestre
- au printemps, pour suivre la mise en œuvre du programme d'animation du premier semestre, réfléchir sur le programme d'animation du second semestre et préparer le Colloque de juin
- pendant le colloque en juin, pour finaliser du programme d'animation du second semestre et suivre les activités du GdR
- à l'automne, pour suivre la mise en œuvre du programme d'animation du second semestre et réfléchir sur le programme d'animation de l'année suivante

Réunions du comité d'animation :

Date	Ordre du jour	Lieu
14/6/2017	Bilan du GdR SoC-SiP 2014-2017 ; Projet du renouvellement du GdR SoC ² 2018-2022 ; Mode de fonctionnement des comités ; Mode d'animation ; Thème de l'Année 2017-2018 ; Renouvellement 2014-2018 ; Relations institutionnelles ; Chantiers 2017-2018 ; Colloque 2018 ; Questions diverses	Bordeaux (IMS)
6/11/2017	Informations diverses ; Animation par axe : bilan 2017, prévisions 2018 ; Thème de l'Année ; Sessions spéciales conférences ; Gestion financière ; Site web ; Questions diverses	Visioconférence

14/6/2018	Budget 2018 ; Chantier Classement des publications ; Chantier International ; Chantier ANR ; Club des partenaires ; Communication ; Plan d'animation ; Thème de l'année 2019 ; Colloque 2019 ; Questions diverses	Paris (LIP6)
24/09/2018	Informations diverses ; Animation par axe : bilan juin-septembre 2018, prévision septembre-décembre 2018 ; Thème de l'Année ; Gestion financière ; Questions diverses	Visioconférence
14/1/2019	Rapport d'activité ; Rapport de conjoncture ; Animation – Bilan des actions 2018 et du thème de l'année "Near Sensor Computing" – Prévisions 2019 et organisation du thème de l'année "Machine Learning + SoC ² " ; Chantiers en cours – organisation du colloque 2019 – communication – partenariats ; points divers	Paris
20/6/2019	Budget 2019 ; Chantier partenaires ; Chantier communication ; Conjoncture + LPRR ; Plan d'animation ; Thème de l'année 2020 ; Colloque 2020	Montpellier
6/2/2020	Agenda et objectifs ; Organisation du colloque 2020 ; Communication et réseaux sociaux ; Partenariats et mise en œuvre du club des partenaires ; Rapports d'activité et de prospective ; Bilan des actions 2019 et prévisions 2020 par axe (responsables d'axe) ; Bilan de thème de l'année et création d'axe "IA et SoC ² " ; Prévisions 2020 et organisation du thème de l'année "Sustainable SoC" ; Mode de fonctionnement du financement de l'animation	Paris
9 et 22/9/2020	Bilan d'animation durant la première période de confinement COVID et relance d'actions d'animation ; Prévisions fin d'année 2020.	Visioconférence
24/11/2020	Préparation du rapport de prospective du GdR SoC ² ; Présentations des axes - Calcul embarqué haute performance - Frontières et interfaces cyber-physiques - Sécurité et intégrité des systèmes - Objets connectés - Technologies du futur - Méthodes et outils - IA et systèmes embarqués ; Discussion et échange avec experts externes	Visioconférence

c. Comité stratégique

Le Comité stratégique du GdR SoC² comprend les membres suivants :

- la direction en exercice : directeur et directeurs adjoints
- les anciens directeurs du GdR SoC-SiP
- les responsables des axes
- les responsables du Club des Partenaires
- des experts scientifiques du domaine SoC².

Membres du comité stratégique :

Nom	Prénom	Laboratoire	Rôle
ANGHEL	Lorena	SPINTEC	Présidente du comité d'animation
BELLEUDY	Cécile	LEAT	
BOSSUET	Lilian	LabHC	Co-Responsable axe
BOUNCEUR	Ahcène	Lab-STICC (2022-)	Co-responsable axe
BOUTILLON	Emmanuel	Lab-STICC (2017-2021)	Co-responsable axe
CHILLET	Daniel	IRISA	Co-responsable axe
COUSSY	Philippe	Lab-STICC	
DALLET	Dominique	IMS	Club des partenaires
DARDAILLON	Mickaël	IETR (2020-)	Co-responsable axe
DELTIMPLE	Nathalie	IMS (2019-)	Co-responsable axe
DESGREYS	Patricia	LTCI (2017-2021)	Co-responsable axe
FAUCOU	Sébastien	LS2N	Co-responsable axe
FRAPPE	Antoine	IEMN (2021-)	Co-responsable axe
GARDA	Patrick	LIP6	Ancien Directeur
GAMATIE	Abdoulaye	LIRMM (2020-)	Co-responsable axe
GIRARD	Patrick	LIRMM	Sous-Directeur
GOGNIAT	Guy	Lab-STICC	Club des partenaires
GRANADO	Bertrand	LIP6	Club des partenaires
KLEIN	Jacques-Olivier	C2N (2019-)	Co-responsable axe
LE BEUX	Sébastien	INL	Co-responsable axe
MANEUX	Cristell	IMS	Directrice adjointe

MARTIN	Kevin	Lab-STICC	Co-responsable axe
O'CONNOR	Ian	INL	Directeur
PELCAT	Maxime	IETR	Co-responsable axe
PETROT	Frédéric	TIMA	
PILLEMENT	Sébastien	IETR	Directeur adjoint
PORTAL	Jean-Michel	IM2NP (2019-)	Co-responsable axe
RENOVELL	Michel	LIRMM	Ancien Directeur
ROBERT	Michel	LIRMM	Ancien Directeur
ROMAIN	Olivier	ETIS (2017-2021)	Co-responsable axe
SASSATELLI	Gilles	LIRMM	Co-responsable axe
SENTIEYS	Olivier	IRISA	
TORRES	Lionel	LIRMM	
VATAJELU	Elena Ioana	TIMA (2021-)	Co-responsable axe
VENTROUX	Nicolas	Thales-TRT (2022-)	Club des partenaires

Le comité stratégique est chargé de réfléchir à la stratégie scientifique et de proposer des évolutions stratégiques permettant au GdR SoC² de mieux remplir ses missions. Cela couvre notamment l'articulation du GdR avec les instances (Instituts CNRS, MENRT, CES ANR, CNU, CoNRS ...) et avec les autres acteurs scientifiques du domaine (CEA, CMP, CNFM ...), pôles de compétitivité (Minalogic, Systematic, Aerospace valley, Images et réseaux), Embedded France, ou les clusters industriels sous la forme d'IRT ...

Il se réunit tous les 6 mois à l'initiative du directeur du GdR :

- en hiver, pour faire le bilan de l'année écoulée et définir les chantiers à mener pendant l'année
- pendant le colloque en juin, pour suivre la mise en œuvre des chantiers stratégiques, ajuster les actions et définir les priorités

Réunions du comité stratégique :

Date	Lieu	Ordre du jour
14/6/2017	Bordeaux (IMS)	Info renouvellement (retours a priori positifs des sections 7 et 8) ; budget ; club des partenaires ; site web ; plan d'animation (synthèse des contributions des axes) ; discussion sur la thématique de l'année (présentation de la liste restreinte des propositions retenues par la direction, discussion des propositions et sélection, constitution du comité, actions d'organisation 2017-2018) ; discussion interaction partenaires (animation) : IRT, GdR, pôles de compétitivité ... (GT à monter, positionnement national par rapport aux autres acteurs) ; organisation état des lieux (chantier international) ; points divers
28/3/2018	Visio	Chantiers 2017-2018 (ANR, préparation du colloque 2018, club des partenaires, chantier international, communication, classement des publications) ; discussion sur les orientations stratégiques à privilégier et les nouveaux chantiers à ouvrir
14/1/2019	Paris (LIP6)	Chantiers en cours (communication, partenariats, organisation du colloque 2019) ; animation (bilan des actions 2018 et du thème de l'année "Near Sensor Computing", prévisions 2019 et organisation du thème de l'année "Machine Learning + SoC2")
20/6/2019	Montpellier (LIRMM)	Colloque 2019 ; Budget ; Chantier partenaires ; Chantier communication ; Conjoncture + LPRR ; Plan d'animation ; Thème de l'année ; Colloque 2020
6/2/2020	Paris (LIP6)	Chantier partenariats + mise en œuvre du club des partenaires ; préparation du rapport de prospective ; organisation du colloque 2020 ; animation (bilan des actions 2019 et du thème de l'année "IA et SoC2", prévisions 2020 et organisation du thème de l'année "Sustainable SoC", mode de fonctionnement du financement de l'animation)
11/3/2021	Visio	Restructuration CNRS ; Renouvellement ; Rapport prospective ; Lancement et gestion du club des partenaires ; Stratégie médailles CNRS ; Stratégie de maillage (GdRs, pôles, international)
28/6/2021	Visio	Débriefe du colloque 2021 ; Budget 2021 ; Plan d'animation ; Thème de l'année ; Club des partenaires ; Filière électronique ; Préparation du colloque 2022 à Strasbourg ; Chantier renouvellement du GdR
2/12/2021	Paris (LIP6)	Renouvellement du GdR – Visions horizon 2030 : Accueil et introduction, tour de table ; Embedded cyberphysical systems and technologies ; Computing challenges for the next decade ; Software-defined vehicle - the "next big thing"? ; Overcoming the Data Deluge Challenges with Greener Electronics ; SoC, Systèmes Embarqués, IA : situations, directions et besoins chez ST ; Systèmes temps réels embarqués critiques ; Architectures de calcul, méthodes de compilation et applications temps-réel
3/12/2021	Paris (LIP6)	Renouvellement du GdR – structuration 2023-2027 : Accueil et introduction / bilan de la veille / cadrage ; tour de table ; Structuration thématique ; Ambitions du GdR (chantiers futurs) ; Organisation structurelle du GdR ; Discussion, répartition du travail de rédaction

d. Comité de suivi

Le Comité de Suivi du GdR SoC² comprend les membres suivants :

- la direction en exercice : directeur et directeurs adjoints
- les membres du Comité stratégique en charge des missions transversales en cours du GdR

Le Comité de Suivi contrôle et oriente l'avancement des missions transversales du GdR SoC², il se réunit 1h par mois en téléconférence, à l'initiative du directeur du GdR, pour suivre la mise en œuvre opérationnelle des décisions du comité stratégique, de l'organisation des journées thématiques et des chantiers.

e. Club des partenaires

Suite à l'établissement d'une première version d'une convention générique CNRS permettant d'établir un cadre juridique pour le Club des partenaires en 2019, impliquant les responsables du club des partenaires du GdR SoC², le service Innovation et Partenariat de l'INSIS et la délégation régionale Rhône-Auvergne du CNRS, nous avons travaillé sur l'organisation du lancement du Club des Partenaires. Les activités d'organisation ont notamment porté sur la création d'un flyer de présentation, et la mise à jour de la base de données identifiant les points de contact dans les entreprises.

Cette base de données a permis la prospection autour d'une trentaine de contacts, conduisant à des négociations (en cours) avec une dizaine d'entreprises. Une convention CNRS est en cours d'élaboration pour 2 grandes entreprises (avec l'appui de la délégation régionale Rhône-Auvergne du CNRS).

De plus, un travail de cartographie des formations et des expertises recherche des laboratoires du GdR est actuellement en cours de finalisation. Il s'agit de proposer aux partenaires un accès aux compétences en formation et recherche relevant du GdR SoC². Un premier chantier concernant le volet recherche est finalisé avec actuellement une trentaine de laboratoires présents dans la base de données. La base de données sera étendue et mise à jour au fur et à mesure des retours des laboratoires. La recherche d'expertise s'effectue par mots clefs et permet de référencer les laboratoires concernés. Une interface graphique permet une navigation aisée et une visualisation rapide des résultats. Ce travail sera prolongé pour la cartographie des formations.

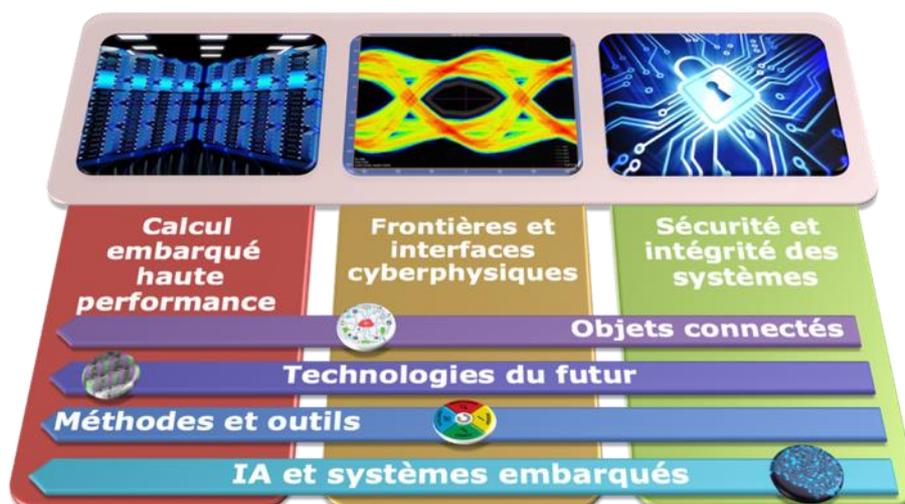
3. Animation scientifique du GdR

L'animation scientifique du GdR SoC² est assurée par des membres de la communauté qui prennent des engagements au sein du GdR. Le domaine scientifique est structuré en six axes scientifiques, qui incluent plusieurs thématiques connexes. Différents instruments d'animation sont à la disposition du comité d'animation.

a. Structuration scientifique

Le GdR est structuré en 3 axes thématiques et 4 axes transversaux :

- Axes thématiques :
 - Calcul embarqué haute performance
 - Frontières et interfaces cyberphysiques
 - Sécurité et intégrité des systèmes
- Axes transversaux :
 - Objets connectés
 - Technologies du futur
 - Méthodologies
 - IA et systèmes embarqués



Dans les paragraphes qui suivent, une description de chaque axe est donnée (contenu et périmètre scientifique de l'axe, exemples de retombées scientifiques, positionnement au sein du GdR, pertinence par rapport aux stratégies de recherche en France et en Europe) ainsi qu'une analyse prospective horizon 2025 (évolution du domaine dans les 10 prochaines années, identification des défis importants et/ou émergents pour le domaine, identification des verrous liés aux défis, objectifs scientifiques, acteurs académiques). Enfin, les groupes de travail proposés ainsi que les premières actions d'animation sont décrits.

Axe thématique : Calcul embarqué haute performance

Responsables

Sébastien Faucou, UMR 6004 LS2N / Université de Nantes, sebastien.faucou@univ-nantes.fr

Abdoulaye Gamatié, UMR 5506 LIRMM / CNRS, abdoulaye.gamatie@lirmm.fr (2020-)

Gilles Sassatelli, UMR 5506 LIRMM / CNRS, sassatelli@lirmm.fr (2017-2020)

Mots clés

Architecture, systèmes embarqués, accélérateurs de calcul, architectures multi-cœurs / multi-processeurs, architectures reconfigurables, architectures adaptatives, micro-architecture, calcul haute performance, modèles de programmation, compilation, temps réel, sûreté de fonctionnement

Axe thématique : Frontières et interfaces cyberphysiques / Circuits et systèmes AMS/RF

Responsables

Patricia Desgreys, LTCI / Telecom ParisTech, patricia.desgreys@telecom-paristech.fr (2017-2021)

Nathalie Deltimple, IMS / Bordeaux INP, nathalie.deltimple@ims-bordeaux.fr

Antoine Frappé, IEMN / Junia, antoine.frappe@junia.com (2021-)

Mots clés

Systèmes AMS intelligents, Communications RF, Modularité/Agilité, Systèmes hétérogènes, Conversion d'énergie embarquée

Axe thématique : Sécurité et intégrité des systèmes

Responsables

Lilian Bossuet, Lab. Hubert Curien / Univ. Jean Monnet, lilian.bossuet@univ-st-etienne.fr

Emmanuel Boutillon, Lab-STICC / Univ. Bretagne Sud, Emmanuel.Boutillon@univ-ubs.fr (2017-2021)

Elena Ioana Vatajelu, TIMA / CNRS, ioana.vatajelu@univ-grenoble-alpes.fr (2021-)

Mots clés

Sécurité matérielle, test, tolérance aux fautes et vérification

Axe transversal : Objets connectés**Responsables**

Ahcène Bounceur, Lab-STICC / Université de Brest, Ahcene.Bounceur@univ-brest.fr (2022-)

Daniel Chillet, IRISA / ENSSAT Lannion, daniel.chillet@irisa.fr

Olivier Romain, ETIS / ENSEA, olivier.romain@ensea.fr (2017-2021)

Mots clés

Réseaux d'objets hétérogènes, Internet des objets, Interaction objet/milieu, Cognition, Plateforme d'expérimentations, de simulation, Systèmes Multi-physiques, Multi-échelle, Sécurité des données et des services, Fiabilité et acceptation, Conception faible consommation, Autonomie, Communication sporadique, Circuits reconfigurables, Territoire intelligent, Transports intelligents, Dispositifs biomédicaux, Implants biomédicaux, Usine 4.0, Impact sociétal, Eco-conception

Axe transversal : Technologies du futur**Responsables**

Jacques-Olivier Klein, C2N / Université Paris Saclay, Jacques-Olivier.klein@universite-paris-saclay.fr (2019-)

Sébastien Le Beux, INL / Ecole Centrale de Lyon, sebastien.le-beux@ec-lyon.fr (2017-2019)

Jean-Michel Portal, IM2NP / Université Aix Marseille, jean-michel.portal@univ-amu.fr (2019-)

Mots clés

Complexité ; nouveaux paradigmes de calcul et de mémorisation l'information; évolution du support d'information s'agissant des communications

Axe transversal : Méthodes et outils de conception, simulation, évaluation et vérification des systèmes et systèmes de systèmes**Responsables**

Kevin Martin, Lab-STICC / Université de Bretagne-Sud, kevin.martin@univ-ubs.fr

Maxime Pelcat, IETR, Institut Pascal / INSA Rennes, mpelcat@insa-rennes.fr (2017-2020)

Mickaël Dardaillon, IETR / INSA Rennes, (2020-)

Mots clés

Conception Assistée par Ordinateur, Electronic Design Automation, Electronic System Level

Axe transversal : IA et systèmes embarqués (2020-)**Responsables**

Maxime Pelcat, IETR, Institut Pascal / INSA Rennes, mpelcat@insa-rennes.fr

Gilles Sassatelli, UMR 5506 LIRMM / CNRS, sassatelli@lirmm.fr

Mots clés

IA Embarquée, IA Frugale, IA pour le CAD, Outils et frameworks pour l'IA, technologies d'IA émergentes, applications de l'IA embarquée, explicabilité, fiabilité et sécurité des systèmes d'IA, tests et validation des systèmes d'IA

b. Liste des manifestations organisées, pilotées ou soutenues par le GdR

Sur la période 2017-2022 (S1), le GdR a organisé 66 Journées Thématiques et barcamps scientifiques, soutenu 7 écoles thématiques, organisé 4 colloques et a participé à la co-organisation de 6 séminaires thématiques.

Actions d'animation scientifique :

2017 [§]	Animations	Organisateurs	Lieu
6-10/3/2017	Soutien – Ecole thématique sur l'Architecture des systèmes matériels et logiciels embarqués, et les méthodes de conception associées	CNRS – INRIA – LORIA – Université de Lorraine	Nancy
25/4/2017	JT - Capteurs Innovants & Objets Connectés Autonomes Faible Consommation	GdR SoC ² Axe Frontières et interfaces cyberphysiques Université de Toulon, ARCSIS	Toulon (IM2NP)
8/6/2017	JT - Croiser les disciplines pour innover en toxicologie	GdR SoC ² Axe Objets Connectés Université de Cergy Pontoise	Cergy-Pontoise
14-16/6/2017	12 ^{ème} colloque national du GdR SoC-SiP	GdR SoC ²	Bordeaux (IMS)
12/9/2017	JT - Electrophysiologie – des électrodes aux systèmes embarqués pour la santé, quels défis ?	GdR SoC ² Axe Objets Connectés	Paris (Jussieu)
19-20/10/2017	Soutien et implication : Journées NeuroSTIC 2017	GdR SoC ² Axe Objets Connectés GdR ISIS, GdR BioComp, GdR Robotique	Brest (Lab-STICC)
8/11/2017	JT - Near Sensor Computing	GdR SoC ² GT Thème de l'Année	Paris (Cité Universitaire)
9-10/11/2017	JT - Transports intelligents – Véhicules Connectés	GdR SoC ² Axe Objets Connectés LAMIH / IEMN Club EEA	Valenciennes
15/11/2017	JT - Environment impact of RF 5G communications and IoT growth	GdR SoC ² Axe Frontières et interfaces cyberphysiques IEEE-CAS	Bordeaux (IMS)
23/11/2017	JT - When Compilation meets WCET analysis	GdR SoC ² – Axe Calcul Embarqué Haute Performance GdR CPL – GT Compilation	Paris (INRIA)
27/11/2017	JT - Emerging interconnect technologies in many-core architectures	GdR SoC ² – Axes Calcul Embarqué Haute Performance et Technologies du Futur H2020 CONNECT project	Paris (Cité Internationale)
28/11/2017	JT - Approximate Computing: Consommation et Précision dans les SoCs	GdR SoC ² Axe Sécurité et intégrité des systèmes GdR ISIS	Paris (Jussieu)
2018	Animations	Organisateurs	Lieu
26-27/3/2018	Barcamp – La NVM dans tous ces états !	GdR SoC ² Axes Calcul Embarqué Haute Performances, Technologies du Futur, Sécurité et Intégrité des Systèmes	Villa Clythia (CAES CNRS), Fréjus
04/04/2018	JT – Free Open Source Software (FOSS) for Free Hardware Design of SoC	GdR SoC ² Axe Méthodologie et Outils de Conception, simulation, évaluation et vérification des systèmes	Paris (LIP6)

11/04/2018	JT IA et IoT : Capteurs Distribués en santé et Environnement	GdR SoC ² Axe Frontières et interfaces cyber physiques, Agence Régionale de Santé, GdR MADICS	Université de Toulon
29/05/2018	JT Injection de fautes : attaques physiques, protections logicielles et mécanismes d'évaluation de la robustesse	GdR SoC ² Axe Sécurité et Intégrité de systèmes GdR Sécurité Informatique	Paris (LIP6)
7-8/06/2018	JT Conception basée Modèles des Systèmes de Traitement du Signal et de l'Information (en marge de COWOMO)	GdR SoC ² Axe Méthodologie et Outils de Conception, simulation, évaluation et vérification des systèmes	Rennes (INSA)
13-15/6/2018	13 ^{ème} colloque national du GdR SoC ²	GdR SoC ²	Paris (LIP6)
2-3/7/2018	First French GNU Radio days	INSA Lyon-INRIA-CITI	Lyon (CITI)
3-6/7/2018	Compas 2018		Toulouse (IRIT)
20/9/2018	JT Sécurité des SoC complexes hétérogènes - du TEE au matériel	GdR SoC ² Axe Sécurité et Intégrité de systèmes GdR Sécurité Informatique	Paris (LIP6)
2/10/2018	Séminaire - Automotive Digital Twin: ADAS System verification	GdR SoC ² Axe Frontières et interfaces cyber physiques, IEEE-CAS	Paris (Telecom ParisTech)
10/10/2018	JT Optimisation des systèmes intégrés	GdR SoC ² Axe Méthodologie et Outils de Conception, simulation, évaluation et vérification des systèmes GdR RO	Paris (LIP6)
09/11/2018	JT Vision et Camera Intelligentes	GdR SoC ² GT Thème de l'Année Near Sensor Computing GdR ISIS	Paris (Cité Internationale et Collège d'Espagne)
13/11/2018	JT Silicon Photonics	GdR SoC ² Axe Technologies du Futur	Lyon (ECL)
16/11/2018	JT Gestion des concurrences matérielles et du déterministe temporel dans les SoCs	GdR SoC ² Axe Calcul Embarqué haute performance et Axe Méthodologie IRT St Exupery	Toulouse (Jussieu)
4/12/2018	JT 1 ^{ère} Rencontre inter GdR SoC ² – Réparer l'Humain	GdR SoC ² Axe Frontières et interfaces cyber physiques, Axe Objets connectés GdR Réparer l'humain	Paris – Sorbonne Université – Campus de Jussieu
12/12/2018	JT 2 ^{ème} JT Pédagogie des objets connectés	GdR SoC ² Axe Objets Connectés Club EEA	Paris – Sorbonne Université – Campus de Jussieu
14/12/2018	Séminaire - Energy Efficient System Architecture for Devices in Artificial Intelligence-of-Thing	GdR SoC ² Axe Frontières et interfaces cyber physiques, IEEE-CAS	Paris (Telecom ParisTech)
2019	Animations	Organisateurs	Lieu
14-16/3/2019	Open Source Hardware	Axe Méthodologies et Outils, conjoint avec Free Silicon Conference	Paris

01/04/2019	Systèmes Embarqués et Objets Communicants : Architectures matérielles et réseaux	Axe Objets Connectés, GdR RSD	Paris
05/04/2019	Architectures de calcul pour le Machine Learning	Axes Calcul Embarqué Haute Performance, Thème de l'année 2019 - Machine Learning et SoC ² , GdR ISIS	Paris
08/04/2019	Interconnexions sur puce	Axe Technologies du futur	Lyon
15/05/2019	Outils de simulation - prototypage virtuel des systèmes	Axe Méthodologies et Outils	Paris
16/05/2019	Sécurité, fiabilité et test dans l'ère de l'IA	Axes Sécurité et intégrité de systèmes, Thème de l'année 2019 - Machine Learning et SoC ²	Paris
22/05/2019	Outils, technologies et composants pour l'IA	Axe Thème de l'année 2019 - Machine Learning et SoC ² , GdR BioComp, GdR ISIS	Paris
19-21/06/2019	14 ^{ème} Colloque du GdR SoC ²	LIRMM (P. Girard, A. Virazel)	Montpellier
09/09/2019	Problématiques logicielles des systèmes intégrant des ENVM	Axe Calcul Embarqué Haute Performance, Labex CominLabs	Nantes
30/9/2019	Nouveaux dispositifs pour les smartflats (du smart flat à la smart city)	Axe Objets Connectés, Fondation MAIF	Visioconférence
03/10/2019	RISC-V et systèmes embarqués	Axe Calcul Embarqué Haute Performance, IRT Saint-Exupéry	Paris
10/10/2019	Challenges and trends in smart instrumentation and measurement	Axe Frontières et interfaces CPS, IEEE I&M France	Nancy
10/10/2019	Bio-dispositifs et modélisation	Axe Objets Connectés, GdR Réparer l'humain	Paris
18/11/2019	Integrated Circuits and Systems for Near-sensor computing	Axe Frontières et interfaces CPS, IEEE-CAS France	Lille
27/11/2019	Le neuromorphique et le calcul quantique se rencontrent	Axe Technologies du futur, C2N, GdR BioComp, GdR IQFA	Paris
28/11/2019	Optimisation pour les systèmes intégrés	Axe Méthodologies et Outils, GdR RO	Paris
02/12/2019	Sustainability and SoC	Axe Frontières et interfaces CPS, IEEE-CAS France	Bordeaux
2020	Animations	Organisateurs	Lieu
9/3/2020	Pédagogie autour des Objets Connectés	Axe Objets Connectés, Club EEA, CNFM	Paris
23/6/2020	Introduction to Green IT Initiative (Airbus D&S)	Axe Theme de l'année 2020 - Sustainable SoC	Visioconférence
24/6/2020	Sustainable SoC	Axe Theme de l'année 2020 - Sustainable SoC	Visioconférence
24/9/2020	Attaques par injection de fautes	Axe Sécurité et intégrité de systèmes, GdR Sécurité Informatique, ANSSI	Mixte (Paris + distanciel)

2/10/2020	Les objets connectés industriels : un atout pour faire face aux enjeux environnementaux d'aujourd'hui et de demain (Lacroix Group)	Axe Theme de l'année 2020 - Sustainable SoC	Visioconférence
2/10/2020	New paradigms for CAD for Analog Mixed Signal Design	Axes Frontières et interfaces CPS, Méthodologies et outils, IEEE-CAS France	Visioconférence
15/10/2020	Interfaces fonctionnalisées, matériaux biocompatibles et packaging	Axes Frontières et interfaces CPS, Objets Connectés, GdR Réparer l'humain	Paris (locaux Hôpital Bichat Claude Bernard)
6/11/2020	Vision & actions de Dell Technologies sur la Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE) et le développement durable (Dell)	Axe Theme de l'année 2020 - Sustainable SoC	Visioconférence
11/2020	Machine Learning et Side Channel Analysis - Dernières avancées	Axe Sécurité et intégrité de systèmes, GdR Sécurité Informatique	Visioconférence
11/2020	Calcul embarqué haute performance	Axes Calcul Embarqué Haute Performance, Sécurité et intégrité des systèmes, IRT St Exupéry, IRT Nanoélec	Visioconférence
11/2020	Prise en compte conjointe de la sûreté et de la sécurité dans les systèmes embarqués critiques	Axe Calcul Embarqué Haute Performance, IRT St Exupéry, IRT Nanoélec	Visioconférence
30/11/2020	Apprentissage et Systèmes embarqués	Axe IA et systèmes embarqués	Visioconférence
2021	Animations	Organisateurs	Lieu
15/1/2021	L'industrie des composants microélectroniques et les impacts environnementaux	Axe Thème de l'année 2021 - Sustainable SoC	Visioconférence
15/2/2021	In-Memory-Computing: from Device to Programming Model	Axes Technologies du futur, Calcul embarqué haute performance	Visioconférence
8/4/2021	Outils pour la synthèse de haut niveau	Axe Méthodologies et outils	Visioconférence
20/5/2021	Applications à la sécurité des technologies émergentes	Axe Sécurité et Intégrité de systèmes GdR Sécurité Informatique	Visioconférence
26/5/2021	Quantum Computing	Axe Technologies du futur	Visioconférence
8-10/6/2021	Colloque national		Rennes / visioconférence
12/10/2021	Inversion Coefficient & RF Low Power	GdR SoC ² Axe Frontières et interfaces cyber physiques	Grenoble
14-15/10/2021	Plateformes matérielles pour la sécurité	Axe Sécurité et Intégrité de systèmes GdRs Sécurité informatique, RSD, ISIS SIF	Visioconférence
25-27/10/2021	HiPEAC Computing Systems Week	Direction GdR, HiPEAC	Lyon
19/11/2021	Capteurs et Sport	Axe Objets connectés GdRs Sport, ISIS	Paris

3/12/2021	IA pour les véhicules autonomes	Axes Calcul embarqué haute performance, Intelligence artificielle	Nantes
13-17/12/2021	Interface bio-électronique (ecole thématique)	Axe Objets connectés	Paris
2022 (S1)	Animations	Organisateurs	Lieu
9/3/2022	IA Edge et IA IoT	Axe IA et systèmes embarqués	Visioconférence
31/3/2022	L'énergie pour les objets connectés : de la récupération à la gestion	Axe Circuits et Systèmes AMS/RF	Nancy
1/4/2022	LLVM pour les nuls	Axe Méthodologies et outils	Visioconférence
7/7/2022	Calcul Scientifique Accéléré sur FPGA	Axe Méthodologies et outils	Gif-sur-Yvette
13-16/6/2022	Embedded Signal Processing and Machine Learning for Edge Intelligence (école thématique)	Axe Méthodologies et outils	Lorient

c. Liste des thèmes de l'année du GdR

La nouvelle structuration thématique a conduit à la mise en place d'un "thème de l'année" sur des sujets prospectifs, exploratoires et rassemblant plusieurs acteurs des différents axes. Chaque thème de l'année suit un schéma d'animation de type "étude de veille / émergence" comprenant l'organisation :

- d'une première réunion sur les objectifs de l'étude et l'identification des orateurs (automne année N-1)
- d'un nombre réduit de journées thématiques focalisées (année N)
- d'une session (au colloque) ou d'un rapport de synthèse (printemps année N+1)

Liste des thèmes de l'année :

2018	Near Sensor Computing (calcul proche capteur) <ul style="list-style-type: none"> • Kevin Martin, Lab-STICC / UBS, kevin.martin@univ-ubs.fr • Dominique Dallet, IMS / Bordeaux INP, dominique.dallet@ims-bordeaux.fr • Daniel Chillet, Inria-Irisa / Université de Rennes 1, daniel.chillet@irisa.fr • François Berry, Institut Pascal / Université Clermont Auvergne, francois.berry@uca.fr <p>Avec l'avènement de l'internet des objets, la quantité de données produites par les capteurs distribués augmente fortement et il faut alors envisager des traitements au plus proche de la source des données pour ne faire remonter vers un point centralisé que des informations sémantiques utiles à une prise de décision ou à un traitement global. Ceci évite d'encombrer les bandes spectrales de communication, réduit la latence de décision et rend moins vulnérables aux attaques les informations. Cependant, le calcul proche capteur est contraint par des limites : l'énergie embarquée et les ressources matérielles (mémoire, puissance de calcul) qui sont très précieuses. De nouvelles technologies et architectures, et de nouveaux paradigmes sont nécessaires.</p>		
Date	Animations	Organisateurs	Lieu
08/11/2017	JT Near Sensor Computing	GdR SoC ² GT Thème de l'Année Near Sensor Computing	Paris (Cité Internationale et Collège d'Espagne)
09/11/2018	JT Vision et Camera Intelligentes	GdR SoC ² GT Thème de l'Année Near Sensor Computing GdR ISIS	Paris (Cité Internationale et Collège d'Espagne)
30/5/2018	<i>Special session on Near-sensor computing ISCAS 2018</i>	<i>GdR Soc² GT Thème de l'année Near Sensor Computing</i>	<i>Florence, Italie</i>

2019	Machine Learning et SoC² <ul style="list-style-type: none"> • François Berry, Institut Pascal / Université Clermont Auvergne, francois.berry@uca.fr • Gilles Sassatelli, LIRMM / CNRS, sassatelli@lirmm.fr <p>L'Intelligence Artificielle est l'une des sciences qui marquera le plus profondément ce siècle, l'humanité progressant à pas de géants dans ce domaine. Les progrès incessants en apprentissage statistique par exemple catalysent et ouvrent des perspectives nouvelles dans tous les champs disciplinaires comme les sciences humaines et sociales, la biologie, l'environnement, la médecine etc. L'avènement de l'IA telle qu'on la connaît aujourd'hui mais également les progrès ininterrompus en apprentissage sont intimement liés à la disponibilité d'architectures de calcul toujours plus performantes. Travailler sur des technologies de rupture permettant l'augmentation sensible de l'efficacité énergétique de l'implantation de tels algorithmes constitue un défi de premier plan non seulement pour des applications embarquées mais également dans le but de réduire l'empreinte carbone préoccupante de ces technologies. Au-delà des aspects architectures matérielles et logicielles, l'ensemble des thèmes du GdR SoC² témoignent des bouleversements profonds induits par l'IA, au niveau par exemple des méthodologies exploitant l'IA, des systèmes cyber physiques, de la sécurité, des technologies émergentes pour le neuromorphique, etc.</p> <p>Le thème de l'année 2019 a abordé cette question avec pour point de départ une consultation large qui a permis de cartographier les recherches réalisées à l'interface entre l'IA et les thématiques du GdR SoC². Sur cette base un plan d'animation a été établi, laissant une large part à des interventions extérieures vouées à sensibiliser et ouvrir de nouvelles perspectives de recherche.</p> <p>Cette initiative a été prolongée à travers un exposé invité de Marc Duranton (CEA Fellow et rédacteur de la roadmap du réseau européen HIPEAC) lors du colloque national de l'année 2019. Devant l'engouement rencontré et l'importance toujours croissante que l'IA revêt au sein du GdR SoC², ce thème a été transformé en axe transverse pérenne en 2020. Ce thème a réalisé une cartographie des forces actives des laboratoires membres du GdR dans ce domaine (présentée en annexe). Le GdR SoC² a également contribué à un séminaire thématique du CS de INS2I le 22 septembre 2020 "Systèmes et architectures intégrés matériel-logiciel pour l'Intelligence Artificielle".</p>		
Date	Animations	Organisateurs	Lieu
05/04/2019	Architectures de calcul pour le Machine Learning	Axes Calcul Embarqué Haute Performance, Thème de l'année 2019 - Machine Learning et SoC ² , GdR ISIS	Paris
22/05/2019	Outils, technologies et composants pour l'IA	Axe Thème de l'année 2019 - Machine Learning et SoC ² , GdR BioComp, GdR ISIS	Paris
16/05/2019	Sécurité, fiabilité et test dans l'ère de l'IA	Axes Sécurité et intégrité de systèmes, Thème de l'année 2019 - Machine Learning et SoC ²	Paris
2020-2021	Sustainable SoC <ul style="list-style-type: none"> • Nathalie Deltimple, IMS / Bordeaux INP, nathalie.deltimple@ims-bordeaux.fr • Abdoulaye Gamatié, LIRMM / CNRS, Abdoulaye.Gamatie@lirmm.fr • Andrea Pinna, LIP6 / Sorbonne Université, Andrea.Pinna@lip6.fr <p>La question du développement durable fait déjà l'objet d'une attention dans le monde industriel du numérique. Il s'agit donc de recueillir le point de vue d'acteurs du domaine, car les chercheurs du GdR SoC² sont au quotidien en prise direct avec l'industrie des semi-conducteurs et plus largement des systèmes embarqués. Cela devrait alimenter des échanges Systèmes embarqués et développement durable et amener à des questionnements sur les pratiques en recherche au sein du GdR, notamment en ce qui concerne les problématiques liées au développement de nouveaux matériels et leur utilisation/utilité (intégration et programmation). Plus précisément, ce groupe propose et accompagne une série de rencontres/échanges organisés en 2020 afin de sensibiliser la communauté sur les enjeux environnementaux de la fabrication des équipements numériques, leurs usages et le recyclage des déchets électroniques. La consommation énergétique, l'émission des gaz à effet de serre et les conflits d'accès aux ressources naturelles inhérents au développement irrésistible du numérique imposent une prise de conscience collective.</p>		
Date	Animations	Organisateurs	Lieu
24/6/2020	Sustainable SoC	Axe Thème de l'année 2020 - Sustainable SoC	Visioconférence
2/10/2020	Journée avec les industriels - SoC et le développement durable	Axe Thème de l'année 2020 - Sustainable SoC	Visioconférence
11/2020	Transport intelligent et architectures	Axes Objets Connectés, Thème de l'année - Sustainable SoC, IA et systèmes embarqués	Versailles (locaux Védécom)
12/2020	Calcul et durée de vie des composants	Axes Thème de l'année 2020 - Sustainable SoC, Calcul Embarqué haute performance	

15/1/2021	L'industrie des composants microélectroniques et les impacts environnementaux	Axe Thème de l'année 2021 - Sustainable SoC	Visioconférence
-----------	---	---	-----------------

4. Missions transversales

Des missions transversales aux groupes de travail contribuent à soutenir les activités d'animation de la communauté du GdR SoC². Plusieurs chantiers de développement du GdR ont été lancés pendant la période quinquennale, et seront décrits dans les paragraphes suivants. Les réunions mensuelles du comité de suivi ont permis de contrôler leur avancement et de refixer les objectifs.

L'équipe de direction a mis en place les chantiers suivants :

En 2017 :

- Colloque 2017 (correspondant : Cristell Maneux, IMS)
- ANR (correspondant : Philippe Coussy, Lab-STICC)
- Club des partenaires (correspondants : responsables du Club des partenaires - Guy Gogniat, Lab-STICC ; Dominique Dallet, IMS ; Bertrand Granado, LIP6)
- International (correspondante : Cristell Maneux, IMS)

En 2018 :

- Colloque 2018 (correspondant : Bertrand Granado, LIP6)
- Partenariat / Club des partenaires (correspondants : Sébastien Pillement, IETR et les responsables du Club des partenaires - Guy Gogniat, Lab-STICC ; Dominique Dallet, IMS ; Bertrand Granado, LIP6)
- International (correspondant : Cristell Maneux, IMS)
- Fiche d'aide à l'organisation des actions d'animation (correspondant : Sébastien Pillement, IETR)
- Classement des publications (correspondants : Patrick Girard, LIRMM ; Olivier Sentieys, IRISA)

En 2019 :

- Colloque 2019 (correspondant : Arnaud Virazel, LIRMM) et Colloque 2020 (correspondant : Maxime Pelcat, IETR)
- Partenariat / Club des partenaires (correspondants : Sébastien Pillement, IETR et les responsables du Club des partenaires - Guy Gogniat, Lab-STICC ; Dominique Dallet, IMS ; Bertrand Granado, LIP6)
- Communication (correspondant : Patrick Girard, LIRMM)
- Conjoncture, LPPR (correspondant : Ian O'Connor, INL)
- Initiative Microélectronique du CNRS (Direction des Relations avec les Entreprises) – Groupe de Travail GT1 Conception / Architectures / Logiciels / Systèmes Embarqués (correspondant : Ian O'Connor, INL)

En 2020 :

- Partenariat / Club des partenaires (correspondants : Sébastien Pillement, IETR et les responsables du Club des partenaires - Guy Gogniat, Lab-STICC ; Dominique Dallet, IMS ; Bertrand Granado, LIP6)
- Communication (correspondant : Patrick Girard, LIRMM)
- Prospective (correspondant : Ian O'Connor, INL)

En 2021 :

- Colloque 2021 (Maxime Pelcat, IETR)
- Partenariat / Club des partenaires (correspondants : Sébastien Pillement, IETR et les responsables du Club des partenaires - Guy Gogniat, Lab-STICC ; Dominique Dallet, IMS ; Bertrand Granado, LIP6 ; Nicolas Ventroux, Thales TRT)
- Concours national RISC-V (correspondant : Sébastien Pillement, IETR)
- Comité Stratégique de Filière Électronique (correspondants : Cristell Maneux, IMS ; Sébastien Pillement, IETR)
- Intelligence Artificielle (correspondant : Gilles Sassatelli, LIRMM)
- Communication (correspondant : Patrick Girard, LIRMM)
- Prospective (correspondant : Ian O'Connor, INL)
- Circuits Multi-Projet (correspondant : Ian O'Connor, INL)
- Implication PEPR (correspondant : Ian O'Connor, INL)

Dans les paragraphes suivants, nous donnons un aperçu des activités menées dans chaque chantier tout au long de ce mandat.

a. Communication

La communication de l'information joue naturellement un rôle central au sein du GdR. Elle peut être externe, pour donner des informations sur le GdR vers l'extérieur, ou interne, entre les membres du GdR. Cette communication interne peut être descendante, lorsqu'il s'agit de diffuser des informations à l'ensemble de la communauté, ou ascendante, lorsqu'un membre de la communauté souhaite faire remonter une information à diffuser ou une demande. Au-delà, des services de partage d'information et de documents permettent de soutenir les activités des axes scientifiques.

Site web

Le site web est le principal support de communication externe et interne. Le nouveau site web du GdR est opérationnel depuis mi-2016, <http://gdr-soc.cnrs.fr>. Outre l'affichage d'informations comme le contenu scientifique du GdR et les annonces de journées thématiques, il comprend une interface pour s'inscrire au GdR. Le site web, recense 951 inscrits, il est géré par l'équipe de communication du GdR SoC² sous la responsabilité de Bertrand Granado (LIP6). De nouveaux services ont été intégrés en cours de mandat, comme l'annonce de nouvelles journées thématiques, l'annonce d'événements scientifiques autour des domaines du SoC², l'accès aux listes de diffusion, la cartographie des laboratoires, ...



Liste de diffusion

Une liste de diffusion, de 951 inscrits, dont les membres des comités d'animation et stratégique sont émetteurs, sert à envoyer aux membres du GdR, par courrier électronique, des informations sur les activités proposées par le GdR : journées thématiques, colloque, écoles thématiques, ...

Bulletin hebdomadaire

Le site web et la liste de diffusion soutiennent la communication descendante du GdR vers ces membres. Réciproquement, les membres du GdR peuvent porter des informations sur la vie de la communauté à la connaissance des autres membres du GdR : appels à contribution à des revues du domaine, appels à communication et à participation à des conférences et workshops, séminaires, soutenance de thèse, offres de thèses et de post-docs ... Ainsi le site permet aux membres de déposer des annonces qui sont ensuite collectées et réunies par Patrick Girard (LIRMM) dans un Bulletin envoyé chaque semaine par courrier électronique aux membres du GdR. Ce moyen de diffusion permet d'informer la communauté tout en limitant le flux de mails envoyé aux membres.

Réseaux sociaux

Un groupe [LinkedIn](#) de 191 followers a aussi été créé, les annonces publiées sur le site Web sont automatiquement reprises sur ce groupe et les followers peuvent aussi y ajouter leurs propres publications.

Sur le même modèle un groupe [Twitter](#) (@GdrSoc2) a été créé, avec 87 abonnés.

Chaîne YouTube

Afin de renforcer la présence virtuelle du GdR en prenant en compte les pratiques de la recherche collaborative post-pandémique, nous avons mis en place une [chaîne YouTube dédiée au GdR SoC²](#). Les premières vidéos concernent les vidéos enregistrés lors du colloque 2021, complétées par celles des journées maintenues en format distanciel.

Autres moyens de communication

Outre le travail en continu pour mettre à jour les supports de communication du GdR SoC² (flyer, site web, réseaux sociaux LinkedIn et Twitter), le GdR a contribué à l'élaboration du livret des GdRs de l'INS2I en 2021. Nous avons également participé à la présentation des thématiques présentes à l'INS2I en rédigeant un paragraphe décrivant les SoC. Le logo du GdR SOC² a également été refait avec le concours du service communication du CNRS et en ligne avec sa politique d'harmonisation des logos.

b. Classement des publications

Le GdR tient à jour une identification des journaux et conférences du domaine, ainsi que de leur importance pour la communauté, leur qualité et leur impact. Ce bilan a un double rôle : clarifier aux instances externes à la communauté l'importance et la qualité relatives des différents canaux de dissémination scientifique du domaine d'une part ; et orienter la valorisation scientifique des membres du GdR vers les journaux et conférences de qualité. Olivier Sentieys (IRISA) et Patrick Girard (LIRMM) sont chargés de maintenir la liste du classement à jour pour refléter l'évolution du domaine et de la communauté. La dernière version du document Classement des Publications (2018) est donnée en annexe.

c. Relations internationales

Le GdR se doit d'intégrer une articulation avec la recherche à l'échelle européenne voire internationale. D'une part, les échanges internationaux enrichissent naturellement les travaux scientifiques du GdR. D'autre part, l'évolution des politiques de financement de la recherche conduit à orienter les équipes vers l'Europe.

Un chantier sur les projets internationaux type H2020 a été mis en place dès septembre 2017, mené par Cristell Maneux (IMS). Son objectif a été de favoriser et de stimuler la participation des membres du GdR SoC² au montage de projets collaboratifs à l'échelle européenne. Un groupe de travail international (GTI) a été finalisé fin novembre 2017. Coordonné par Cristell Maneux (IMS), il est constitué de Damien Querlioz (C2N), Olivier Sentieys (IRISA), Frédéric Rousseau (TIMA), Antoine Frappé (IEMN) et Sylvain Bourdel (IMEP-LaHC). La mise en œuvre s'est déroulée selon une méthodologie et un calendrier que l'on peut résumer en 3 grandes étapes.

- Étape 1 : Cartographie et état des lieux des dépôts de projet et participation des laboratoires du GdR aux projets européens (dans les domaines relevant du périmètre scientifique du GdR). En tout, 47 laboratoires ont participé à cette enquête simplifiée. Une des conclusions de cette cartographie est que 50% des réponses aux appels à projets thématiques sont orientés vers le call H2020 ICT. Cette confirmation a conforté l'orientation du choix des futurs appels à projets présentant un fort intérêt pour les membres du GdR SoC².
- Étape 2 : Le groupe de travail constitué a travaillé à identifier les futurs appels à projet. L'analyse croisée de la cartographie nationale et des appels à venir a permis de mettre en évidence les points forts nationaux et les opportunités H2020. Conformément aux résultats de l'enquête, le groupe de travail s'est concentré sur les appels centrés sur "Information and Communication Technologies" H2020 ICT en 2019 et 2020. Après une analyse des attendus de chaque appel, 11 appels à projet ont fait l'objet d'une analyse approfondie.
- Étape 3 : Restitution finale du chantier international lors du Grand Colloque du GdR SoC², à Paris en juin 2018. Cette restitution a également été l'occasion de mieux faire connaître les dispositifs français d'accompagnement de dépôts de projet européens.

Depuis la restitution en juin 2018, le chantier international se poursuit selon deux autres modes d'action : l'un orienté vers les membres de la communauté, l'autre vers les instances françaises et européennes. Le chantier international a débouché sur une identification des appels EU intéressants pour la communauté qui sont accessible sur le site web aux membres du GdR. Le rapprochement du GdR SoC² avec les pôles de compétitivité qui lui sont naturellement proches pour mieux identifier les thématiques émergentes stratégiques vers lesquelles orienter les futurs appels européens.

d. Partenariats du GdR

Comme évoqué et depuis sa création le GdR est lié formellement ou informellement à de nombreux partenaires, dont les principaux sont les laboratoires et les industriels des domaines de compétences du GdR. Pendant la période quinquennale 2018-2022, le GdR s'est efforcé d'améliorer sa visibilité et ses relations institutionnelles avec les instances d'une part (Instituts CNRS, MESR, CES ANR, CNU, CoNRS ...), et avec les autres acteurs scientifiques du domaine, comme les autres GdR, les pôles de compétitivité et les Instituts de Recherche Technologies d'autre part.

Le chantier partenariat (responsable : Sébastien Pillement, IETR) a été établi pour structurer les actions du GdR avec les divers acteurs / organismes du paysage nationale de l'enseignement supérieur et de la recherche ainsi que du monde socio-économique. Un groupe de travail s'est constitué début 2019 composé des membres suivants :

Nom	Affiliation
Jalil Boukhobza	Lab-STICC
Dominique Dallet	IMS
Sébastien Faucou	LS2N
Fakhreddine Ghaffari	ETIS
Patrick Girard	LIRMM
Guy Gogniat	Lab-STICC
Bertrand Granado	LIP6
Slavisa Jovanovic	IJL
François Leroy	Safran
Cristell Maneux	IMS
Florence Maraninchi	Verimag
Ian O'Connor	INL
Sébastien Pillement	IETR
Martin Rayrole	Thales
Mathieu Thévenin	CEA LIST
François Verdier	LEAT

Les actions identifiées portent sur :

- la réalisation de cartographies des compétences ;
- la mise en place de canaux de communication :
 - lieux d'échange pour le montage de projets par exemple ;
 - diffusion des informations (AAP, calendrier animation à n mois avant le dépôt des propositions) ;
 - lister des projets en cours ;
 - réseaux sociaux, forums ;
- la co-organisation de journées de mise en relation ;
- la co-organisation de journées scientifiques ;
- la programmation de la recherche - journées de réflexion pour élaborer des sujets d'intérêt national – PCN.

Club des partenaires

Le premier résultat de ce chantier partenariat est la création en 2021 du club des partenaires qui est détaillé dans la section 2.e.

Rapports de conjoncture et de prospective

Au-delà de cette structure le GdR à tisser des liens forts avec les instances nationales de la recherche. Ainsi pour le CNRS nous avons participé à différentes actions autour de l'IA embarqué par exemple mais nous avons surtout réalisé en en 2019 et en 2022 des **rapports de conjoncture** proposés aux deux instituts INSIS et INS2I. Ce rapport a permis aussi une présentation de prospective auprès du CoNRS section 7 pour identifier des sujets d'importances autour des compétences du GdR.

De juillet 2020 à mars 2021, le GdR SoC² a mené des réflexions conduisant à la rédaction d'un **rapport prospective**. Ce rapport, rédigé à la demande du CNRS, décrit la vision du GdR SoC² sur les évolutions attendues dans la prochaine décennie des domaines couverts par le périmètre scientifique du GdR (system-on-chip, systèmes embarqués et objets connectés). Il s'agit d'un rapport stratégique et important permettant d'effectuer une analyse du domaine et de formuler des recommandations pour la politique scientifique du CNRS (postes, instruments, soutien, articulation avec l'Europe ...)

Ce rapport est le fruit de réflexions initiées au sein du GdR en juillet 2020. Un processus de sondage a permis aux responsables d'axe d'identifier des thématiques : celles en émergence, celles qui sont existantes et fortes, et celles ne présentant plus de véritables verrous scientifiques.

Ces visions ont été présentées en novembre 2020 devant les comités stratégique et d'animation du GdR SoC² ainsi que devant des personnalités externes (représentants d'acteurs industriels / proche industrie du domaine dans le paysage national - Thales, Safran, CEA, Inria ...), permettant de recueillir des retours et d'enrichir ainsi l'analyse prospective.

La phase finale de rédaction du rapport et des recommandations s'est appuyée sur les analyses et les échanges avec les comités et les personnalités externes. Nous avons à cœur de pointer les forces et les faiblesses de la recherche académique dans notre domaine en France, et d'associer à cette analyse des recommandations pour renforcer, soutenir, rendre plus efficaces nos recherches, aussi bien en France que dans le contexte du nouveau programme cadre Horizon Europe.

Ce rapport, de 58 pages, est structuré en trois parties :

- une courte présentation du GdR et de ses missions pour situer le contexte du rapport
- une analyse prospective des domaines scientifiques couverts par le GdR à l'horizon 2030
- un résumé des principales conclusions et des recommandations

Le rapport a été soumis aux instituts tutelles du GdR en mars 2021.

Ces réflexions ont alimenté le projet du GdR détaillé dans la deuxième partie de ce document. Ce travail de liaison a permis aussi au GdR d'être identifié par le MESR comme interlocuteur autour de la conception de circuit.

ANR

Du point de vue de l'ANR les membres du GdR sont fortement impliqués dans les actions de l'ANR. Ainsi plusieurs membres du GdR sont responsables de CES, et nous encourageons les collègues à participer aux évaluations des projets. Cette implication a permis aussi de faire réapparaître des thématiques fortes du GdR dans les appels à projet de l'ANR. Afin de stimuler la participation des membres du GdR aux AAP de l'ANR, nous avons également rédigé une note portant sur les bonnes pratiques de montage de propositions ANR.

Partenaires socio-économiques

Au-delà des institutions nous avons aussi renforcé nos liens avec le monde sociaux-économique en développant nos relations avec les IRT et en premier lieu l'IRT Saint Exupéry. Ces relations ont permis d'organiser des actions spécifiques en lien avec des besoins industriels. Dans ce cadre nous sommes aussi membre de Embedded France et par ce biais nous avons pu participer aux groupes de travail de la filière stratégique de l'électronique.

Comité Stratégique de Filière Électronique

Le GdR a participé à deux volets du comité stratégique de filière (CSF) Électronique en 2020-2021. Dans le volet Innovation et IA embarquée (représentant GdR SoC² : Sébastien Pillement), les actions ont couvert la stratégie d'accélération Électronique / Intelligence Artificielle, le plan de relance. Dans le volet Formation (représentant GdR SoC² : Cristell Maneux), les actions ont porté sur le chantier "Attractivité" et l'élaboration d'un kit de communication finalisé en septembre 2021.

Concours RISC-V

Le GdR a également participé, avec le CNFM et Thales TRT, au montage d'un **concours national portant sur la conception matérielle open-source** (<http://web-pcm.cnfm.fr/1st-national-risc-v-student-contest/>). Bien qu'à destination d'équipe d'étudiants de niveau Master inscrits dans les établissements d'enseignement supérieur, le sujet est d'un intérêt majeur pour la recherche nationale car relevant d'une tendance lourde dans l'industrie des systèmes embarqués vers la souveraineté nationale et européenne. Le rôle du GdR SoC² est de participer à la rédaction du sujet du concours, diffuser l'annonce à l'ensemble des membres du GdR, puis de participer au jury du concours qui est prévu en juin en marge du colloque du GdR. Suite à la pré-annonce diffusée en septembre 2020, **l'édition 2021 du concours s'est lancée avec 13 équipes participantes** des établissements d'enseignement supérieur répartis sur toute la France. **5 équipes ont soutenu** devant un jury composé de représentants du GdR, du CNFM et de Thales, pour identifier **2 finalistes** et enfin décerner le prix (financé par Thales TRT) à une équipe lors du colloque national. Nous en sommes à la **deuxième édition** en 2022 et qui aura impliqué une centaine d'étudiants et 15 Universités autour de la thématique de l'optimisation de circuits.

Intelligence artificielle

Suite à la contribution du GdR SoC² à un séminaire thématique du CS de INS2I le 22 septembre 2020 "Systèmes et architectures intégrés matériel-logiciel pour l'Intelligence Artificielle", le GdR a rédigé un rapport, à la demande du CNRS-INSIS, portant sur les liens entre l'IA et les nanotechnologies. Ce rapport, de 9 pages et soumis en janvier 2021, est structuré en challenges :

- Souveraineté, sécurité, safety, confidentialité, défis éthiques
- Efficacité énergétique / développement durable
- IA "extrême" (beyond CMOS)
- Interface IA/humain "augmenté" (capteurs)
- IA assistance (CAO)

Circuits multi-projet

Le GdR SoC² a appris la possible fermeture de l'UAR CMP (Circuits Multi-Projets) à la fin de l'année civile 2021. En raison de sa place fondamentale dans le paysage national de l'enseignement et de la recherche en micro- et nanoélectronique, le GdR a rédigé deux lettres (en juin, à destination d'INSIS ; et en novembre, à destination d'INS2I, d'INSIS, et du ministère) pour alerter les instances nationales sur les conséquences désastreuses d'une disparition des services proposées par le CMP sur le paysage national de recherche en microélectronique. Le GdR est à disposition des tutelles pour échanger sur de possibles solutions afin de construire une alternative au CMP sur des bases viables avant d'arrêter le service dans son organisation actuelle, sachant que le capital immatériel en termes de compétences, de visibilité et de réseau de partenaires académiques et industriels que possède aujourd'hui le CMP serait long voire impossible à reconstruire.

PEPR (Programmes et équipements prioritaires de recherche)

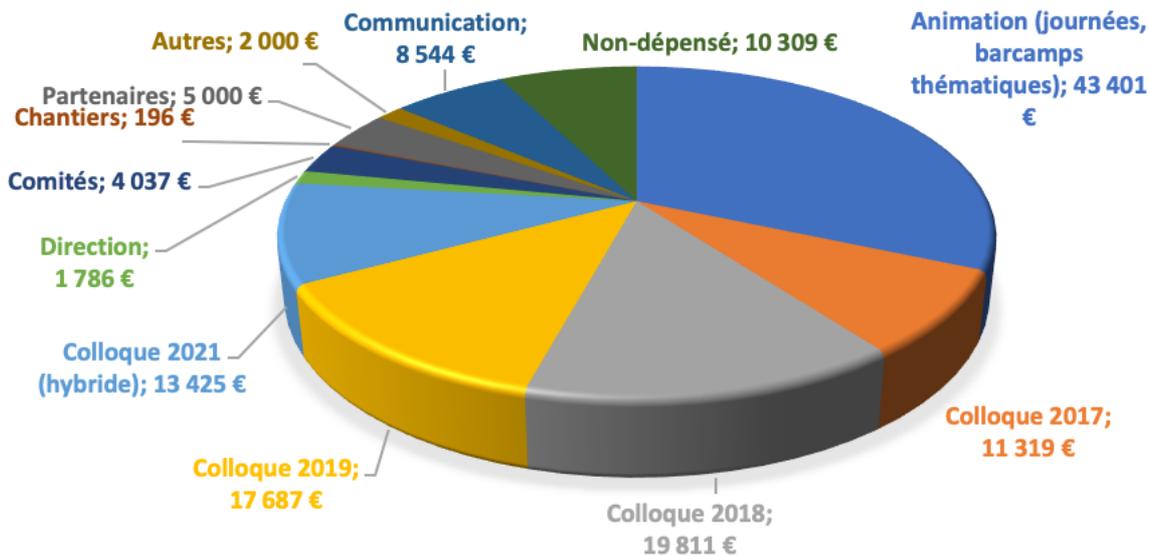
Le GdR SoC² a contribué aux réflexions sur l'élaboration des PEPR 5G (proposition de porteurs de projets cibles), Electronique (interaction avec les porteurs du PEPR pour élaborer une stratégie concernant l'articulation entre technologies et conception), IA (envoi de lettre d'intention, intégration du comité d'experts).

5. Bilan financier

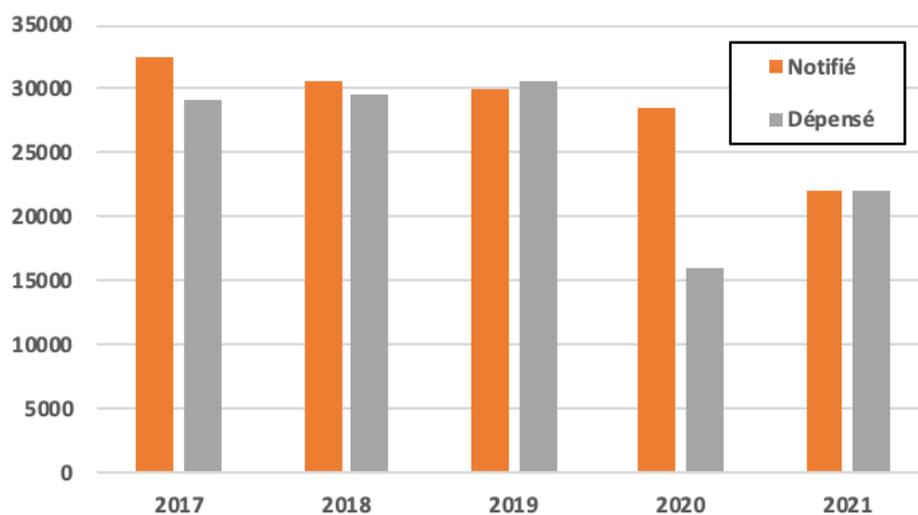
Une analyse des dépenses FEI (Fonctionnement, Equipement, Investissement) des années 2017-2021 permet d'établir un total dépensé de 127206€ sur la période. Le détail de ce bilan financier est le suivant :

Nature de dépense	Montant cumulé (2017-2021)
Animation (journées et barcamps thématiques)	43401€
Colloque 2017	11319€
Colloque 2018	19811€
Colloque 2019	17687€
Colloque 2021 (hybride)	13425€
Direction	1786€
Comités	4037€
Chantiers	196€
Partenaires	5000€
Autres	2000€
Communication	8544€
Non-dépensé (2020)	10309€

Décomposition des dépenses GdR SoC² 2017-2021 (globalisées sur la période) :



Évolution des crédits notifiés et des dépenses par année du GdR SoC² 2017-2021 :



Projet du GdR SoC² 2023-2027

Le GdR SoC² se veut la structure d'animation scientifique de la communauté systèmes embarqués, objets connectés, conception d'architectures et de circuits intégrés, et logiciel embarqué. Son rôle est d'aider la structuration de la recherche et l'identification des synergies communes en regroupant l'ensemble des forces dans les disciplines couvertes par le GdR. Il doit ainsi avoir un rôle moteur pour faire émerger des projets multidisciplinaires, amplifier les actions de recherche en cours, soutenir les jeunes chercheurs et enseignant-chercheurs du domaine en les aidant à exprimer pleinement leur potentiel, faciliter l'émergence de nouvelles thématiques de recherche particulièrement porteuses, mais aussi défendre les spécificités et les enjeux scientifiques de nos disciplines auprès des institutions et des organismes de financement.

Le projet du GdR s'appuie sur la structuration actuelle avec des ajustements à la marge. Le GdR est ainsi structuré :

- en 3 axes thématiques, qui permettent d'assurer la visibilité des disciplines principales de la communauté, couvrant les aspects physique, architecture et logiciel :
 - Calcul Embarqué Haute Performance ;
 - Circuits et Systèmes AMS&RF (circuits analogiques, mixtes et radiofréquence) ;
 - Systèmes robustes fiables et sécurisés
- et en 4 axes transversaux qui impliquent des travaux pluridisciplinaires aux interfaces définissant les aspects usages et besoins des applications futures. Ainsi, il s'agit
 - des grands domaines applicatifs des objets connectés autour desquels se développent aussi des recherches à caractère fondamental ;
 - des méthodologies de conception pour maîtriser ces objets d'une complexité grandissante;
 - des technologies et paradigmes émergents du futur qui représentent de nouvelles opportunités pour les architectures matérielles de calcul, de mémorisation, d'acquisition, de transmission et de restitution de l'information.
 - de l'intelligence artificielle et des systèmes embarqués

Les objectifs du GdR, pour le quadriennal 2023-2027 sont nombreux. Il s'agira tout d'abord de maintenir le niveau des activités d'animation à l'échelle nationale pour assurer la cohésion de la communauté avec une équipe d'animation. Nous poursuivrons l'animation sous la forme déjà établie des journées thématiques, des barcamps et des thèmes de l'année, en renforçant la co-organisation avec les acteurs socio-économiques et le club des partenaires pour consolider les interactions partenariales. La connexion de la communauté nationale avec celles dans les pays voisins européens, dont une première action s'est concrétisée avec le réseau HiPEAC, sera renforcée. Une attention particulière sera également portée sur la participation des doctorants aux actions d'animation et au colloque annuel pour contribuer à leur formation doctorale, à leur appropriation de l'état de l'art et des avancées récentes, et également pour renforcer leur appartenance à la communauté. De plus, nous organiserons des journées d'accueil et d'intégration de nouveaux MCF et CR avec des actions de parrainage pour permettre aux jeunes chercheurs et enseignant-chercheurs d'identifier leur communauté à l'échelle nationale, les connexions possibles avec les partenaires et avec les communautés à l'échelle européenne. Enfin, nous chercherons à identifier à mi-mandat les futurs leaders de la communauté académique du domaine SoC² pour accompagner la construction du projet du GdR au-delà du mandat 2023-2027.

Le GdR assurera toujours la pérennité des actions engagées comme le classement des publications et le club des partenaires pour concrétiser la forte interaction du GdR avec le monde socio-économique. En interne, les liens de la communauté seront renforcés autour des "thèmes de l'année", ainsi que des actions de brainstorming et de réseautage centrées sur les projets scientifiques. Le GdR se

positionne comme un point d'entrée pour les domaines de recherche de son périmètre et poursuivra le renforcement des liens formels avec les organismes, les industriels et les instances connexes (pôles de compétitivité, Instituts de Recherche Technologique, CEA, CNFM, Embedded France, sections CNU, CoNRS, ANR) avec lesquels nous partageons des problématiques ou outils communs, et veillera à créer et à favoriser les liens avec d'autres disciplines à travers les GdRs connexes.

De plus, le GdR portera des actions de prospective (veille scientifique, expertise auprès des instances, contribution à la stratégie nationale de la recherche, identification des besoins de création de groupes de travail sur des enjeux scientifiques émergents et sur les grands défis sociétaux). Dans cette période quinquennale, le GdR veillera à s'ouvrir aux grands enjeux sociétaux comme la conception verte et les usages, au sens sociologique. Ainsi nous travaillerons à établir des liens directs sur l'impact de nos technologies sur l'environnement et leur acceptabilité par les usagers.

Le GdR suivra et accompagnera avec attention les fortes mutations du contexte national et international. Il prendra pleinement sa place dans les projets et discussions autour de ses thématiques et continuera de promouvoir une recherche collaborative et partenariale avec l'ensemble des partenaires du domaine.

En effet, les domaines SoC² se situent dans un contexte très dynamique. La pandémie mondiale COVID-19, le réchauffement climatique et l'épuisement des ressources, la situation géopolitique de plus en plus instable, ont révélé des insuffisances chroniques à l'échelle européenne dans le domaine des semi-conducteurs, des processeurs et des infrastructures de calcul au sens large. Il s'agit d'une réalité, avec un risque non négligeable d'une pénurie, non pas temporaire mais durable.

Aujourd'hui émerge une prise de conscience du besoin urgent de rétablir une souveraineté européenne et un écosystème plus robuste dans ces domaines, en lien avec les acteurs économiques, établissements de formation et recherche, structures de valorisation. Plusieurs initiatives sont en passe de voir le jour (EU Chips Act ; investissements Intel en Europe et la création d'un centre R&D sur le design de processeurs, IA et HPC à Saclay ; stratégies d'accélération incluant les PEPRs Electronique, IA, Cloud, Cybersécurité, 5G à l'échelle nationale) et renforcent les initiatives existantes (European Processor Initiative, European Technology Platform for High Performance Computing (ETP4HPC), Cyber Physical Systems for EU (CPS4EU), Digital Innovation Hubs (DIH) ...) ainsi qu'un écosystème naissant (Kalray, SiPearl, GreenWaves Technologies ...). Ainsi, de gros investissements sont prévus pour hisser à 20% de part de marché la production micro-électronique européenne. Une activité se basant sur ce renforcement technologique sera alors une plus-value indéniable aux développements de composants et technologies européennes. Néanmoins, la situation est extrêmement fragile, volatile et assujetti à une rude concurrence internationale, que l'on peut mesurer par la part très faible de sociétés européennes dans le domaine de la conception "fabless". Il convient de renforcer significativement les activités dans ce domaine pour assurer le positionnement légitime de la France et s'appuyant sur les forces en présence sur le territoire – académiques, institutionnelles et socio-économiques.

Si le constat est clairement établi sur le plan macro-économique, il n'en reste pas moins que les forces en présence en recherche en France, malgré une dynamique certaine, reposent sur quelques laboratoires. De plus il subsiste parfois une incompréhension entre technologie (qui est essentielle) et conception de circuits et systèmes intégrés. Cette thématique, qui a vu le jour dans les années 80, avec un plan stratégique de l'état, avec le fléchage de moyens, de postes dans les Universités et organismes de recherche a permis alors d'accompagner une démarche recherche publique-industrielle innovante. Sans revenir sur l'histoire, les forces sont actuellement réparties sur plusieurs organismes de recherche (plusieurs sections), plusieurs sections disciplinaires dans les Universités, diluant ainsi la visibilité et la dynamique de la communauté.

Aujourd'hui, il est indispensable que ce la recherche académique dans ce domaine soit soutenue et bien en phase avec les problématiques du monde socio-économique pour être à la hauteur des ambitions futures nationales et européennes. L'objectif doit donc être de renforcer et de rendre lisibles des activités de recherche indispensables pour accompagner la recherche, l'innovation, la formation initiale et continue dans ce secteur.

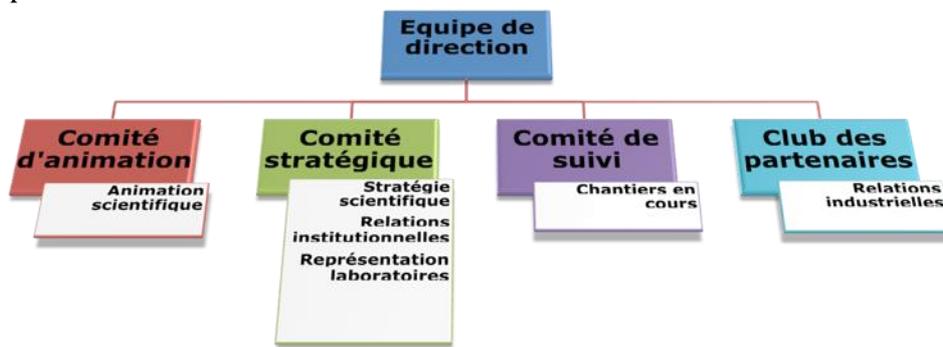
1. Organisation et pilotage du GdR

Le GdR est organisé autour de quatre piliers, qui sont présentés successivement : la gouvernance, l'animation scientifique, les missions transversales et les partenaires.

2. Gouvernance

La structure de gouvernance du GdR SoC² comprend :

- L'Equipe de direction
- Le Comité d'animation
- Le Comité stratégique
- Le Comité de Suivi
- Le Club des partenaires



a. Equipe de direction

Le GdR SoC² est dirigé par un directeur, assisté par deux directeurs-adjoints et un sous-directeur :

- Directeur : Ian O'CONNOR (PR, Ecole Centrale de Lyon – INL)
- Directeur adjoint : Patrick GIRARD (DR, CNRS – LIRMM)
- Directrice adjointe : Cristell MANEUX (PR, Université de Bordeaux – IMS)
- Directeur adjoint : Sébastien PILLEMENT (PR, Ecole Polytechnique Université de Nantes – IETR)



Directeur :
 Ian O'Connor, INL (INSIS-08)
 PR 63ème section



Directeur adjoint :
 Patrick Girard, LIRMM (INS2I-07)
 DR CNRS section 07



Directrice adjointe :
 Cristell Maneux, IMS (INSIS-08)
 PR 63ème section



Directeur adjoint :
 Sébastien Pillement, IETR (INSIS-08)
 PR 61ème section

- Soutien administratif : Patricia DUFAUT (INL UMR CNRS 5270)

Les membres de la direction se concertent au moins une fois par mois par téléconférence, téléphone ou mail, ils se réunissent à l'occasion d'évènements de la communauté. Ils interagissent avec les autres comités du GdR et notamment les responsables des axes thématiques et transversales ainsi que les responsables du Club des Partenaires, et représentent le GdR auprès des Instituts INSIS et INS2I du CNRS, notamment aux Journées annuelles des DUs INSIS et INS2I, ainsi qu'aux Journées des Directrices et des Directeurs de GdR INS2I.

b. Comité d'animation

Le Comité d'animation du GdR SoC² 2023-2027 comprend les membres suivants :

- le président du comité d'animation
- la direction en exercice : directeur et directeurs adjoints
- les responsables et les responsables adjoints des thèmes, et les animateurs des thématiques. Pour cette période quadriennale, la durée des mandats (responsables et animateurs) sera limitée à deux ans renouvelables, permettant de maintenir une animation dynamique.

Nom	Prénom	Laboratoire	Rôle	Axe
ALOUANI	Ihsen	IEMN	Animateur	Systèmes robustes fiables et sécurisés
BARTHELEMY	Hervé	IM2NP	Animateur	Circuits et systèmes AMS&RF
BENABDENBI	Mounir	TIMA	Animateur	Systèmes robustes fiables et sécurisés
BERDER	Olivier	IRISA	Animateur	Systèmes connectés pour les transitions
BERRY	François	Institut Pascal	Animateur	IA et systèmes embarqués
BOSSUET	Lilian	LabHC	Responsable axe	Systèmes robustes fiables et sécurisés
BOUNCEUR	Ahcene	Lab-STICC	Co-responsable	Systèmes connectés pour les transitions
CARLE	Thomas	IRIT	Animateur	Calcul embarqué haute performance
CHILLET	Daniel	IRISA	Co-responsable	Systèmes connectés pour les transitions
CHOTIN	Roselyne	LIP6	Animatrice	Méthodologies et outils
COLOMBIER	Brice	TIMA	Animateur	Systèmes robustes fiables et sécurisés
DARDAILLON	Mickaël	IETR	Co-responsable	Méthodologies et outils
DELERUYELLE	Damien	INL	Animateur	Technologies du futur
DELTIMPLE	Nathalie	IMS	Co-responsable	Circuits et systèmes AMS&RF

DESGREYS	Patricia	LTCI	Animatrice	Circuits et systèmes AMS&RF
DESNOS	Karol	IETR	Animateur	Calcul embarqué haute performance
FAUCOU	Sébastien	LS2N	Co-responsable axe	Calcul embarqué haute performance
FLOTTES	Marie-Lise	LIRMM	Animatrice	Systèmes robustes fiables et sécurisés
FRAPPE	Antoine	IEMN	Co-responsable	Circuits et systèmes AMS&RF
FRESSE	Virginie	LabHC	Animatrice	IA et systèmes embarqués
GAMATIE	Abdoulaye	LIRMM	Co-responsable	Calcul embarqué haute performance
GIRARD	Patrick	LIRMM	Directeur Adjoint	
GONNORD	Laure	LCIS	Animatrice	Calcul embarqué haute performance
KHELIF	Amine	ETIS	Animateur	Systèmes connectés pour les transitions
KLEIN	Jacques-Olivier	C2N	Co-responsable	Technologies du futur
KRITIKAKOU	Angeliki	IRISA	Animatrice	Calcul embarqué haute performance
LABRAK	Lioua	INL	Animateur	Méthodologies et outils
LARRAS	Benoît	IEMN	Animateur	IA et systèmes embarqués
LE GAL	Bertrand	IMS	Animateur	Méthodologies et outils
LE NOURS	Sébastien	IETR	Animateur	Méthodologies et outils
LORANDEL	Jordane	IETR	Animateur	Systèmes connectés pour les transitions
LOUÉRAT	Marie-Minerve	LIP6	Animatrice	Méthodologies et outils
MADEC	Morgan	ICube	Animateur	Circuits et systèmes AMS&RF
MANEUX	Cristell	IMS	Directrice adjointe	
MARCHAND	Cédric	INL	Animateur	Systèmes robustes fiables et sécurisés
MARTIN	Kevin	Lab-STICC	Co-responsable axe	Méthodologies et outils
MORIN-ALLORY	Katell	TIMA	Animatrice	Méthodologies et outils
MUKHERJEE	Chhandak	IMS	Animateur	Technologies du futur
O'CONNOR	Ian	INL	Directeur	
OUARNOUGH	Hamza	LAMIH	Animateur	Systèmes connectés pour les transitions
PELCAT	Maxime	IETR	Co-responsable	IA et systèmes embarqués
PERAIS	Arthur	TIMA	Animateur	Calcul embarqué haute performance
PHAM	Germain	LTCI	Animateur	Circuits et systèmes AMS&RF
PINNA	Andrea	LIP6	Animateur	IA et systèmes embarqués
PILLEMENT	Sébastien	IETR	Directeur adjoint	
PORTAL	Jean-Michel	IM2NP	Co-responsable	Technologies du futur
QUERLIOZ	Damien	C2N	Animateur	Technologies du futur
RIVET	François	IMS	Animateur	Circuits et systèmes AMS&RF
ROHOU	Erven	Inria	Animateur	Calcul embarqué haute performance
SASSELLI	Gilles	LIRMM	Co-responsable axe	IA et systèmes embarqués
VATAJELU	Elena Ioana	TIMA	Co-responsable	Systèmes robustes fiables et sécurisés
VINCENT	Adrien	IMS	Animateur	Technologies du futur
VIRAZEL	Arnaud	LIRMM	Animateur	Systèmes robustes fiables et sécurisés

Le Comité d'animation du GdR SoC² est chargé de coordonner scientifiquement et de planifier les actions d'animation. Il se réunit en configuration plénière tous les trois mois à l'initiative du président du comité d'animation en lien avec la direction du GdR :

- en hiver, pour faire le bilan de l'année écoulée et finaliser le programme d'animation du premier semestre
- au printemps, pour suivre la mise en œuvre du programme d'animation du premier semestre, réfléchir sur le programme d'animation du second semestre et préparer le Colloque de juin
- pendant le colloque en juin, pour finaliser du programme d'animation du second semestre et suivre les activités du GdR
- à l'automne, pour suivre la mise en œuvre du programme d'animation du second semestre et réfléchir sur le programme d'animation de l'année suivante

c. Comité stratégique

Le Comité stratégique du GdR SoC² comprend les membres suivants :

- la direction en exercice : directeur et directeurs adjoints
- les anciens directeurs du GdR SoC-SiP
- les responsables des axes
- les responsables du Club des Partenaires
- des experts scientifiques du domaine SoC².

Membres du comité stratégique :

Nom	Prénom	Laboratoire	Rôle
ANGHEL	Lorena	SPINTEC	
BELLEUDY	Cécile	LEAT	
BOSSUET	Lilian	LabHC	Co-responsable axe
BOUNCEUR	Ahcène	Lab-STICC	Co-responsable axe
CHILLET	Daniel	IRISA	Co-responsable axe
COUSSY	Philippe	Lab-STICC	
DALLET	Dominique	IMS	Club des partenaires
DARDAILLON	Mickaël	IETR	Co-responsable axe
DELTIMPLE	Nathalie	IMS	Co-responsable axe
DESGREYS	Patricia	LTCI	
FAUCOU	Sébastien	LS2N	Co-responsable axe
FRAPPE	Antoine	IEMN	Co-responsable axe
GAMATIE	Abdoulaye	LIRMM	Co-responsable axe
GARDA	Patrick	LIP6	Ancien Directeur
GIRARD	Patrick	LIRMM	Directeur
GOGNIAT	Guy	Lab-STICC	Club des partenaires
GRANADO	Bertrand	LIP6	Club des partenaires
KLEIN	Jacques-Olivier	C2N	Co-responsable axe
MANEUX	Cristell	IMS	Directrice adjointe
MARTIN	Kevin	Lab-STICC	Co-responsable axe
O'CONNOR	Ian	INL	Directeur
PELCAT	Maxime	IETR	Co-responsable axe
PETROT	Frédéric	TIMA	
PILLEMENT	Sébastien	IETR	Directeur adjoint
PORTAL	Jean-Michel	IM2NP	Co-responsable d'axe
RENOVELL	Michel	LIRMM	Ancien Directeur
ROMAIN	Olivier	ETIS	
SASSATELLI	Gilles	LIRMM	Co-responsable axe
SENTIEYS	Olivier	IRISA	
TORRES	Lionel	LIRMM	
VATAJELU	Elena Ioana	TIMA	Co-responsable axe

Il est chargé de réfléchir à la stratégie scientifique et de proposer des évolutions stratégiques permettant au GdR SoC² de mieux remplir ses missions. Cela couvre notamment l'articulation du GdR avec les instances (Instituts CNRS, MENRT, CES ANR, CNU, CoNRS ...) et avec les autres acteurs scientifiques du domaine (CEA, CMP, CNFM ...), pôles de compétitivité (Minalogic, Systematic, Aerospace valley, Images et réseaux), Embedded France, ou les clusters industriels sous la forme d'IRT ...

Il se réunit tous les 6 mois à l'initiative du directeur du GdR.

- en hiver, pour faire le bilan de l'année écoulée et définir les chantiers à mener pendant l'année
- pendant le colloque en juin, pour suivre la mise en œuvre des chantiers stratégiques, ajuster les actions et définir les priorités

d. Comité de suivi

Le Comité de Suivi du GdR SoC² comprend les membres suivants :

- la direction en exercice : directeur et directeurs adjoints
- les membres du Comité stratégique en charge des missions transversales en cours du GdR

Le Comité de Suivi contrôle et oriente l'avancement des missions transversales du GdR SoC², il se réunit 1h par mois en téléconférence, à l'initiative du directeur du GdR, pour suivre la mise en œuvre opérationnelle des décisions du comité stratégique, de l'organisation des journées thématiques et des chantiers.

e. Club des partenaires

Le Club des partenaires du GdR SoC² comprend les membres suivants :

- la direction en exercice : directeur et directeurs adjoints
- trois responsables académiques
- un représentant industriel

Nom	Prénom	Laboratoire	Rôle
DALLET	Dominique	IMS	Club des partenaires
GIRARD	Patrick	LIRMM	Sous-Directeur
GOGNIAT	Guy	Lab-STICC	Club des partenaires
GRANADO	Bertrand	LIP6	Club des partenaires
MANEUX	Cristell	IMS	Directrice adjointe
O'CONNOR	Ian	INL	Directeur
PILLEMENT	Sébastien	IETR	Directeur adjoint
VENTROUX	Nicolas	Thales TRT	Représentant industriel

Le GdR se positionne comme un point d'entrée pour le domaine de recherche dans son périmètre et renforcera les liens avec les industriels dans l'objectif de devenir l'interface naturelle INSIS et INS2I pour toute demande industrielle relevant du domaine. Le Club des partenaires permet de représenter des industriels au sein du comité stratégique du GdR et de prendre en compte leurs besoins, de donner un avis sur les thématiques et de proposer des actions d'animation sur des sujets de recherche industrielle.

Le Club des partenaires a été lancé pendant la période quinquennale précédente et les conventions avec deux partenaires sont en cours d'instruction dans les services juridiques. Le GdR SoC² poursuivra la contractualisation avec plusieurs partenaires identifiés pendant le mandat 2023-2027.

Le Club des partenaires est chargé de s'appuyer sur la convention (et de l'adapter si nécessaire) pour préparer une offre de services à destination des contacts industriels comprenant :

- l'accès aux bases de données du GdR (banque de CVs des doctorants du GdR, cartographie et annuaire des laboratoires, cartographie des formations du domaine)
- la diffusion des messages ou des offres (stage, thèse CIFRE, emploi ...) vers le GdR
- l'accès aux journées thématiques pour la veille technologique industrielle
- la participation à l'organisation d'événements de courtage ("brokerage")

Lorsqu'un partenaire industriel souhaite aller au-delà de la convention CNRS, le Club des partenaires étudiera la mise en place d'une convention bipartite entre le GdR et le partenaire.

Le Club des partenaires est également chargé de maintenir et de faire évoluer une base de données des contacts, et d'élaborer et d'appliquer une grille de cotisations annuelles pour les partenaires industriels s'appuyant sur leur statut (PME, grand groupe ...). Ces cotisations seront destinées à compléter les ressources financières du GdR.

Enfin, les responsables du Club des partenaires présenteront un bilan annuel au Comité stratégique.

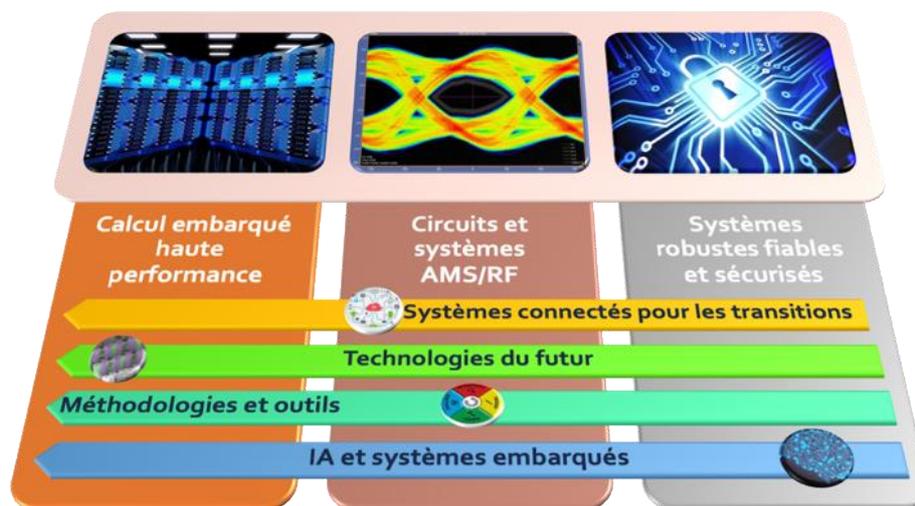
3. Animation scientifique du GdR

L'animation scientifique du GdR SoC² est assurée par des membres de la communauté qui prennent des engagements au sein du GdR. Le domaine scientifique est structuré en six axes scientifiques, qui incluent plusieurs thématiques connexes. Différents instruments d'animation sont à la disposition du comité d'animation.

a. Structuration scientifique

Le GdR est structuré en 3 axes thématiques et 4 axes transversaux :

- Axes thématiques :
 - Calcul embarqué haute performance
 - Circuits et systèmes AMS/RF (analogique, signaux mixtes, radiofréquence)
 - Systèmes robustes fiables et sécurisés
- Axes transversaux :
 - Systèmes connectés pour les transitions
 - Technologies du futur
 - Méthodologies et outils
 - IA et systèmes embarqués



Un axe est une structure pérenne pour la durée de la période quinquennale (2023-2027), où un axe thématique regroupe une communauté qui s'identifie par ses compétences disciplinaires et un axe transversal regroupe une communauté qui s'identifie par le défi ou le verrou qu'elle aborde. Les axes transversaux se superposent aux axes thématiques car les compétences requises pour résoudre le défi ou le verrou sont pluridisciplinaires.

Les axes sont chargés de l'animation et de la structuration de la communauté dans le périmètre scientifique de leur thème. Un axe contribue à toutes les actions d'animation, de structuration et de prospectives communes du GdR. En particulier, il propose un ou plusieurs Groupes de Travail (GT)

représentant une action d'animation "bottom-up" focalisée sur un sujet thématique ou inter-axe, proposée par la communauté et limitée dans le temps (1 an renouvelable) avec des responsables identifiés. La création / renouvellement d'un GT sera basé sur :

- la pertinence scientifique de l'action
- le nombre de réunions organisées dans l'année
- le nombre de participants aux réunions
- la diversité des laboratoires participant
- le nombre d'interventions ou de participation industrielle
- les retombées attendues

La structure d'animation d'un axe comprend un responsable, un responsable-adjoint, et des animateurs. Le responsable est chargé de coordonner l'organisation des activités concernant l'axe thématique, les relations avec les autres axes et GdRs connexes, les contributions de l'axe aux activités et aux missions transversales du GdR. Le responsable-adjoint remplace le responsable le cas échéant. Pour assurer la jouvence des thèmes, les responsabilités sont proposées pour un mandat de 2 ans renouvelable.

Les animateurs de l'axe sont chargés de proposer et d'organiser les activités de l'axe, et de contribuer aux activités communes et aux missions transversales du GdR, en coordination avec le responsable de leur axe et les animateurs des autres axes concernés le cas échéant. En particulier le GdR mène un travail de prospective du domaine. Elle est élaborée par une synthèse entre les contributions des axes, qui élaborent des prospectives de leurs thématiques, et les rapports de prospective publiés par les organismes et agences nationales et internationales. Ce travail de prospective permet au GdR de contribuer aux rapports de prospective et de conjoncture élaborées par le CNRS lorsque cela lui est demandé.

Dans les paragraphes qui suivent, une description de chaque axe est donnée (contenu et périmètre scientifique de l'axe, exemples de retombées scientifiques, positionnement au sein du GdR, pertinence par rapport aux stratégies de recherche en France et en Europe) ainsi qu'une analyse prospective horizon 2030 (évolution du domaine dans les 10 prochaines années, identification des défis importants et/ou émergents pour le domaine, identification des verrous liés aux défis, objectifs scientifiques, acteurs académiques). Enfin, les groupes de travail proposés ainsi que les premières actions d'animation sont décrits.

Axe thématique : Calcul embarqué haute performance**Mots clés**

Calcul : embarqué, haute performance, parallèle, temps réel, prédictible

Logiciel embarqué : compilation, adéquation algorithme-architecture, runtime, gestion de ressources, hyperviseur, modèle de programmation

Architectures : hétérogénéité, reconfiguration, autonomie, adaptabilité, micro-architecture, interconnexions, accélérateurs, MPSoC, multi-cœur, efficacité énergétique

Co-responsables

Abdoulaye Gamatié, LIRMM / CNRS, abdoulaye.gamatie@lirmm.fr

Sébastien Faucou, LS2N / Nantes Université, sebastien.faucou@univ-nantes.fr

Animateurs

Thomas Carle, IRIT / Université Toulouse 3

Karol Desnos IETR / Insa de Rennes

Laure Gonnord LCIS / INP Grenoble

Angeliki Kritikakou, IRISA / Université de Rennes 1

Arthur Perais, TIMA / CNRS

Erven Rohou, Inria Rennes

Description de l'axe et positionnement

Le périmètre de l'axe *Calcul embarqué haute performance* couvre les modèles et les méthodes de calcul, ainsi que l'exploitation des systèmes numériques, principalement embarqués, en considérant les aspects logiciels et matériels. Les travaux ont pour but de concevoir des systèmes durables, efficaces, prédictibles, et en capacité d'exécuter des applications intégrant des algorithmes complexes, contribuant ainsi à la construction d'une société numérique ouverte et citoyenne.

Au sein du GdR SoC², l'axe *Calcul Embarqué Haute Performance* s'intéresse à des thèmes qui sont communs avec les axes *Systèmes robustes fiables et sécurisés* (fiabilité des architectures, robustesse des systèmes, sécurité informatique), *Méthodes et outils* (méthodes de conception d'architectures, modèles de calcul, compilation), *Systèmes connectés pour les transitions* (ultra basse consommation), *Technologies du futur* à travers du calcul ou des architectures pouvant tirer parti des caractéristiques inédites de certains substrats technologiques (mémoires non volatiles, composants memristifs, systèmes hétérogènes, nouveaux paradigmes de calcul) et *IA et systèmes embarqués* (accélérateurs de calcul dédié à l'IA).

Au niveau national, on notera des synergies avec d'autres GdR dont les cibles thématiques sont partagées avec l'axe, par exemple la compilation pour les systèmes embarqués ou le logiciel écoresponsable, qui sont des thématiques traitées dans le GdR GPL, respectivement par les groupes *Compilation, Langages, Analyses, Parallélisme* et *Logiciel Écoresponsable*.

Les thèmes de l'axe *Calcul embarqué haute performance* sont en phase avec le [contrat d'objectifs et de performance](#) (COP) 2019 - 2023 du CNRS. Ils s'inscrivent en particulier dans les deux orientations prioritaires thématiques suivantes dans le COP :

- Le **futur du calcul dans le numérique**, dont "les objectifs à cinq ans sont de contribuer à la stratégie nationale vers l'exascale, notamment sur les aspects algorithmiques, robustesse d'exécution et efficacité énergétique."
- **L'information et technologies quantiques dans l'ingénierie**, dont "les objectifs à cinq ans concernent chacun de ces aspects pour contribuer significativement à la maturation des

technologies quantiques : observer expérimentalement des modes exotiques et leur manipulation pour le calcul quantique."

Les réflexions menées dans le cadre de l'axe visent également à contribuer à relever certains défis sociétaux du COP, à savoir le **changement climatique** et l'**intelligence artificielle**. Pour le premier défi, il s'agit d'accompagner le traitement de "*volumes gigantesques de données hétérogènes, nécessitant de nouvelles architectures de calcul au plus près des sources de données, et une nouvelle organisation des moyens de calcul, d'analyse et de stockage*" pour "*la mise en place de services d'observation et de modélisation*" (services climatiques). Pour le second, il s'agit de promouvoir une recherche et des solutions en sciences du numérique "*pour une intelligence artificielle responsable, sûre et plus sobre en énergie*".

À l'échelle européenne, les thèmes de l'axe peuvent se décliner selon les différentes directions de travail identifiées par le réseau d'excellence [HiPEAC](#). D'un point de vue technique, cela concerne le développement des systèmes cyber-physiques et la maîtrise de l'hétérogénéité dans un continuum de calculs à des échelles variées dans un système. D'un point de vue économique, il s'agit de promouvoir des briques architecturales *open-source* telles que RISC-V pour faciliter une pérennité des solutions.

Par ailleurs, une large partie des thèmes de l'axe font également écho au contenu du projet [EPI](#) (*European Processor Initiative*), qui aborde sous l'angle de la souveraineté technologique européenne le calcul exascale, les accélérateurs, et le calcul embarqué haute-performance, en s'appuyant là encore sur l'éco-système RISC-V.

Prospective horizon 2030 et verrous

D'ici 2030, la recherche scientifique associée à l'axe *Calcul embarqué haute performance* va devoir prendre en considération un ensemble d'évolutions déjà visibles.

Tout d'abord, une évolution des usages, qui fait écho aux enjeux sociétaux stratégiques, en particulier le développement durable et la création d'une société numérique ouverte et citoyenne. Concernant le développement durable, il s'agit de minimiser l'impact environnemental des systèmes. Les compétences présentes au sein de l'axe permettront de travailler sur les phases de conception et d'exploitation des systèmes numériques. Les travaux sur l'autonomie et l'efficacité énergétique des systèmes doivent être poursuivis. Des travaux émergents devront être soutenus, concernant la durabilité et la réutilisabilité accrue des systèmes (favorisées par exemple par l'utilisation de composants matériels et logiciels libres), ou l'intégration de capacités d'adaptation. La création d'une société numérique ouverte et citoyenne nécessitera de savoir construire des systèmes respectueux de la vie privée, à même d'être inscrits dans des plans de gouvernances des données. Plus largement, il s'agira de prendre en considération les aspects éthiques des applications cibles, en intégrant en particulier une réflexion sur la notion de sobriété numérique, faisant ainsi le lien avec le développement durable.

Ensuite, une évolution des paradigmes de calcul. Les divers types de traitements de données en périphérie (*edge computing, near-sensor computing*) apparaissent d'ores et déjà comme des solutions incontournables : en contribuant à améliorer l'efficacité énergétique (*via* la réduction du volume des communications), en offrant un meilleur respect de la vie privée (*via* un traitement local des données brutes), et en promettant des latences réduites pour la réalisation des services. Cette évolution s'accompagne de problématiques inédites en termes de capacité de calcul embarquée, sous

contrainte de ressources (principalement énergie, mais aussi mémoire), et maintenant de prédictibilité pour répondre au besoin des fonctions temps-réel. Ces tendances ne seront qu'accentuées par la généralisation de l'IA embarquée. Des modèles de calcul dédiés seront nécessaires pour atteindre ces objectifs. Les travaux qui visent à définir de tels modèles devront donc être poursuivis et soutenus. On peut citer, à titre d'illustration et de façon non exhaustive, le calcul approximé, le calcul intermittent, le calcul en mémoire, ou encore le calcul neuromorphique.

Enfin, une évolution des architectures et des technologies. Aujourd'hui, l'exécution efficace des algorithmes issus de l'IA par exemple, que ce soit en périphérie ou sur le cloud, passe par l'intégration d'accélérateurs au sein des architectures. Il peut s'agir de (GP)GPU, de TPU, de solutions dédiées à base de FPGA, et sans doute, à terme, d'accélérateurs exotiques, y compris quantiques. Par ailleurs, le caractère prometteur des nouvelles technologies mémoires (par exemple STT/SOT-MRAM, PCM, ou encore ReRAM), et d'interconnexion des composants (par exemple des interconnexions optiques ou l'exploitation de l'empilement 3D – *3D-stacking*) permet d'envisager une remise en cause plus large des architectures des systèmes, au-delà d'une "simple" intégration d'accélérateurs. Une telle révolution devra entre autres permettre d'améliorer fortement l'efficacité énergétique du calcul, qui est pénalisée aujourd'hui par le coût du mouvement des données entre circuits mémoire et circuits de calcul. Des architectures innovantes capables de réaliser efficacement du calcul embarqué haute performance, en tirant bénéfice des avantages des solutions évoquées précédemment, devront être recherchées.

Objectifs scientifiques

Un exercice de synthèse de ces différentes évolutions nous amène à formuler deux grands objectifs scientifiques pour 2030 :

- **Maîtriser l'hétérogénéité des systèmes**, à tous les niveaux : technologique, architectural, et logiciel. Cet objectif, à visée clairement multi-niveau, joue un rôle absolument central dans la définition de solutions répondant aux exigences induites par les évolutions décrites précédemment. En effet, grâce aux leviers spécifiques offerts par chaque paradigme de calcul, architecture et technologie, diverses problématiques en jeu pour l'avènement de systèmes à la fois performants, efficaces en énergie et prédictibles seront plus aisément adressables.
- **Favoriser le développement des systèmes écoresponsables**, en visant en particulier la durabilité et la réutilisation des systèmes et/ou de leurs composants. Cet objectif pourrait être considéré comme transversal au GdR. Les aspects logiciels et matériels visés par le présent axe sont naturellement au centre des réflexions déjà entamées au sein de la communauté scientifique nationale et internationale.

Au regard des thématiques et des évolutions pressenties dans cet axe, la recherche de futures solutions candidates passera nécessairement par la prise en compte d'un certain nombre de défis clés, pouvant être déclinés selon les deux objectifs retenus ci-dessus :

- **Défi technologique** : il s'agit ici d'appriivoiser les paradigmes de calcul et les technologies identifiés comme étant incontournables ou prometteurs (comme le calcul quantique par exemple). Cela facilitera des choix judicieux de briques de base selon les exigences/besoins attendus des systèmes de demain.
- **Défi méthodologique pour la conception** : une fois des ingrédients adaptés sélectionnés, il faudra maîtriser leur intégration/combinaison de manière à satisfaire les exigences/besoins à l'échelle des systèmes cibles. Il s'agit de sélectionner et combiner des méthodes développées par ailleurs pour arriver à une méthodologie de conception pour l'architecture complète d'un système.

- **Défi sociétal** : il faudra anticiper des réponses aux attentes sociétales (société numérique ouverte et citoyenne), en tenant compte des problématiques associées telles que l'écoresponsabilité, l'éthique, l'interopérabilité ou la souveraineté numérique, dans les choix et la mise en œuvre des mécanismes caractérisant les systèmes.

On notera que les trois défis précédents sont en prise avec des préoccupations relevant des autres axes du GdR SoC².

Acteurs académiques français (liste non-exhaustive par ordre alphabétique) :

UMR-CNRS : C2N, CITI, CRIStAL, ETIS, I3S, I-Cube, IETR, IMS, Institut Pascal, IRISA, IRIT, LAAS, Lab-STICC, LAMIH, LCIS, ImVIA, LEAT, LIP, LIP6, LIGM, LIRMM, LS2N, LTCl, TIMA, Verimag.

Autres acteurs institutionnels : CEA, Inria, ONERA

Groupes de travail proposés et actions d'animation

L'animation de l'axe s'articule autour de plusieurs rendez-vous annuels :

- L'organisation d'une session lors du colloque du GdR autour d'un ou deux collègues, français ou étrangers, invités à présenter leurs travaux ;
- L'organisation d'une journée thématique commune avec les IRT Saint-Exupéry et Nanoelec, et en collaboration avec l'axe *Systèmes Robustes Fiables et Sécurisés* ; cette journée regroupe industriels et académiques autour des derniers développements dans le domaine des systèmes embarqués critiques ;
- L'organisation d'une (ou plusieurs) journée(s) thématique(s) sur un thème ciblé, proposant des présentations invitées et d'autres sollicitées *via* un appel à communication ;
- Et depuis la crise sanitaire, l'organisation occasionnelle de webinaire sur une demi-journée, proposant deux ou trois présentations invitées sur un thème ciblé appartenant au périmètre de l'axe.

Pour le prochain contrat, nous envisageons également la mise en place d'un groupe de travail en lien avec l'axe *Méthodologies et outils* du GdR autour du *open hardware* et des outils EDA *open source*.

Axe thématique : Circuits et systèmes AMS&RF (Analog Mixed-Signal & Radiofrequency)**Mots clés**

Circuits mixtes, systèmes intelligents, traitements localisés, modularité/agilité, communications RF, 6G / THz, radio opportuniste, systèmes multi-physique sur puce, conversion d'énergie embarquée, modèles multi-domaines haut niveau, packaging avancé, interposeurs

Co-responsables

Nathalie Deltimple, IMS / Université de Bordeaux, nathalie.deltimple@ims-bordeaux.fr

Antoine Frappé, IEMN / Junia, antoine.frappe@junia.com

Animateurs

Hervé Barthélémy, IM2NP / Université Toulon Var

Patricia Desgreys, LTCI / Télécom ParisTech

Morgan Madec, ICube / Université de Strasbourg

Germain Pham, LTCI / Télécom ParisTech

François Rivet, IMS / Université de Bordeaux

Description de l'axe et positionnement

L'axe *Circuits et systèmes AMS&RF* couvre la conception, les méthodes et outils de conception de systèmes communicants hétérogènes et les traitements associés aux signaux. Par ailleurs, les méthodes nécessitent des modèles de haut-niveau des nœuds sensibles mais aussi du système. Le contenu scientifique de l'axe porte sur les systèmes analogique et mixte, les communications RF, l'intelligence matérielle embarquée et les systèmes de conversion d'énergie. En effet, l'interfaçage du système d'objets connectés d'un côté avec le monde physique (via des capteurs et actuateurs) et de l'autre côté avec le cœur du système via des communications (notamment RF), nécessite d'investiguer des thématiques de recherches relevant des systèmes intelligents, pour intégrer une intelligence localisée au niveau de l'objet, mais également pour optimiser la communication avec le cœur du système en développant des traitements adéquates.

Ces thématiques trouvent des objectifs communs avec plusieurs axes du GdR, notamment l'axe transverse *Systèmes connectés pour les transitions*, avec l'axe *Méthodologies et outils* ainsi que l'axe *IA et Systèmes Embarqués*. Les thématiques s'inscrivent dans les stratégies de recherche française et européenne sur les technologies hétérogènes, les communications RF (5G-6G), ainsi que sur les grands objectifs de l'UE de réduction de la consommation énergétique.

Prospective horizon 2030 et verrous

L'évolution des thématiques de l'axe *Circuits et systèmes AMS&RF* dans les dix prochaines années tend à proposer des solutions innovantes pour faire face aux défis tels que :

- l'augmentation du nombre d'objets communicants,
- les besoins croissants de communications haut-débit nécessitant un traitement temps réel pour les applications sensibles à la latence
- le continuum de traitement de l'information du capteur au nuage (edge to cloud)
- l'impact environnemental des systèmes.

Les grands domaines d'applications de l'axe *Circuits et systèmes AMS&RF* sont la santé, les communications, l'énergie, l'environnement et les transports.

Plusieurs évolutions du domaine sont envisagées, à savoir :

- Développer des circuits analogiques dédiés à l'IA et intégrer l'IA matérielle localisée au niveau de l'objet communiquant pour améliorer leurs performances,
- Identifier le niveau optimal du traitement : des fonctions sont clairement dédiées au traitement local, des fonctions sont clairement dédiées au traitement dans le nuage. Néanmoins de plus en plus de fonctions sont dans une zone grise et pourraient être implémentées soit dans le capteur soit dans le nuage. Cette décision peut être adaptable en fonction de l'application.
- Optimiser les communications avec le cœur du système, au niveau des liaisons vers la partie numérique ou vers l'antenne, cette optimisation portera à la fois sur l'augmentation des débits, les convertisseurs AN/NA, mais également des systèmes permettant de réduire drastiquement la consommation énergétique.
- Développer des modèles haut-niveau des nœuds sensibles et des systèmes afin de travailler au niveau architecture et au niveau méthodologie de conception, en gardant à l'esprit que les méthodes de conception s'appuieront de plus en plus sur l'IA.

Objectifs scientifiques

L'évolution rapide des systèmes connectés sera pilotée par les applications plutôt que par les technologies, ce qui constitue un changement de paradigme. Ainsi, les systèmes connectés vont se développer spécifiquement selon les usages induits. Toutefois, au niveau de l'interfaçage avec le monde physique d'une part, et avec l'intelligence du système d'autre part, des défis communs à tous les systèmes connectés se dégagent. Pour chaque besoin (nécessité) ci-dessous, les défis associés sont définis.

1. La nécessité d'intégrer une **intelligence localisée au niveau de l'objet** (nœud sensible) pour optimiser les performances des circuits et/ou du système :
 - Extraction de l'information pertinente localement (Analog to Feature Converter) par le développement d'algorithmes spécifiques, adaptés à l'application : numérisation et transmission d'un faible nombre d'échantillons.
 - Aide de l'IA pour optimiser les paramètres de conception des circuits hétérogènes et implémentation analogique de l'IA
2. La nécessité **d'adapter la communication avec le cœur du système à l'application** :
 - Conception de communications RF pour les réseaux 5G-6G large bande, flexibles et interopérables.
 - Conception de communications RF pour l'IoT très efficace énergétiquement : communications durables, IoT coopératif.
 - Gestion intelligente et flexible des phases d'activité/d'inactivité de la transmission RF pour une réduction drastique de la consommation.
3. La nécessité de **développer des modèles de haut-niveau** :
 - Compatibles avec les techniques de simulation/modélisation de systèmes hétérogènes (i.e. intégrant des sous-systèmes de natures différentes) développées dans l'axe *Méthodologies et outils*
 - Avec une précision du modèle suffisante en tenant compte des principaux paramètres influant sur le système, tout en permettant une simulation système à grande échelle
4. La nécessité **d'adapter l'interface avec l'environnement** :
 - Prise en compte du packaging
 - Compatibilité matériaux : bio compatibilité, communication intracorporelle.
 - Avec le cœur du réseau (suivant le lieu de traitement de l'information : capteur ou nuage)

Les verrous liés à l'axe *Circuits et Systèmes AMS&RF* et aux défis cités précédemment portent sur plusieurs points :

1. La nécessité d'intégrer une **intelligence localisée au niveau de l'objet**. Les verrous adressés et les objectifs correspondant sont notamment :
 - L'optimisation de l'élément de transduction, d'acquisition et de numérisation de l'information, soit au niveau même de l'élément, soit en ajoutant une électronique spécifique permettant d'optimiser sa consommation tout en assurant une haute résolution de mesure
 - L'efficacité énergétique de la transmission RF et une gestion flexible des phases d'activité/d'inactivité du capteur pour permettre une réduction de la consommation, en l'adaptant au signal à transmettre ou à traiter.
 - La compression des données localement (Analog to Information) par le développement d'algorithme spécifique, adaptés à l'application : numérisation et transmission d'un faible nombre d'échantillons en deçà de la limite de Nyquist, suffisant pour calculer l'information utile pour l'application.
 - Le pré-traitement analogique et la cadence d'échantillonnage doivent être flexibles. Dans certains cas le pré-traitement analogique (addition, soustraction et filtrage ...) peut s'avérer beaucoup plus rapide que le digital et accélérer le traitement numérique in fine.
2. La nécessité **d'adapter la communication avec le cœur du système à l'application**. Ici, les verrous et les objectifs correspondant portent sur :
 - Le développement de communications RF interopérables
 - Des communications compatibles avec la sécurité des données, et les techniques développées dans l'axe *Systèmes robustes fiables et sécurisés*
 - L'optimisation de la consommation de la communication
 - L'augmentation des débits avec la montée en fréquence au-delà de 90GHz, la linéarité et la consommation des dispositifs associés.
3. La nécessité **développer des modèles de haut-niveau**, compatibles avec les techniques de simulation/modélisation de systèmes développées dans l'axe *Méthodologies et outils*. Ici, le principal verrou est lié à la précision du modèle qui se doit d'être adaptée en tenant compte des principaux paramètres influant sur le système, tout en permettant une simulation système à grande échelle.
4. La nécessité **d'adapter l'interface avec l'environnement** : les verrous associés résident dans les contraintes de l'interface, dépendant de l'application visée, température, environnement radiatif, etc.

Par ailleurs, des verrous technologiques sont toujours présents :

- Identifier la meilleure technologie pour répondre aux défis : linéarité, puissance, consommation, fréquence (CMOS bulk, CMOS SOI, FDSOI, BiCMOS, GaN, GaAs, memristors, etc)
- Problématique des interconnexions et packaging
- Prise en comptes des contraintes et risques environnementaux

Acteurs académiques français (liste non-exhaustive par ordre alphabétique)

UMR-CNRS : C2N, ETIS, Femto-ST, GeePs, ICube, IEMN, IM2NP, IMS, INL, LAAS, Lab-STICC, LCIS, LEAT, LIP6, LIRMM, XLIM

IMT-TP : LTCI

Groupes de travail proposés et actions d'animation

GT Capteurs

GT Communication

Axe thématique : Systèmes robustes fiables et sécurisés**Mots clés**

Cyber-sécurité des systèmes embarqués, sécurité matérielle, fiabilité, robustesse, tolérance aux fautes, test, conception en vue du test, test intégré, simulation de fautes, diagnostic, résilience des systèmes, sûreté du fonctionnement.

Co-responsables

Lilian Bossuet, Laboratoire Hubert Curien / Univ. Jean Monnet, lilian.bossuet@univ-st-etienne.fr

Ioana Vatajelu, TIMA / CNRS, ioana.vatajelu@univ-grenoble-alpes.fr

Animateurs

Cédric Marchand, INL / Ecole Centrale de Lyon

Marie-Lise Flottes, LIRMM / CNRS

Brice Colombier, TIMA / Université Grenoble Alpes

Arnaud Virazel, LIRMM / Université de Montpellier

Mounir Benabdenbi, TIMA / Univ. Grenoble Alpes

Ihsen Alouani, IEMN / Univ. Polytechnique Hauts-De-France

Description de l'axe et positionnement

L'axe *Systèmes robustes fiables et sécurisés* du GdR SoC² est un axe transversal qui représente un enjeu majeur et stratégique pour le domaine de la microélectronique et de l'électronique embarquée. Il concerne la sécurité des systèmes électroniques embarqués et communicants, leur résilience face aux perturbations intentionnelles et environnementales, leur sûreté de fonctionnement, leur capacité d'autodiagnostic et d'autoréparation et l'ensemble des moyens de test qui y sont intégrés pour assurer leur fiabilité.

Sur l'ensemble de ces aspects, la communauté du GdR SoC² fait face à plusieurs défis dont (i) l'adaptation des méthodologies aux systèmes ultra-faible-consommation, systèmes multi-horloges, circuits mixtes et technologies avancées (intégration 3D, nanoélectronique) et du futur (spintronique, nanotubes de carbone, électronique souple ...); (ii) la montée dans les niveaux d'abstraction pour l'insertion des méthodes développées (conception en vue du test, tolérance aux fautes, sûreté, sécurité) dans les flots de conception et l'utilisation des techniques issues de l'IA; et (iii) le passage à l'échelle en termes de complexité, densité d'intégration, de fusion du logiciel et du matériel, et d'hétérogénéité des systèmes.

Cet axe trouve pleinement sa place dans les stratégies de recherche Nationale et Européenne :

- Au niveau national, il s'insère parfaitement dans les axes H.17 "Sécurité globale, résilience et gestion de crise, cybersécurité" et H.12 "Micro et nanotechnologies pour le traitement de l'information et de la communication" de l'appel à projet générique de l'ANR. Ses activités dans le domaine de la cybersécurité des systèmes embarqués sont clairement présentes sous forme de projet dédié dans le PEPR Cybersécurité (projets prioritaires 7 "sécuriser les systèmes embarqués" et 8 "Améliorer l'évaluation de la sécurité des systèmes numériques"), dans le PEPR Quantique (projet prioritaire "cryptographie post-quantique"), il pourrait être présent dans certains aspects du PEPR Électronique.
- Au niveau international, il s'insère parfaitement dans l'axe "Increased Cybersecurity" du programme Horizon Europe, dont l'objectif est de "développer des solutions pour les tests dynamiques de matériel potentiellement vulnérable et non sécurisé et par la surveillance des menaces, la détection des intrusions et la réponse dans des systèmes et infrastructures numériques complexes et hétérogènes".

Prospective horizon 2030 et verrous

Il convient à la communauté du GdR SoC² d'apporter des solutions pour sécuriser et assurer la sûreté de fonctionnement des systèmes électroniques embarqués des secteurs névralgiques (hôpitaux et santé, énergie, transports, industrie 4.0, ...) et d'améliorer l'évaluation de la sécurité, de la sûreté et de la fiabilité de ces systèmes. De plus, le matériel doit permettre d'assurer une garantie de bas niveau concernant la sécurité des traitements de données dans des environnements qui ne sont pas sûrs. L'enjeu tient donc dans la capacité de la communauté à adresser des chemins d'attaques complexes (dont la complexité évolue avec celle des cibles) exploitant conjointement des failles cryptographiques, logicielles, matérielles et physiques, de proposer des contre-mesures efficaces et d'en évaluer l'efficacité. La résilience des systèmes électroniques embarqués et des objets connectés est un enjeu spécifique qui doit tendre vers des capacités d'autodiagnostic et d'autoréparation des systèmes. Que ce soit face à des actes malveillants (cyberattaques) ou des perturbations environnementales, le système doit être en mesure de retrouver au plus vite un état de fonctionnement normal et garanti. Les tests embarqués, le diagnostic, la fiabilité et la sécurité doivent être pensées dans cette perspective. Dans ces domaines de nouveaux paradigmes doivent être développés et étudiés et pour atteindre ces objectifs.

D'ici 2030 de nouvelles technologies seront adoptées que ce soit pour le traitement (*near/in-memory computing, approximate computing, etc.*) et la mémorisation (mémoires magnétiques) des données, l'intégration multidimensionnelle des puces électroniques et les connexions internes à haute densité. Le test, la fiabilité et la sécurité (évaluation vis-à-vis des attaques connues, exploitation pour des applications de sécurité) doivent être considérés avec la plus grande attention pour ces nouvelles technologies pour accompagner leur développement et assurer leur pérennité industrielle.

De plus, le déploiement de l'utilisation de l'IA dans toutes les thématiques concernées par cet axe ne sera pas finalisé. Il existe encore de nombreuses possibilités de déploiement de l'IA dans nos thématiques, mais les chercheurs doivent considérer la compréhension des mécanismes de l'IA pour leur domaine comme une nécessité absolue afin de tendre vers la meilleure utilisation possible de ces techniques mais aussi afin d'en déterminer précisément les limites.

Nous pouvons pointer pour l'horizon 2030 un certain nombre de thématiques d'importances suivant cet axe parmi lesquelles :

- La recherche d'architectures de processeurs sécurisés par conception contre les attaques logicielles et physiques, qu'elles soient par injection de fautes ou par l'analyse de canaux auxiliaires, est un enjeu très fort actuellement et pour lequel la concurrence est déjà rude. Un effort de recherche considérable est consacré à l'évolution des processeurs libres (comme ceux basés sur le jeu d'instructions RISC-V) pour proposer des architectures plus sécurisées.
- L'utilisation, la spécialisation et la compréhension des outils et méthodes de *machine learning* pour améliorer les attaques par analyse de canaux cachés est une thématique en pleine émergence avec déjà de très belles contributions de la communauté française au meilleur niveau international. Des recherches approfondies sur la proposition de contre-mesures spécifiques à ces nouvelles attaques doivent être menées. Vu l'ampleur de l'utilisation des algorithmes du domaine de l'IA, la fiabilité, le test et la résistance vis-à-vis des attaques physiques de leurs implémentations matérielles est également un enjeu crucial de la prochaine décennie.
- La sécurité interne aux SoC hétérogènes et complexes est aussi une thématique en émergence, de nouveaux chemins d'attaques (souvent mixte ou à la frontière entre le logiciel et le matériel)

permettent de mettre en œuvre des attaques par analyse, par injection de fautes et par compromission d'une partie du SoC par une autre partie du SoC. Ces chemins d'attaques doivent être étudiés plus en profondeur et des protections dédiées doivent être proposées.

- Les plateformes d'injection de fautes sont de plus en plus perfectionnées et abordables, de nouveaux canaux sont explorés et permettent d'envisager de nouveaux chemins d'attaque.
- On trouve aujourd'hui des processeurs neuro-inspirés utilisant l'apprentissage profond (réseaux de neurones) pour des applications spécifiques (reconnaissance, classification, recherche de données) dans les domaines de l'automobile, de la médecine, de la robotique, ou de la sécurité des personnes. Dans ce contexte, l'intégrité et la sûreté de fonctionnement de ces processeurs doivent être garanties par des techniques de test et de fiabilité spécifiques.
- Dans le cas des circuits utilisés pour de nouveaux paradigmes de calcul (comme le calcul approximé), la phase de test doit être repensée. En effet, lorsqu'un circuit est déclaré fautif, il est important de déterminer si les erreurs observées peuvent être malgré tout acceptées ou pas (perte de qualité acceptable selon un seuil fixé au préalable). De nouvelles stratégies de test sont donc attendues dans ce domaine.
- Comme tous les systèmes électroniques intégrés, les processeurs utilisant des architectures de calcul en mémoire doivent être testés à l'issue de leur fabrication. Pour autant, à ce jour, il n'existe pas de techniques spécifiques dédiées à ce type d'architecture. Les travaux réalisés dans le domaine du test des mémoires pourront servir de base au développement de solutions spécifiques aux architectures de calcul en mémoire.
- Les attaques par injection de fautes ciblant les circuits-intégrés sont déjà bien connues en particulier par l'exploitation du canal optique (par laser) et électromagnétique. De nouveaux moyens d'injection devraient permettre dans un avenir proche des attaques plus complexes, que ce soit des laser multi-spot (avec un nombre de spots supérieur à deux) et des rayons X. La compréhension fine des phénomènes physiques sous-jacents doit aussi être développée pour proposer des contre-mesures spécifiques notamment au niveau des nano/micro-technologies. Le développement de contre-mesures au niveau technologique (transistors résistants aux perturbations, écrans protecteur efficaces et peu coûteux, détecteurs ...) est donc un sujet d'importance avec encore peu d'équipes académiques engagées du fait de la complexité de maîtrise et d'accès aux dernières technologies microélectroniques.
- L'implémentation (logicielle et matérielle) efficace d'algorithmes de cryptographie est toujours un problème d'importance. Le développement d'outils de développement logiciel et de conception matérielle dédiés prenant en compte les aspects de sécurité est un point à renforcer.
- Les travaux concernant les TRNG et les PUF sont toujours d'actualité en particulier en ce qui concerne l'utilisation de nouvelles technologies. Sur ce point, un transfert important a eu lieu ces dernières années vers l'industrie, néanmoins de nombreux aspects théoriques et pratiques sont encore du domaine de la recherche académique. Ce point est d'autant plus important avec l'émergence d'approches matérielles "Open-Source" d'une part, et avec la fabrication de circuits intégrés se faisant actuellement hors Europe (en général en Asie) – il y a donc un impérieux besoin de lutter contre les chevaux de Troie (programme ou bloc matériel nuisible placé dans un programme ou circuit sain et effectuant des opérations malicieuses à l'insu de l'utilisateur).
- L'utilisation du *machine learning* dans le domaine de l'intégrité des systèmes sur puce est déjà une réalité industrielle, et son apport est considérable. On trouve par exemple des techniques d'apprentissage dédiées à la vérification de la conception des circuits intégrés, au diagnostic en volume réalisé après fabrication pour améliorer les rendements de production, ou à la mise en œuvre du standard ISO 26262 pour la sûreté fonctionnelle des systèmes embarqués dans les véhicules autonomes. Pour autant, les efforts doivent s'intensifier pour traiter d'autres

problématiques de l'intégrité des systèmes dans lesquelles un grand nombre de données sont manipulées, comme par exemple la caractérisation de bibliothèques de cellules pour le test et le diagnostic de circuits numériques.

- Au fur et à mesure de l'évolution des architectures de circuits sécurisés, de nouvelles techniques de test pour ces circuits doivent être mises en place. Les conditions requises pour un test efficace (facilité d'accès aux nœuds internes d'un circuit) et pour une sécurité matérielle maximale (limitation des accès aux nœuds internes d'un circuit) étant à l'opposé, les challenges dans ce domaine restent permanents et nécessitent l'apport régulier de solutions de test nouvelles et efficaces. Il en va de même pour les approches de la fiabilité.
- Les nouvelles technologies mémoires, comme les STT/SOT-MRAM, font appel à des processus de fabrication qui ne reposent plus exclusivement sur la technologie CMOS, mais qui combinent plusieurs technologies. Ces processus deviennent donc de plus en plus difficiles à maîtriser, et de nombreuses défaillances peuvent survenir lorsqu'il s'agit de produire des mémoires de grande capacité sur un substrat commun. Les stratégies de test doivent permettre d'appréhender ces défaillances de manière holistique. Par ailleurs, certains phénomènes associés à ces nouvelles technologies, comme par exemple la nature stochastique des commutations dans les mémoires magnétiques, bien qu'étant très intéressants d'un point de vue applicatif, soulèvent de nouveaux problèmes en termes de fiabilité qui, là encore, nécessitent l'apport de solutions nouvelles, efficace et faible coût.

Acteurs académiques français (liste non-exhaustive par ordre alphabétique)

IRISA, INL, IETR, Laboratoire Hubert Curien, IMS, TIMA, Lab-STICC, LCIS, CRISAL, LIP6, LIRMM, LORIA, LS2N, LTCI, Verimag, XLIM

Autres acteurs institutionnels : CEA-LETI, CEA-LIST, École des Mines de Saint-Étienne, Inria, ONERA, Telecom ParisTech

Collaboration avec le GdR Sécurité informatique

Cet axe comporte un groupe de travail commun avec le GdR Sécurité Informatique. Il s'agit du groupe de travail "*Sécurité des systèmes matériels*" animé par Cédric Marchand et Marie-Lise Flottes.

Axe transversal : Systèmes Connectés pour les Transitions**Mots clés**

Réseaux d'objets hétérogènes, Internet des objets, Interaction objet/milieu, Cognition, Plateforme d'expérimentations, de simulation, Systèmes Multi-physiques, Multi-échelle, Sécurité des données et des services, Fiabilité et acceptation, Conception faible consommation, Autonomie, Communication sporadique, Circuits reconfigurables, Territoire intelligent, Transports intelligents, Dispositifs biomédicaux, Implants biomédicaux, Usine 4.0, Impact sociétal, Écoconception.

Co-responsables^h

Daniel Chillet, IRISA-Inria / Université de Rennes 1, daniel.chillet@irisa.fr

Ahcène Bounceur, Lab-STICC / Université de Bretagne Occidentale, ahcene.bounceur@univ-brest.fr

Animateursⁱ

Olivier Berder, IRISA / Université de Rennes 1

Amine Khelif, ETIS / ESIEE-IT

Jordane Lorandel, IETR / INSA Rennes

Hamza Ouarnoughi, LAMIH/ INSA Hauts-de-France

Description de l'axe et positionnement

Transition écologique, transition énergétique, transition territoriale, transition agro-alimentaire, transition numérique ... Les objets connectés sont aujourd'hui omniprésents au sein des enjeux économiques, sociétaux et humains et leur déploiement va poursuivre sa croissance dans les prochaines années pour couvrir tous les domaines applicatifs, qu'ils concernent nos activités professionnelles mais également nos activités personnelles. La part des objets connectés sur le réseau Internet va d'ailleurs prochainement dominer la connectivité des classiques ordinateurs, tablettes et smartphone ; et le terme de Internet of Everything est sans aucun doute beaucoup plus adapté pour nommer ce nouveau réseau. Cette évolution conduit tout nouvel équipement/objet à disposer de capacités de captation et de production de données. L'hyper-connectivité qui en résulte est donc un enjeu important, et elle concerne tout à la fois des interactions machine-to-machine, people-to-machine et people-to-people.

Pour répondre aux défis en matière de mobilité, d'environnement, de santé, d'industrialisation et de sécurité, la conception de ces systèmes doit introduire de nouveaux paradigmes de conception, de communication, de cognition et de traitement de l'information. Dans ce contexte d'évolution et de déploiement exponentiel, les défis qui sont à relever concernent plus particulièrement :

- Le passage à l'échelle des objets et méthodes ;
- La réduction de l'empreinte écologique du traitement, du transfert et du stockage des données qui deviendront massives ;
- La sécurité, au sens large, des données que ce soit pour leur traitement mais également pour leur transfert ;
- La diversité applicative des objets connectés, chaque domaine apportant ses propres spécificités, besoins et contraintes en termes de latence, bande passante, criticité, densité, précision ...

^h Les animateurs et la responsabilité de l'axe évolueront sur la période 2023-2027 afin de conserver une dynamique positive et de permettre un renouvellement à la fois des collègues, mais également des groupes de travail qui sont portés par les activités des personnes impliquées. En particulier, Olivier Berder prendra le rôle de co-responsable sur la durée du mandat, en remplacement de Daniel Chillet.

ⁱ Des collègues de nouveaux laboratoires tels que le XLIM, ESYCOM et du LEAT seront contactés durant l'année 2022 pour venir rejoindre l'équipe d'animation en vue d'élargir le spectre des thématiques de l'axe.

C'est dans ce périmètre scientifique que s'inscrit l'axe *Systèmes connectés pour les transitions*, en se positionnant plus particulièrement sur des questions relatives à la modélisation multi-physique / multi-échelle, à la conception, aux mécanismes d'identification/adaptation et compensation du milieu, et à la validation d'objets connectés cognitifs à fortes contraintes liées aux domaines applicatifs et à leur environnement. Par ailleurs, cet axe s'intéresse également à l'émergence de nouvelles technologies qui pourraient permettre de soutenir l'augmentation des performances et permettre également la réduction de l'empreinte énergétique de l'objet. Enfin, pour notamment éviter d'engorger le réseau, des traitements au plus proche du capteur doivent être réalisés, et ceux-ci s'appuieront de plus en plus sur des mécanismes d'intelligences artificielles qui devront donc être embarqués au sein des objets.

Les retombées sociétales liées aux domaines applicatifs sont nombreuses et vont encore s'accroître pour couvrir tous les domaines applicatifs de nos vies courantes. À titre indicatif, on peut citer :

- Le domaine de la santé et du bien-être :
- Prévention et aide au diagnostic précoce ;
- Amélioration et optimisation des traitements et de leurs suivis ;
- Augmentation de l'autonomie (suppléance fonctionnelle et compensation du handicap) ;
- Optimisations des actes (ergonomie, réduction de la souffrance, réduction des complications) ;
- Compréhension des mécanismes du vivant et de leur interaction avec l'objet ;
- Accompagnement dans les activités quotidiennes / sportives et meilleure gestion de celles-ci ;
- Le domaine des transports et systèmes urbains durables :
- Optimisation de l'efficacité énergétique et environnementale ;
- Nouveaux usages liés aux véhicules autonomes et partages de véhicules ;
- Fiabilité, résilience ;
- Sécurité et aide à la gestion des trafics ;
- Continuité de services durant les trajets ;
- Le domaine du sport de loisir et de haut niveau :
- Suivi d'entraînement et de récupération ;
- Optimisation de la performance ;
- Analyse de gestes, de postures ;
- Prévention des blessures, aide à la convalescence ;
- Le domaine de la domotique :
- Surveillance du domicile et alertes sur évènements non conformes ;
- Pilotage et maintenance des équipements ;
- Optimisation énergétique ;
- Confort et qualité de vie ;

Et plus généralement :

- Meilleure connaissance du milieu et des interactions milieu/objet pour l'optimisation des circuits de traitement, des performances énergétiques et l'agilité des communications (qualité de service) ;
- Méthodologie d'adaptation de l'objet et élaboration de nouvelles stratégies d'adaptation (consommation, fiabilité, acceptabilité) ;
- Processus d'identification, de caractérisation et d'adaptation au milieu ;
- Amélioration des performances et de la QoS ;

- Optimisations du placement des ressources et des fonctions, optimisations du déploiement et des services ;
- Passage à l'échelle, le modus operandi de la collecte et du stockage des données.

Le positionnement de l'axe *Systèmes connectés pour les transitions* au sein du GdR SoC² est transverse puisqu'il requiert la mobilisation des techniques, des méthodes et des outils développés dans les autres axes. On peut en effet définir la transversalité avec les autres axes de la façon suivante :

- Besoins en calcul qui ne cessent de croître, lien avec l'axe *Calcul embarqué haute performance* ;
- Optimisation énergétique des objets, lien avec les axes *Technologie du futur* et *Méthodologies et Outils* ;
- Connectivité des objets, lien avec l'axe *Circuits et Systèmes AMS&RF* ;
- Conception efficace des objets, lien avec l'axe *Méthodologies et Outils* ;
- Traitements proches capteur et l'aide à la décision, lien avec l'axe *IA et Systèmes Embarqués* ;
- Sécurité et la fiabilité des objets, lien avec l'axe *Systèmes robustes fiables et sécurisés*.

Prospective horizon 2030 et verrous

L'évolution du domaine dans les 10 prochaines années se focalisera essentiellement sur les problématiques et verrous suivants :

- **La recherche du compromis haute performance versus empreinte écologique.** Le déploiement massif des objets pose implicitement la question de leur empreinte énergétique. Compte tenu de l'agilité de l'objet et des services associés, des mutations profondes au niveau de leur architecture (logicielle et matérielle) doivent se poursuivre. Ces évolutions soutiendront l'embarquement d'une plus grande capacité de calcul tout en garantissant un haut niveau de fiabilité, de protection et de résilience pour des applications numériques critiques (santé, transport, industrie, domotique, etc). Les thématiques de réduction de la consommation d'énergie, déjà abordées depuis de nombreuses années, resteront d'actualité pour la prochaine décennie pour tenter d'atténuer l'impact écologique de ce domaine en très forte croissance. Cela passera par la prise en compte d'un panel de techniques regroupant tout à la fois l'adaptation des équipements sur la base de leurs capacités de reconfiguration (logicielle et/ou matérielle), mais également l'exploitation de nouveaux paradigmes de calcul tel que, par exemple, le concept de in-memory computing. Enfin, en complément des implémentations logicielles classiques sur CPU ou GPU, l'accès à des supports d'exécution matériels plus efficaces, notamment des circuits reconfigurables de type FPGA, devra être simplifié pour généraliser leur exploitation au niveau applicatif.
- **Passage à l'échelle des objets et des données :** Compte tenu de la quantité de données produite par les objets connectés, la pertinence des informations captées et remontées vers les éléments de décision (très souvent situés dans le cloud) devient de plus en plus critique. Au fur et à mesure du déploiement des millions/milliards d'objets, la pression sur l'analyse in situ, par l'objet lui-même, s'accroît en vue d'éviter d'encombrer à la fois le réseau de communications et le cloud par un flux de données brut inexploitable. Ainsi, une coopération efficace entre le edge computing (near-sensor computing) et le cloud pour une meilleure exploitation des données, et des ressources de calcul et de communication est nécessaire et il est primordial d'imaginer de nouveaux paradigmes de traitement afin d'augmenter la pertinence des données recueillies tout en répondant à des contraintes de temps sévères, de consommation énergétique, de prise de décision, de conception sur le plan environnemental (éco conception, biodégradabilité, ...) et d'acceptabilité. L'embarquement de capacité d'IA au sein des objets, en conjonction avec d'autres techniques comme le calcul distribué et le in-network computing, ou encore le calcul approximé

et la quantification, sera donc l'une des solutions incontournables pour assurer un passage à l'échelle et permettre des prises de décision au plus proche de la captation des données.

- **Réseaux d'objets** : Si le traitement local des données pour en extraire une information pertinente permettra de réduire la bande passante utile pour chaque objet, cette réduction ne suffira pas pour réduire le trafic sur les réseaux qui devront assurer la connectivité d'un plus grand nombre d'objets. La convergence des réseaux, en partie couverte par la 5G, pourrait être la solution, mais les besoins étant extrêmement hétérogènes, des problématiques liées à la définition de nouvelles technologies de communication mobile (6G, THz ...) et de nouveaux protocoles réseaux (BLE20, LPWAN21 ...) devront être poursuivies dans les prochaines années.
- **Sécurité des objets/ données** : La multiplication des objets s'appuie en partie sur leur faible coût, qui est parfois obtenu en embarquant un faible niveau de sécurité afin de limiter les besoins en termes de capacité de calcul. Toutefois, dans un contexte IoE, chaque objet peut devenir une porte d'entrée vers le système d'information dans son ensemble. L'hyper-connectivité de ces objets ne pourra alors être assurée que si des mécanismes de certification de confiance sont délivrés et ceci de façon dynamique pour maîtriser les pénétrations / intrusions dans les systèmes. L'identification des intrusions sera de plus en plus nécessaire pour se prémunir d'attaques malveillantes. La sécurité sera alors en enjeu majeur à tous les niveaux, allant des aspects matériels de l'objet jusqu'aux couches logicielles hautes incluant les échanges réseaux.
- **Digital Twin IoT** : Le jumeau numérique représente un outil de modélisation et de simulation à l'identique d'un système particulier, capable de répondre à des données réelles. Pour certains cas d'études, tels que la régulation du trafic routier pour une ville intelligente ou encore la détection anticipée des dangers (accidents, crimes, engorgement du trafic, stationnement, etc), des outils de création et de gestion de jumeaux numériques seront essentiels afin de pouvoir définir différents scénarios permettant la mise en place d'une ou plusieurs solutions efficaces. Ces techniques seront à développer pour étudier les comportements (dans toutes ses dimensions) d'un réseau de capteurs, en vue de vérifier ses réactions dans les cas d'usages classiques mais également dans des cas d'usages correspondant à des modes dégradés et/ou des attaques malveillantes.
- **Privauté, confiance, acceptabilité et appropriation** : L'évolution vers l'IoE s'accompagne d'une hyper-connectivité dont l'utilisateur doit comprendre l'intérêt. S'il paraît relativement logique que ces objets sont acceptés lorsqu'ils rendent un service recherché par un utilisateur, il existe un risque non négligeable de rejet si ces objets s'insinuent dans le quotidien de l'utilisateur pour le tracer ou le modéliser, à son insu, et avec un objectif échappant totalement à son contrôle. Pour accorder sa confiance à un objet, l'utilisateur pourra exiger une connaissance précise et compréhensible du niveau d'intrusion de celui-ci dans son environnement personnel et professionnel. L'acceptabilité et l'appropriation de l'objet passera donc par une éthique sociétale dans le développement et le déploiement de celui-ci.

Domaines impactés par l'IoE : L'ensemble des points soulevés ci-dessus n'est pas spécifique à un domaine d'application, mais s'applique avec des pondérations différentes à chaque domaine. Il est par exemple évident que dans un contexte médical, la sécurité des données captées puis transmises sera primordiale pour que le couple patient-médecin soit en confiance et accepte l'intrusion, in- vivo, d'objets pour surveiller des paramètres physiologiques et/ou activer la libération de molécules dans le cadre d'un traitement à distance. Dans un tout autre domaine qu'est la sécurité routière, la problématique de la consommation énergétique sera sans aucun doute moins forte pour des équipements à destination de véhicules disposant d'une source d'énergie assez confortable. Dans le domaine du transport intelligent, impliquant de l'interaction entre véhicules ou entre véhicule et

infrastructure, les problématiques de réseaux et d'ubiquité seront prédominantes pour assurer la fluidité du trafic et surtout la sécurité des véhicules. Les réseaux d'IoE seront aussi déterminants pour la mise en place de jumeaux numériques dans des domaines très variés tels que l'usine du futur, la ville intelligente, le transport intelligent, etc. Pour être exploitable et permettre des études précises, les jumeaux numériques s'appuient sur des données qui sont captées dans un environnement réel, et les flots de données remontant des objets seront donc tout à fait pertinents pour ce domaine applicatif en plein essor.

Objectifs quantitatifs, quelques exemples

- Critère de la consommation énergétique et de l'environnement :
 - le développement des objets connectés pourrait être freiné si leur consommation ne leur confère pas une autonomie suffisante. À l'heure actuelle, des facteurs d'amélioration importants doivent être gagnés selon les contextes applicatifs et la qualité de service exigée ;
 - repousser les limites de l'autonomie de ces objets dotés de systèmes de récupération d'énergie ;
- Critère de la sécurité des données, équipements, utilisateurs :
 - pour le transport : latence de communication < ms pour les véhicules, coût de conception ;
 - pour la santé : latence de communications, maîtrise des variations de température de l'objet pour systèmes in-vivo ;
- Critère de l'interopérabilité des objets :
 - continuité de l'accès aux services ;
 - accessibilité aux données quel que soit l'objet, le réseau ;
 - compatibilité des communications, des protocoles.

Objectifs qualitatifs pour des fonctions en rupture, quelques exemples

- domaine de la santé :
 - dispositifs mini-invasifs ;
 - amélioration de la qualité de vie tout au long de la vie ;
 - aide et accompagnement des personnes à mobilité réduite ;
 - dépistage précoce, optimisation des traitements et des actes ;
 - réduction de la souffrance ;
 - augmentation de l'autonomie ;
 - diagnostic plus précis ;
 - objets autonomes en énergie ;
- domaine du transport :
 - gestion du trafic ;
 - amélioration de la sécurité routière ;
 - continuité des services ;
 - continuité de la connectivité et de l'accès aux services.

Identification des verrous liés aux défis

- verrous scientifiques
 - la diversité et la variabilité des signaux à traiter nécessitent la définition de nouvelles méthodes d'acquisition et de traitement afin de capter toute l'information utile au système ;

- les communications concernent des données hétérogènes et ont un caractère sporadique qui nécessitent des supports/protocoles spécifiques pouvant supporter la mobilité ainsi que la sécurité des données ;
- la massification des données produites par les objets connectés engendre des difficultés de collecte, de transfert. La fusion de données et leur traitement au plus près du capteur seront l'une des clés qui permettra d'éviter l'engorgement du réseau ;
- la qualité de services délivrés par les objets connectés aura un impact sociétal important et participera de l'acceptabilité de ceux-ci par les utilisateurs ;
- face à la multiplication des objets dans tous les domaines de la vie courante, la fiabilité des capteurs et des architectures devra permettre d'éviter des interventions de maintenance et dépannage au cas par cas ;
- face aux attaques que subiront les objets connectés, leur vulnérabilité et leur résilience devront être renforcées faute de rejet par les utilisateurs ;
- la prise de décision, enclenchant des actions sur l'environnement, qu'elle soit locale ou provenant du cloud, devra pouvoir être maîtrisée et expliquée, et cela quel que soit le niveau de complexité de la cognition sous-jacente.
- verrous technologiques
 - les technologies CMOS actuelles poursuivent leur évolution vers des finesses de gravure toujours plus petites, toutefois cette évolution se fait au prix d'efforts et de coût d'équipements énormes. L'émergence de nouvelles technologies, permettant de réduire les besoins énergétiques, est l'un des verrous importants qui devra être levé pour supporter les évolutions futures ;
 - la complexité des architectures d'exécution ne cessant de croître, la disponibilité d'outils d'aide à la conception de haut niveau, ne nécessitant pas de connaissance trop fine de ces architectures, est également un verrou technologique important à lever pour accompagner le développement de ces systèmes ;

Objectifs scientifiques

L'axe *Systèmes connectés pour les transitions* étant transverse, il s'alimentera et exploitera les avancées scientifiques des autres axes. Toutefois, de façon très spécifique, les objectifs scientifiques de cet axe peuvent être listés, de façon non exhaustive, par :

- Modélisation de l'Interaction milieu/objet ;
- Conception faible consommation, gestion énergétique, autonomie ;
- Adaptabilité des objets ;
- Méthodologie de conception, simulation : multi-physique, multi échelle, ...

Acteurs académiques français (liste non-exhaustive)

UMR-CNRS : C2N, CITI, ETIS, Femto-ST, IM2NP, ICube, IETR, IJL, IMS, INL, IRISA, Lab-STICC, LAMIH, LEAT, LIP6, LIRMM, TIMA, XLIM.

Groupes de travail proposés et actions d'animation

- Identification de nouveaux domaines applicatifs et analyse des besoins :
 - L'axe *Systèmes connectés pour les transitions* a engagé un rapprochement avec le GdR Sport et Activités Physiques. Cette action sera poursuivie durant les cinq prochaines années ;
 - Un rapprochement avec le GdR Omer sera engagé durant l'année 2022, et donnera lieu à des journées d'animation communes sur la période 2023-2027, notamment autour des capteurs déployés en mer pour de la surveillance ;

- Gestion d'énergie :
 - Cette problématique restera un challenge pour les prochains développements, et nous organiserons des journées thématiques en lien avec les autres axes du GdR ;
- Architectures de traitement et de communication
 - L'objet connecté doit évoluer dans sa capacité à embarquer toujours plus de traitement, des architectures embarquant de l'IA sont donc un challenge important que nous adresserons en lien avec d'autres axes du GdR ;
- Outils de simulation, d'aide à la conception des futurs réseaux IoT
 - Le déploiement des capteurs doit répondre à des besoins utilisateur qui doit pouvoir accéder aux services de façon permanente et transparentes, cela passe par des simulations de déploiement afin notamment de garantir une couverture du territoire. Des journées thématiques sur le sujet seront organisées sur le prochain mandat du GdR.

Axe transversal : Technologies du futur**Mots clés**

Nouveaux paradigmes de calcul, de mémorisation et de communication, hybridation technologique, intégration 3D, systèmes hétérogènes, spintronique, quantique, calcul neuro-inspiré, électronique frugale, électronique durable, calcul approximé et stochastique, électronique cryogénique

Co-responsables

Jacques-Olivier Klein, C2N / Université Paris Saclay, Jacques-Olivier.klein@universite-paris-saclay.fr

Jean-Michel Portal, IM2NP / Aix-Marseille Université, Jean-Michel.Portal@univ-amu.fr

Animateurs

Marc Bocquet, IM2NP / Aix-Marseille Université

Alberto Bosio, INL / Ecole Centrale de Lyon

Damien Deleruyelle, INL / INSA Lyon

Chhandak Mukherjee, IMS / CNRS

Damien Querlioz, C2N / CNRS

Aïda Todri-Sanial, LIRMM / CNRS

Adrien Vincent, IMS / Bordeaux INP

Description de l'axe et positionnement

Les objets et applications connectés envahissent notre vie quotidienne et professionnelle. Cette tendance s'accélère avec plusieurs milliards d'appareils connectés prévus d'ici 2030. Un tel développement s'appuie sur de nouveaux terminaux et des infrastructures pour traiter, transférer et stocker des quantités massives de données dans le Cloud sur des systèmes de calcul haute performance. Le corollaire de cette évolution, est d'abord l'augmentation de la consommation énergétique globale et de son empreinte carbone qui percute l'urgence écologique et climatique. De plus, elle fait courir un risque de vulnérabilité à l'échelle nationale et européenne en terme de souveraineté technologique et économique, comme à l'échelle individuelle, en termes de protection des données personnelles sensibles. Ainsi, il apparait de nouveaux enjeux pour garantir la disponibilité des services et des fonctions qu'apportent le développement technologique des infrastructures numériques, sans pour autant compromettre la sûreté, l'éthique ou les enjeux écologiques, contraire à l'intérêt général. Dans ce contexte, tant pour diminuer son cout énergétique que pour réduire la vulnérabilité les transferts de données doivent être évités. Il en résulte que l'intégration de technologies émergentes dans la conception des systèmes électroniques doit évoluer en embarquant l'intelligence au plus proche des capteurs. Cet objectif implique notamment :

- de nouvelles méthodologies de conception (axe *Méthodologies et outils*)
- de nouveaux outils en matière de co-simulations multi-physiques (axe *Circuits et systèmes AMS&RF*)
- de nouveaux paradigmes de calcul (axe *Calcul embarqué haute performance / axe IA et systèmes embarqués*)
- de nouvelles solutions de sécurité des informations et des systèmes (axe *Systèmes robustes fiables et sécurisés*)

Cet axe de recherche, de par son positionnement particulier faisant le lien entre technologies et circuits/systèmes, rentre pleinement dans la stratégie nationale, notamment au travers des PEPR, tel que le PEPR Électronique. De la même manière, il répond au défi de la réindustrialisation dans le cadre des programmes de recherche européen Horizon Europe.

Prospective horizon 2030 et verrous

Les thèmes pivots de l'axe technologies du futur peuvent être regroupés autour des trois thèmes suivants :

- **les futurs cœurs des objets connectés** : ils devront intégrer une électronique de plus en plus hétérogène pour permettre une interaction accrue avec le monde physique. L'intégration monolithique de capteurs faisant appel à différentes physiques est attendue au-delà des systèmes actuels de types MEMS, avec des interfaces vers l'optique, le fluide, etc... Le traitement des données, tout ou en partie dans l'objet est aussi attendu, avec le déploiement de moteurs d'IA pour un traitement complet ("near-sensor computing", "edge computing") ou partiel ("in-network computing") dans l'objet.
- **les futurs systèmes de calcul haute performance** : ils devront permettre une efficacité énergétique optimale, en autorisant un traitement massivement parallèle de l'information. De nouveaux paradigmes de calcul, centrés sur les données devront être mis en avant ("non Von-Neumann computing"). Dans le même temps, l'essence même des calculateurs devra évoluer avec l'émergence du calcul quantique et de son interfaçage avec des systèmes conventionnels.
- **les futurs systèmes de communication sans fil** : ils devront permettre d'augmenter les débits tout en réduisant la consommation d'énergie lors des communications. Ces systèmes se positionnent au-delà de l'évolution actuelle prévisible "6G", et feront appel à des systèmes hybrides électroniques/optiques, visant les communications optiques (THz) en espace libre.

Objectifs

Le premier goulot d'étranglement identifié est la **co-intégration de technologies hétérogènes** (capteurs, optique, fluide, etc.), pour augmenter la fonctionnalité des technologies CMOS actuelles (FDSOI^j, FinFET) ou à venir (GAA-FET^k latéral ou vertical), et permettre ainsi une meilleure efficacité énergétique de l'interaction cyber-physique. Pour permettre cette conception hétérogène, et pour appréhender les compatibilités technologiques à différentes échelles, de nouveaux outils de simulation multi-physique portant sur les niveaux des procédés de fabrication, des composants, des circuits et des systèmes seront nécessaires. La prise en compte de l'intégration 3D monolithique de technologies hétérogènes ou de l'empilement hétérogène des puces, ou encore de l'intégration 2.5D au niveau de la mise en boîtier, est l'une des principales pistes de développement de ces systèmes augmentés.

Le deuxième obstacle identifié est lié aux **architectures haute performance**, centrées sur le calcul ("Von-Neumann computing"), qui atteignent leurs limites pour les applications nécessitant un traitement massif des données (par exemple réseaux neuronaux artificiels). Cette architecture révèle clairement un double problème : la latence dans les transferts de données entre des technologies hétérogènes (cœurs de calcul, mémoires volatiles et non volatiles) et la consommation d'énergie associée au mouvement des données. Trois voies d'exploration à envisager, qui ne s'excluent pas mutuellement, peuvent être envisagées, pour permettre le choix des meilleures technologies :

- le renversement de l'architecture, avec des systèmes centrés sur les données, et des approches de calcul proche- ou en-mémoire. Les explorations liant les couches technologiques jusqu'aux couches logicielles devront être menées pour favoriser les choix technologiques.
- la mise en œuvre de nouveaux paradigmes de calcul (stochastique, approximatif, hyper dimensionnel, arithmétique non-conventionnelle etc.) tirant le meilleur parti de nouvelles

^j Fully Depleted Silicon on Insulator

^k Gate-All-Around Field Effect Transistor

technologies (quantique, mémoire, etc...) pour réduire l'empreinte des données et augmenter la robustesse du système.

- la conception d'architectures neuro-inspirées, mettant en œuvre, selon les applications, un calcul adiabatique avec une fréquence de fonctionnement assez lente, proche de celle du cerveau humain. Ces architectures pourraient être déployées en périphérie pour limiter le transfert de données critiques en favorisant le traitement local ou dans le réseau.

Le troisième obstacle identifié concerne les **futurs systèmes de communication sans fil**, qui doivent permettre d'augmenter les débits tout en réduisant la consommation d'énergie lors des communications. Cet obstacle est lié à la convergence de l'électronique et de l'optique pour permettre la propagation en espace libre des communications optiques. Ces technologies, aux frontières de l'électronique et de l'optique, sont les technologies de communication THz. La connaissance approfondie de leurs caractéristiques (puissance d'émission et de réception, forme d'onde, format de modulation, etc.) permettra d'extrapoler les performances des futurs réseaux locaux. Au-delà, un autre aspect concerne la mise en place de communications optiques intra-puce dans un même système afin de réduire le coût énergétique des communications.

Acteurs académiques français (liste non-exhaustive par ordre alphabétique) :

C2N, IEMN, IETR, IM2NP, IMS, INL, LAAS, LIRMM, SPINTEC, TIMA

Axe transversal : Méthodologies et outils

Mots clés

Conception Assistée par Ordinateur, Electronic Design Automation, Electronic System Level, vérification et preuve formelle, IA pour la conception, outils open-source, modèles de calcul, compilation.

Co-responsables

Kevin Martin, Lab-STICC / Université de Bretagne-Sud, kevin.martin@univ-ubs.fr

Mickaël Dardaillon, IETR / INSA Rennes, mickael.dardaillon@insa-rennes.fr

Animateurs

Roselyne Chotin, LIP6 / Sorbonne Université

Lioua Labrak, INL / CPE Lyon

Bertrand Le Gal, IMS / Bordeaux INP

Marie-Minerve Louerat, LIP6 / Sorbonne Université

Katell Morin-Allory, TIMA / Grenoble INP

Sébastien Le Nours / Maxime Pelcat, IETR / INSA Rennes

Description de l'axe et positionnement

Cet axe regroupe les méthodologies et outils de conception, simulation, évaluation et vérification des systèmes électroniques et systèmes de systèmes électroniques. Les systèmes électroniques ont aujourd'hui atteint un niveau de complexité qui dépasse la maîtrise et la compréhension complète par un seul être humain. La gestion des milliers de milliards de transistors d'une puce moderne n'est réalisable qu'à l'aide d'outils informatiques qui couvrent toute la chaîne de fabrication et d'approvisionnement, des spécifications à la gestion de projets, en passant par les outils liés à l'ingénierie. Ces derniers sont l'objet de cet axe du GdR SoC².

La spécialisation des composants est la voie de cette décennie pour atteindre les performances tout en respectant les contraintes imposées et entraîne toujours plus d'hétérogénéité. Les nouveaux paradigmes de calculs comme le calcul en mémoire ou proche mémoire, ou encore le calcul approximatif nécessitent des méthodes et des outils pour leur mise en œuvre. L'augmentation du niveau d'abstraction et l'unification de la représentation des composants logiciels et matériels du système permettront de concevoir et programmer plus facilement ces systèmes numériques hétérogènes.

Les besoins en automatisation des outils de conception sont toujours plus grands. Une approche particulièrement prometteuse est d'utiliser les méthodes d'intelligence artificielle pour automatiser des tâches d'exploration d'espace de conception, de validation, de vérification, de génération de code ou d'architecture.

Enfin, la maîtrise de la consommation d'énergie des circuits est un enjeu majeur des prochaines années. Les méthodes et outils permettant la gestion de la consommation d'un système dans sa globalité sont encore à perfectionner.

Ici, les défis concernent :

- Les méthodes de conception pour les architectures émergentes comme le calcul approximé, le "in-memory computing" et l'intelligence artificielle
- L'intégration de l'intelligence artificielle pour l'optimisation de circuits et la modélisation d'architectures complexes
- L'augmentation du niveau d'abstraction pour les architectures hétérogènes et

- La modélisation et l'optimisation de la consommation d'énergie d'un point de vue architecture et système.

Les pistes évoquées ici sont en phase avec les recommandations clés énumérées dans le document HiPEAC vision 2021, en particulier avec la recommandation technique "straightforward", qui préconise le développement d'approches permettant d'améliorer la productivité des ingénieurs lors de la conception, production et gestion de systèmes complexes, incluant notamment des techniques d'IA.

L'axe *Méthodologies et outils* du GdR SoC² consiste en l'étude des méthodes et des outils de conception, de simulation, d'évaluation et de vérification des systèmes électroniques, numériques et analogiques. Cet axe est transversal par sa présence dans l'ensemble des axes du GdR SoC², que ce soit pour la compilation dans l'axe *Calcul embarqué haute performance*, la conception de système dans les axes *Circuits et Systèmes AMS&RF* et *Systèmes connectés pour les transitions*, l'analyse de système dans l'axe *Systèmes robustes fiables et sécurisés*, et l'intégration de l'intelligence artificielle dans les outils et pour la conception dans l'axe *IA et Systèmes Embarqués*.

Prospective horizon 2030 et verrous

L'évolution attendue pour les dix prochaines années est un besoin toujours plus grand en automatisation des méthodes de conception. Les outils d'aide à la conception automatisée sont déjà indispensables aujourd'hui. Outre l'automatisation de nouvelles tâches, la question qui va se poser est le passage à l'échelle des méthodes et outils existants. La montée en puissance des architectures hétérogènes et l'augmentation de leur taille et complexité nécessite un passage à l'échelle des méthodologies de conception vers des systèmes encore plus complexes. Cela nécessite l'abstraction de ces architectures par des techniques de virtualisation, de synthèse de haut-niveau et d'intégration des systèmes hétérogènes. Cette augmentation en complexité représente un coût en ingénierie important, et la recherche doit nourrir autant que s'appuyer sur les technologies open source logicielles et matérielles pour explorer ces systèmes complexes.

Un objectif serait par exemple d'être capable de traiter un débit de données absolument gigantesque de l'ordre de plusieurs TB/s, tel qu'il est nécessaire dans le cadre du projet SKA (Square Kilometer Array), qui consiste à construire le plus grand radio télescope du monde, un des défis les plus ambitieux que la communauté scientifique, dans son ensemble, s'est elle-même imposée de relever. Un autre exemple concerne la gestion des milliers de milliards de transistors d'une puce moderne (aujourd'hui le Nvidia GPU Hopper H100 à 80 milliards de transistors, d'ici 2027 ce sera l'ordre des centaines de milliards qui seront communs). Dans ce contexte, un objectif qualitatif est le passage à l'échelle des méthodes de conception.

Un des verrous scientifiques majeurs dans le contexte actuel dans la montée en maturité des méthodes basée IA est l'incompatibilité avec les techniques de preuve formelle. Il n'est pas possible aujourd'hui de prouver formellement une technique basée IA. La résolution du problème à résoudre étant implicite, il n'est pas possible d'en extraire une représentation formelle sur laquelle des règles de preuve peuvent être appliquées. Or, dans certains domaines d'activités comme l'aérospatiale, la certification est sujette à une preuve formelle. Les techniques basées IA ne vont donc pas tout résoudre, et il n'est peut-être pas opportun de vouloir tout résoudre. Les techniques traditionnelles, basées sur une formalisation explicite du problème à traiter, compatible avec les règles de preuve, doivent continuer à être explorées et maîtrisées.

À l'inverse, une tentative de formalisation exhaustive de l'ensemble des contraintes fonctionnelles et non-fonctionnelles pour la conception d'un circuit est certainement risquée étant donnée la

complexité d'une telle modélisation. Une approche basée sur l'apprentissage, qui permet de cumuler l'ensemble des paramètres au sein d'un même modèle qui se construit sur la base de résultats connus, est très certainement une voie prometteuse.

Le développement de l'intelligence artificielle pose de nombreux défis quant à son intégration sur des architectures spécialisées, mais offre aussi de nouvelles opportunités pour la conception d'outils de haut niveau. L'intelligence artificielle permet la modélisation et l'optimisation de systèmes complexes, en complément des méthodes de recherche opérationnelle utilisées dans les outils actuels. Elle devrait ouvrir de nouvelles opportunités que ce soit dans la conception de circuits à bas niveau, la conception d'architecture spécialisées de manière automatique, la modélisation et l'optimisation d'applications à haut niveau. La performance énergétique est devenue le facteur clef des systèmes numériques. Les contraintes énergétiques déterminent les architectures de calcul haute performance où la consommation est strictement limitée, pour des raisons économiques, à quelques mW. Les objets connectés doivent, quant à eux, garantir un fonctionnement sur accumulateur durant des années voire des décennies. Dans ce contexte, un gain d'un facteur 10 en énergie par opération est souhaitable au niveau système dans la prochaine décennie pour l'ensemble des systèmes numériques. L'efficacité énergétique peut devenir une métrique pour les méthodes, avec des approches centrées sur l'énergie, ou sur la mémoire.

Un verrou technologique identifié depuis plusieurs années déjà et toujours existant pour la décennie est la simulation précise de systèmes complexes. Les outils de simulation sont et resteront des acteurs incontournables. Le traditionnel compromis entre temps de simulation et précision de la simulation est exacerbé par la complexité des systèmes à concevoir. L'approche basée sur les traces d'exécution atteint ses limites lorsque l'ajout d'un composant impacte lui-même les traces. Une approche holistique au niveau système est souvent la seule approche possible, mais la précision au niveau cycle d'un système complet, incluant plusieurs dizaines de processeurs et un système d'exploitation par exemple, est tout simplement hors d'atteinte. La perte en précision de mesure pose alors la question de la pertinence des résultats lorsqu'il est question d'évaluer l'apport (temps d'exécution, consommation énergétique) d'un composant dans le système global. Les solutions basées sur des accélérateurs matériels, émulateurs, ou "hardware in the loop", offrent des perspectives séduisantes si ce n'est les seules crédibles. D'autres approches par model-checking statistique peuvent être envisagées mais nécessitent encore des développements pour la prise en compte d'architectures non-composables.

Objectifs

Parmi les thématiques en émergence, quatre familles de méthodes de conception sont à suivre :

- pour l'IA embarquée
- pour la cybersécurité
- pour les approches approximées ou proche mémoire
- pour le matériel open-source

Concernant les méthodes pour l'**IA embarquée**, de nombreuses pistes restent encore à étudier, incluant les systèmes d'IA peu ou non supervisés, à apprentissage continu, ou légers "par nature". Concernant les méthodes pour la **cybersécurité**, certains mécanismes de protection contre des attaques connues comme les canaux cachés pourraient être directement intégrés et proposés au concepteur sous forme de génération automatique de composants. Concernant les méthodes pour les **nouvelles approches de calcul** comme le calcul approximé, celles-ci peuvent se placer au niveau algorithmique, ou au niveau architectural. La "transprecision" permet par exemple d'approximer les

nombreux flottants en proposant un rapport précision/gain énergétique très intéressant. Une autre approche prometteuse englobe le calcul "proche-mémoire" ou "dans" la mémoire. Ces deux possibilités cassent la couche logicielle traditionnelle et il convient de définir de nouvelles méthodes, voire même de nouveaux langages de programmation, pour exploiter pleinement cette piste très prometteuse. L'interaction calcul-mémoire fait l'objet de nombreuses recherches notamment à l'international. L'arrivée concomitante des technologies mémoires non-volatiles rend ces recherches d'autant plus disruptives.

Concernant les méthodes pour le **matériel open-source**, il convient de suivre de près les nombreuses initiatives qui émergent dans de nombreux pays, y compris au niveau européen. Le jeu d'instructions ouvert RISC-V est l'exemple criant d'un engouement sans précédent pour l'open source matériel. Ce mouvement peut (et doit pour garder une forme de complétude) être accompagné par des logiciels open source permettant de concevoir un circuit. D'un point de vue sécurité, la connaissance et la couverture de la totalité de la chaîne de conception d'une puce permet de se prémunir de toute insertion de matériel non désiré. Pour les académiques, le matériel open-source permet d'avoir accès aux mêmes ressources que les industriels sans les prix parfois rédhibitoires de certains outils, ou les clauses ne permettant pas de publier les résultats de recherche. Pour les industriels, le matériel open-source permet une certaine indépendance vis-à-vis de certains fournisseurs, de bénéficier d'une factorisation des efforts, de garder une maîtrise, et d'assurer la pérennité des équipements ou produits. À l'instar d'une suite logicielle comme Linux qui n'empêche en rien une activité économique, le logiciel pour le matériel open source pourrait se tourner vers un nouveau modèle économique.

Il existe de nombreuses thématiques existantes qu'il convient de maintenir ou de renforcer. Commençons par citer les approches pour les circuits reconfigurables (FPGA, CGRA), embarqué ou dans le cloud, ou pour les GPUs, sans oublier les circuits dédiés, et en particulier pour l'IA. Les méthodes pour les systèmes hétérogènes restent plus que jamais d'actualité, notamment celles considérant les signaux mixtes, pour les technologies ou les communications émergentes dans la puce comme l'optique ou la radio. Le domaine encore balbutiant, mais bien existant, spécifique à l'apprentissage profond doit être renforcé par des outils d'optimisation et d'automatisation de réglages de paramètres, d'accélération de l'inférence et de l'apprentissage. Un autre domaine à fortifier est celui de la vérification, incluant les tests (génération de vecteurs de tests, BIST26) et la vérification formelle (preuve). Enfin, de nombreuses autres approches sur des problématiques bien ancrées restent à étudier : temps-réel, basse consommation, ou encore compilation au sens large. Les méthodes traditionnelles de la recherche opérationnelle (RO) (heuristiques, méta-heuristiques, méthodes exactes) souffrent de la concurrence des méthodes basées IA/ML. La communauté est poussée à tout résoudre avec l'IA/ML, mais ces méthodes ne conduisent pas systématiquement à bien identifier et formaliser les problèmes. Il convient de rester attentif le temps de disposer de suffisamment de données concernant le coût en temps et en énergie des méthodes IA/ML, et d'adapter la bonne méthode en fonction du problème. Il est surtout primordial de ne pas perdre les connaissances et compétences acquises en RO traditionnelle afin de pouvoir les réutiliser à l'horizon 2030 lorsque les méthodes basées IA/ML auront été intensivement étudiées par la communauté. Les ingénieurs d'aujourd'hui sont massivement formés, à juste titre, à utiliser des méthodes basées IA/ML, au détriment des méthodes traditionnelles. Il y aura donc à la fin de la décennie une génération entière d'ingénieurs habitués et compétents à utiliser des méthodes parfois non adaptées au problème. Le risque de perte de la connaissance et de l'expertise des méthodes traditionnelles est réel.

Acteurs académiques français (liste non-exhaustive par ordre alphabétique)

UMR-CNRS : CITI, CRISAL, ENSTA, ParisTech, IETR, INL, Institut Pascal, IRISA, IRIT, Lab-STICC, LAMIH, LIGM, LIP, LIP6, LIRMM, LS2N, LTCI, TIMA, Verimag

Autres acteurs institutionnels : INRIA Paris

Groupes de travail proposés et actions d'animation

- GT “Open Source Hardware and CAD Tools”, en lien avec l’axe *Calcul embarqué haute performance*
- GT “Tools for AI and AI in CAD Tools”, en lien avec l’axe *IA et systèmes embarqués*

Axe transversal : Intelligence artificielle et systèmes embarqués

Mots clés

IA Embarquée, IA Frugale, IA pour le CAO, Outils et frameworks pour l'IA, technologies d'IA émergentes, applications de l'IA embarquée, explicabilité, fiabilité et sécurité des systèmes d'IA, tests et validation des systèmes d'IA

Co-responsables

Gilles Sassatelli, LIRMM / CNRS, gilles.sassatelli@lirmm.fr

Maxime Pelcat, IETR / INSA Rennes, maxime.pelcat@insa-rennes.fr

Animateurs

Andrea Pinna, LIP6 / Sorbonne Université

François Berry, Institut Pascal / Université de Clermont Ferrand

Benoît Larras, IEMN / Junia

Virginie Fresse, LabHC / Université de St-Etienne

Description de l'axe et positionnement

L'axe *IA et systèmes embarqués* du GdR SoC², créé en 2020, vise à donner à la communauté SoC² une vision large de l'intégration d'intelligence dans les systèmes, de ses défis techniques, des technologies en pointe du domaine, et des verrous à lever pour progresser sur les systèmes intelligents. Les thèmes mis en avant dans l'axe sont :

- L'IA pour le CAD (computer-aided design),
- Les outils et frameworks pour l'IA embarquée,
- Les technologies émergentes (neuromorphique, slimming, splitting, incremental, etc.),
- L'explicabilité, la fiabilité, et la sécurité des systèmes d'IA,
- Le test et la validation des solutions d'IA.

L'IA va continuer, dans la décennie à venir, à alimenter d'extraordinaires avancées dans tous les domaines de la connaissance. Son histoire au cours de la décennie passée n'est pas marquée par une unique innovation décisive mais par une succession de découvertes fondamentales : l'apprentissage profond, l'IA générative, l'apprentissage par renforcement, etc. Par son actualité, l'IA apparaît actuellement, sous différentes formes et avec différents objectifs, dans l'ensemble des axes du GdR SoC². Les actions d'animations de l'axe *IA et systèmes embarqués* se concentrent donc sur les thèmes impliquant une remise en question des algorithmes d'IA eux-mêmes, ou de sa mise en œuvre pratique dans des solutions soutenables.

Prospective horizon 2030 et verrous

Le développement de l'intelligence artificielle pose de nombreux défis quant à son intégration sur des architectures spécialisées. En quelques années seulement, avec l'avènement des architectures d'apprentissage profond et les applications d'assistance personnelle et de moteurs de recherche poussées par les géants américains GAFa, l'IA est passée du statut de curiosité académique à celui d'une véritable force économique et fait des percées profondes dans tous les principaux secteurs d'application. Cela a été rendu possible par :

- Le succès des réseaux de neurones profonds pour "donner un sens" aux données avec des taux d'erreur très faibles – par exemple, la reconnaissance vocale en 2019 a démontré un taux d'erreur de seulement 4%.
- La disponibilité massive de données permettant d'entraîner ces modèles sur des corpus représentatifs

- La croissance de la puissance de calcul des architectures, capables aujourd'hui de supporter la quantité très importante de calculs demandée par ces algorithmes.

L'IA domine désormais également les nouveaux systèmes de jeux vidéo et imprègne tous les domaines de l'acquisition de données. Les solutions IA / ML évoluent rapidement vers la périphérie et donnent naissance au "Edge AI". Cette évolution est bénéfique à plusieurs niveaux :

- L'acceptabilité de l'IA embarquée sera avantagée par l'utilisation d'approches matérielles dédiées pour réduire la consommation énergétique globale d'une part, et par la proximité aux utilisateurs pour démystifier et focaliser sur des applications pour aider les personnes d'autre part.
- La réalisation de solutions IA embarquée peut s'appuyer sur l'écosystème national dynamique dans ce domaine, et contribuera à la relance et à la réindustrialisation nationale et européenne.
- Enfin, les besoins de personnel hautement qualifié à tous les niveaux de la chaîne de valeur se font sentir dans cette filière en tension, et l'IA embarquée peut réellement être un vecteur commun de construction.

Cependant, les difficultés de réalisation du Edge computing (en termes de consommation énergétique des ICT et de développement durable) ne seront qu'accroissées par la généralisation de l'IA embarquée. Les architectures conventionnelles, centrées sur le calcul ("Von-Neumann computing") atteignent leurs limites pour les applications nécessitant un traitement massif des données. L'exécution efficace des algorithmes issus de l'IA, que ce soit en périphérie ou sur le cloud, passe par l'intégration d'accélérateurs spécifiques au sein des architectures. En comparaison des implémentations logicielles sur CPU ou GPU classiques, des implémentations matérielles n'ont plus à démontrer leur efficacité. Elles atteignent dans certains systèmes actuels des performances énergétiques dépassant le TOPS/Watt (trillions d'opérations par seconde par Watt) alors que l'efficacité énergétique du calcul conventionnel est en général en retrait de 2 à 3 ordres de grandeur. Il peut s'agir actuellement d'accélérateurs (GP)GPU, de TPU, de solutions dédiées à base de FPGA, mais ces solutions ne seront pas suffisantes à long terme. Un véritable changement de paradigme des architectures des machines est nécessaire, et cela impactera toutes les strates de la chaîne de valeur – des composants aux couches logicielles en passant bien évidemment par la conception de circuits et architectures d'accélérateurs à terme en rupture, y compris quantiques. Les algorithmes d'intelligence artificielle auront aussi à évoluer pour éviter la surparamétrisation actuelle tout en exploitant efficacement les ressources matérielles disponibles. Les approches telles que la programmation génétique et l'apprentissage par renforcement prennent d'ores et déjà cette direction. Les défis liés à la sécurité de l'IA, et notamment à la confidentialité des données, vont également ouvrir de nouveaux horizons de recherche. Enfin, les futures solutions à ces défis exploiteront elles-mêmes les opportunités offertes par l'intelligence artificielle pour la modélisation et la prise de décisions en intégrant cette intelligence dans les solutions de conception système assistée par ordinateur. Cela est préfiguré par les méthodes de type AutoML qui automatisent non seulement l'apprentissage de l'IA mais également sa conception.

Objectifs

Les prochaines activités d'animation prévues couvriront l'intelligence artificielle à l'Edge, ses nouvelles technologies et nouveaux besoins, l'intégration d'intelligence artificielle dans la conception assistée par ordinateur, ainsi que les nouveaux processeurs dédiés à l'IA. Des actions communes avec les GdRs BioComp et IA seront organisées afin de créer des ponts entre les nombreuses disciplines impliquées dans l'IA. Une nouvelle cartographie des travaux des membres du GdR SoC² sur le thème *IA et systèmes embarqués* sera également effectuée début 2022 pour évaluer les thèmes à privilégier dans l'animation du GdR.

Acteurs académiques français (liste non-exhaustive par ordre alphabétique)

UMR-CNRS : C2N, CITI, CRISAL, Femto-ST, I3S, IETR, IM2NP, IMS, INL, Institut Pascal, IRISA, IRIT, Lab-STICC, LAMIH, LEAT, LIP6, LIRMM, LORIA, LS2N, SPINTEC, TIMA

b. Instruments d'animation

Journées thématiques

Les GTs du GdR organisent des journées thématiques, qui peuvent consister en exposés, présentations invitées, ou débats sur un thème.

Le processus de programmation des Journées Thématiques est le suivant :

- l'animateur d'un axe propose au Comité d'animation un programme pour une journée thématique sur un sujet particulier. Pour des thèmes transversaux, une JT peut être organisée conjointement par plusieurs GT, ainsi que par des GTs appartenant à plusieurs GdRs
- le Comité d'animation valide (ou non) les propositions de Journées Thématiques après présentation et discussion lors des réunions pour finaliser la programmation des journées du semestre suivant

Lorsque la programmation est finalisée, la journée est annoncée via les moyens de communication du GdR. Les personnes intéressées s'inscrivent auprès de l'animateur et assistent à la journée. Après la journée, l'animateur en rédige un compte-rendu, qui indique en particulier le nombre de participants, et qui est archivé avec les présentations ou travaux effectués. Ce processus est décrit dans le document "Fiche d'aide à l'organisation d'une journée thématique" (en annexe).

Des journées thématiques sont organisées en partenariat avec d'autres GdR.

Enfin, des propositions pourront émaner directement de la communauté pour l'organisation de journées sur des thèmes particuliers. Dans ce cas, l'animateur de la thématique la plus proche sera co-organisateur et facilitateur.

Barcamps

Les GTs peuvent aussi organiser différentes formes de "remue-méninges" (brain-storming) collectifs, ou des barcamps thématiques. Le processus de programmation est le même que pour les Journées Thématiques. Des barcamps stratégiques peuvent être organisés à l'initiative du Comité stratégique.

Événements de courtage ("brokerage")

En collaboration avec les pôles de compétitivité et autres organismes intéressés, le GdR organisera des événements de brainstorming / rencontres scientifiques en amont des appels à projet. L'objectif est de stimuler le montage de projets en proposant des journées permettant de présenter des idées de projet, des projets en cours de montage, des appels à partenaires. Une attention particulière sera donnée aux propositions ERC. La participation à ces événements fera partie de l'offre du Club des partenaires et permettra également de prendre en compte les besoins industriels.

Etude de veille ou d'émergence

Des séquences de journées thématiques portant sur un sujet scientifique prospectif pourront être organisées. Ce schéma d'animation est adapté à une étude de veille sur un sujet spécifique, ou à faire émerger un sujet collaboratif, et pourra être utilisé par chaque GT. Le Comité stratégique l'utilisera également pour mener une politique d'animation "top-down" en mettant en place un "thème de l'année" pour le GdR. Il s'agira de sujets prospectifs, exploratoires et rassemblant plusieurs acteurs des différents axes (ex. objets connectés, nouveaux paradigmes de calcul, quantique, deep learning, e-santé ...)

Colloque national annuel

En tant que structure d'animation de la communauté, le GdR lui donne l'opportunité de se rencontrer dans son ensemble pendant le Colloque National. Ce colloque se déroule tous les ans au mois de juin sur trois jours dans des locaux mis à disposition par un établissement tutelle du laboratoire organisateur.

Il est composé de sessions plénières scientifiques avec des orateurs invités de marque, des sessions posters pour favoriser la participation des doctorants. Une assemblée générale permet de présenter le bilan de l'année, les résultats des barcamps, la synthèse du thème de l'année, l'avancement des chantiers. Une session d'intérêt général peut se consacrer aux informations sur les instances (CNU, CoNRS) ou aux discussions portant sur les stratégies nationales et européennes de la recherche.

Ce rassemblement permet bien évidemment des échanges sur les plans scientifique et institutionnel et stimule entre autres l'implication des membres du GdR dans l'organisation de manifestations scientifiques à l'échelle internationale, ainsi que dans les instances aux échelles nationale (CoNRS, CNU, ANR ...) et internationale (URSI, IFIP ...).

Des présentations, sous forme de posters, sont réalisées par les doctorants de la communauté. Outre la présentation des dernières avancées, cet événement permet aussi de faire réaliser une première présentation aux doctorants.

Soutien aux écoles thématiques

Le GdR soutient financièrement (dans la limite de son budget de fonctionnement) un nombre limité d'écoles thématiques chaque année, dont le montage financier n'inclut pas de soutien CNRS par ailleurs. Seules les écoles thématiques se déroulant en France et dont le comité d'organisation inclut un membre du GdR sont éligibles au soutien. Le soutien est soumis au vote au Comité stratégique et se base sur l'intérêt de l'École thématique pour les membres du GdR.

5. Missions transversales

a. Soutien aux jeunes

Une attention particulière sera portée sur la participation des doctorants aux actions d'animation et au colloque annuel pour contribuer à leur formation doctorale, à leur appropriation de l'état de l'art et des avancées récentes, et également pour renforcer leur appartenance à la communauté. De plus, nous organiserons des journées d'accueil et d'intégration de nouveaux MCF et CR avec des actions de parrainage pour permettre aux jeunes chercheurs et enseignant-chercheurs d'identifier leur communauté à l'échelle nationale, les connexions possibles avec les partenaires et avec les communautés à l'échelle européenne. Enfin, nous chercherons à identifier à mi-mandat les futurs leaders de la communauté académique du domaine SoC² pour accompagner la construction du projet du GdR au-delà du mandat 2023-2027.

b. Communication

La communication de l'information joue naturellement un rôle central au sein du GdR. Elle peut être externe, pour donner des informations sur le GdR vers l'extérieur, ou interne, entre les membres du GdR. Cette communication interne peut être descendante, lorsqu'il s'agit de diffuser des informations à l'ensemble de la communauté, ou ascendante, lorsqu'un membre de la communauté souhaite faire remonter une information à diffuser ou une demande. Au-delà, des services de partage d'information et de documents pourraient soutenir les activités des GTs. Plusieurs instruments de communication

ont été mis en place lors du mandat 2018-2022 ; le GdR visera à consolider l'utilisation, l'alimentation et le suivi de ces canaux de communication pendant le mandat 2023-2027.

c. Classement des publications

Le GdR tient à jour une identification des journaux et conférences du domaine, ainsi que de leur importance pour la communauté, leur qualité et leur impact. Ce bilan a un double rôle : clarifier aux instances externes à la communauté l'importance et la qualité relatives des différents canaux de dissémination scientifique du domaine d'une part ; et orienter la valorisation scientifique des membres du GdR vers les journaux et conférences de qualité. Un chantier de mise à jour du document de classement des publications sera lancé dès le début du mandat en 2023, avec la prise en considération de l'évolution des pratiques de dissémination scientifique et notamment l'émergence des pratiques de science ouverte et des journaux Open Access.

d. Relations internationales

Le GdR se doit d'intégrer une articulation avec la recherche à l'échelle européenne voire internationale. D'une part, les échanges internationaux enrichissent naturellement les travaux scientifiques du GdR. D'autre part, l'évolution des politiques de financement de la recherche conduit à orienter les équipes vers l'Europe. La connexion de la communauté nationale avec celles dans les pays voisins européens, dont une première action s'est concrétisée avec le réseau HiPEAC, sera renforcée. Un chantier International sera mis en place dès 2023 pour poursuivre plusieurs actions pendant le mandat 2023-2027 pour favoriser le montage de projets européens (session au Colloque National avec invitation de PO européen et/ou de Point de Contact National, identification d'appels européens, actions formelles de type COST).

Pour l'ensemble de ces actions, le GdR se rapprochera des responsables au sein des Instituts INSIS et INS2I pour travailler en complément et le plus efficacement possible.

e. Partenariats du GdR

Le GdR est lié formellement ou informellement à de nombreux partenaires, dont les principaux sont les laboratoires et les industriels. Pendant la période quadriennale 2023-2027, le GdR visera à poursuivre et à consolider les relations institutionnelles avec les instances d'une part (Instituts CNRS, MENRT, CES ANR, CNU, CoNRS ...), et avec les autres acteurs scientifiques du domaine, les pôles de compétitivité et les Instituts de Recherche Technologies d'autre part.

Référents laboratoires

Un correspondant du GdR dans chaque laboratoire rattaché au GdR assure la liaison entre le laboratoire rattaché et le GdR SoC². Les noms des référents sont donnés en section 6 (Membres du GdR).

GdRs connexes

Le GdR entretient des relations informelles avec les GdRs connexes à ses thématiques au sein des Instituts INSIS et INS2I. Pour chaque GdR connexe, le GdR mandate une personne pour assurer la coordination des actions communes.

Nom du GdR connexe	Référent GdR SoC ²	Laboratoire
ISIS (Information, Signal, Image et Vision)	Christophe Jego	IMS
SEEDS (Systèmes d'Energie Electrique dans leurs Dimensions Sociétales)	Ian O'Connor	INL
Ondes	Nathalie Deltimple	IMS
MACS (Modélisation, Analyse et Conduite des Systèmes dynamiques)	Sébastien Pillement	IETR
Sécurité Informatique	Marie-Lise Flottes Cédric Marchand	LIRMM INL
BioComp (Implémentations matérielles du calcul naturel)	Ian O'Connor	INL
GPL (Génie de la Programmation et du Logiciel)	Florian Brandner	LTCI
RSD (Réseaux et Systèmes Distribués)	Olivier Sentieys	IRISA
RO (Recherche Opérationnelle)	Lilia Zaourar	CEA
Robotique	Patrick Girard	LIRMM
Réparer l'humain	Olivier Romain	ETIS

Organismes

Le GdR entretient des relations informelles avec des organismes ayant des actions dans le domaine SoC² sur le plan national (pôles de compétitivité, instituts de recherche technologique, ...). Pour chaque organisme, le GdR mandate une personne pour favoriser le montage d'actions communes.

Pôles de compétitivité	Référent GdR SoC ²	Laboratoire
Aerospace Valley	Cristell Maneux	IMS
Cap Digital	Lina Mroueh	ISEP
Images & Réseaux	Sébastien Pillement	IETR
Minalogic	Ian O'Connor	INL
Solutions Communicantes Sécurisées	Lionel Torres	LIRMM
Systematic	Cristell Maneux	IMS
ID4car	Sébastien Pillement	IETR
Instituts de Recherche Technologique	Référent GdR SoC ²	Laboratoire
IRT Jules Verne	Sébastien Pillement	IETR
IRT Nanoelec	Frédéric Petrot	TIMA
IRT St Exupéry	Philippe Coussy	Lab-STICC
IRT B'COM	Philippe Coussy	Lab-STICC
Autres organismes	Référent GdR SoC ²	Laboratoire
CEA-LETI	Ian O'Connor	INL
CEA-LIST	Patrick Girard	LIRMM
CMP	Ian O'Connor	INL
CNFM	Luc Hébrard	ICube
Embedded France	Ian O'Connor	INL
Comité Stratégique de Filière Électronique	Sébastien Pillement Cristell Maneux	IETR IMS
Organismes internationaux	Référent GdR SoC ²	Laboratoire
IEEE	Patricia Desgreys	LTCI
HiPEAC	Ian O'Connor	INL

Instances

Le GdR s'implique dans des organismes institutionnels sur le plan national (CNRS, MENRT, ANR ...). Pour chaque instance, le GdR identifie une personne impliquée pour relayer les informations des instances vers les membres du GdR et pour faire remonter les informations du GdR.

CNRS	Référent GdR SoC²	Laboratoire
INS21	Patrick Girard	LIRMM
INSIS	Ian O'Connor	INL
CoNRS section 7	Patrick Girard	LIRMM
CoNRS section 8	Cristell Maneux	IMS
MENRT	Référent GdR SoC²	Laboratoire
CNU 27	Frédéric Petrot	TIMA
CNU 61	Sébastien Pillement	IETR
CNU 63	Ian O'Connor	INL
ANR	Référent GdR SoC²	Laboratoire
CES Cybersécurité	Lilian Bossuet	LAHC
CES HPC, logiciel embarqué ...	Gilles Sassatelli	LIRMM
CES Micronano	Lionel Torres	LIRMM

6. Membres du GdR

a. Unités de recherche

Le GdR SoC² regroupe plus de 600 permanents intégrés dans 48 laboratoires en France, principalement des UMR CNRS.



Ampère

Référent : Fabien Meyeveille (fabien.meyeveille@univ-lyon1.fr)

Adresse : 20 avenue Albert Einstein, Villeurbanne

Site : www.ampere-lab.fr

C2N - Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies

Référent : Jacques Olivier Klein (Jacques-Olivier.Klein@u-psud.fr)

Adresse : 10 bd Thomas Gobert, Palaiseau

Site : www.c2n.universite-paris-saclay.fr

CEDRIC - Centre d'études et de recherche en informatique du CNAM

Référent : Samuel Garcia (samuel.garcia@cnam.fr)

Adresse : 2 rue Conté, Paris

Site : cedric.cnam.fr

CITI - Centre of Innovation in Telecommunication and Integration of service
Réfèrent : Guillaume Villemaud (guillaume.villemaud@insa-lyon.fr)
Adresse : 6 avenue des arts, Villeurbanne
Site : www.citi-lab.fr

CRISAL - Centre de Recherche en Informatique, Signal et Automatique de Lille
Réfèrent : Julien Forget (julien.forget@polytech-lille.fr)
Adresse : avenue Carl Gauss, Villeneuve D'Ascq
Site : www.cristal.univ-lille.fr

ESME Research Lab
Réfèrent : Aude Herry (aude.herry@esme.fr)
Adresse : 38 rue Molière, Ivry-sur-Seine
Site : www.esme.fr/recherche/ecole-ingenieurs

ESTIA Recherche - Equipe de Recherche de l'ESTIA
Réfèrent : Guillaume Terrasson (g.terrasson@estia.fr)
Adresse : 92 allée Théodore Monod, Bidard
Site : www.estia.fr/recherche/organisation-de-lequipe-de-recherche.html

ESYCOM - Électronique, SYstèmes de Communication & Microsystèmes
Réfèrent : Gaëlle Lissorgues (gaelle.lissorgues@esiee.fr)
Adresse : 5 boulevard Descartes, Champs sur marne
Site : esycom.u-pem.fr

ETIS - Equipes du Traitement des Informations et Systèmes
Réfèrent : Olivier Romain (olivier.romain@ensea.fr)
Adresse : 6 avenue du Ponceau, Cergy-Pontoise
Site : www-etis.ensea.fr

FEMTO-ST - Franche-Comté Electronique, Mécanique, Thermique et Optique - Sciences et Technologies
Réfèrent : Philippe Canalda (philippe.canalda@femto-st.fr)
Adresse : 1, Cours Louis Leprince-Ringuet, Montbéliard
Site : www.femto-st.fr

GeePs - Génie électrique et électronique de Paris
Réfèrent : Pietro Maris Ferreira (Pietro.Marisferreira@centralesupelec.fr)
Adresse : 11, rue Joliot Curie, Gif sur Yvette
Site : www.lgep.supelec.fr

GIPSA-LAB - Grenoble Images Parole Signal Automatique Laboratoire
Réfèrent : Dominique Houzet (dominique.houzet@gipsa-lab.grenoble-inp.fr)
Adresse : 11 rue des Mathématiques, Saint Martin d'Hères
Site : www.gipsa-lab.grenoble-inp.fr

I3S - Laboratoire d'Informatique, Signaux et Systèmes de Sophia Antipolis
Référént : Sid Touati (sid.touati@univ-cotedazur.fr)
Adresse : 2000 Route des Lucioles , Sophia-Antipolis
Site : www.i3s.unice.fr

ICube - Laboratoire des sciences de l'Ingénieur de l'Informatique et de l'Imagerie
Référént : Luc Hébrard (luc.hebrard@unistra.fr)
Adresse : 300 bd Sébastien Brant, Illkirch
Site : icube.unistra.fr

IEMN - Institut d'Électronique, de Microélectronique et de Nanotechnologies
Référént : Antoine Frappé (antoine.frappe@isen.fr)
Adresse : avenue Poincaré, Villeneuve d'Ascq
Site : www.iemn.fr

IETR - Institut d'Electronique et de Télécommunications de Rennes
Référént : Sébastien Pillement (Sebastien.Pillement@univ-nantes.fr)
Adresse : 263 av. Général Leclerc, Rennes
Site : www.ietr.fr

IJL - Institut Jean Lamour
Référént : Hassan Rabah (hassan.rabah@univ-lorraine.fr)
Adresse : 2 allée André Guinier, Nancy
Site : ijl.univ-lorraine.fr

IM2NP - Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences De Provence
Référént : Hervé Barthélemy (herve.barthelemy@im2np.fr)
Adresse : Avenue Escadrille Normandie Niemen, Marseille
Site : www.im2np.fr

IMS - Institut des Matériaux aux Systèmes
Référént : Cristell Maneux (Cristell.Maneux@ims-bordeaux.fr)
Adresse : 351 Cours de la libération, Talence
Site : www.ims-bordeaux.fr

ImVIA – Imagerie et Vision Artificielle
Référént : Dominique Ginhac (dginhac@u-bourgogne.fr)
Adresse : allée Alain Savary, Dijon
Site : imvia.u-bourgogne.fr

INL – Institut des Nanotechnologies de Lyon
Référént : Ian O'Connor (ian.oconnor@ec-lyon.fr)
Adresse : 36 avenue Guy de Collongue, Ecully
Site : inl.cnrs.fr

Institut Pascal - Institut Pascal

Référént : François Berry (francois.berry@uca.fr)

Adresse : 4 Impasse Blaise Pascal, Aubière

Site : ip.univ-bpclermont.fr

IRISA - Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires

Référént : Olivier Sentieys (olivier.sentieys@irisa.fr)

Adresse : 6 rue de Kerampont, Lannion

Site : www.irisa.fr

IRIT - Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

Référént : Pascal Sainrat (pascal.sainrat@irit.fr)

Adresse : 118 Route de Narbonne, Toulouse

Site : www.irit.fr

L@BISEN – Yncrea Ouest

Référént : Maher Jridi (maher.jridi@isen-ouest.yncrea.fr)

Adresse : 20 rue Cuirassé Bretagne, Brest

Site : isen-brest.fr/labisen

LAAS - Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes

Référént : Daniela Dragomirescu (daniela@laas.fr)

Adresse : 7 avenue du Colonel Roche, Toulouse

Site : www.laas.fr

Lab-STICC - Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Information, de la Communication et de la Connaissance

Référént : Guy Gogniat (guy.gogniat@univ-ubs.fr)

Adresse : Rue de Saint-Maudé, Lorient

Site : www.labsticc.fr

LabHC - Laboratoire Hubert Curien

Référént : Lilian Bossuet (lilian.bossuet@univ-st-etienne.fr)

Adresse : 18 Rue du Professeur Benoît Lauras, Saint Etienne

Site : laboratoirehubertcurien.fr

LAMIH - Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'informatique Industrielles et Humaines

Référént : Smail Niar (smail.niar@univ-valenciennes.fr)

Adresse : Val Mont Houy, Famars

Site : www.univ-valenciennes.fr/LAMIH

LCIS - Laboratoire de Conception et d'Intégration des Systèmes

Référént : Vincent Berouille (vincent.berouille@grenoble-inp.fr)

Adresse : 50 rue Barthélémy de Laffemas, Valence

Site : lcis.grenoble-inp.fr/le-laboratoire/

LCOMS - Laboratoire de Conception, Optimisation et Modélisation des Systèmes

Référent : Camel Tanougast (camel.tanougast@univ-lorraine.fr)

Adresse : 7 rue Marconi, Metz

Site : lcoms.univ-lorraine.fr

LEAT - Laboratoire d'Electronique, Antennes et Télécommunications

Référent : Cécile Belleudy (Cecile.Belleudy@unice.fr)

Adresse : 930 route des Colles, Biot

Site : leat.unice.fr

LGIPM - Laboratoire de Génie Industriel, de Production et de Maintenance

Référent : Fabrice Monteiro (fabrice.monteiro@univ-lorraine.fr)

Adresse : Ile du Saulcy, Metz

Site : lgipm.univ-lorraine.fr

LIGM - Laboratoire d'Informatique Gaspard-Monge

Référent : Yasmina Abdeddaim (yasmina.abdeddaim@esiee.fr)

Adresse : 5 boulevard Descartes, Champs sur marne

Site : ligm.u-pem.fr

LIP - Laboratoire de l'Informatique du Parallélisme

Référent : Matthieu Moy (Matthieu.Moy@univ-lyon1.fr)

Adresse : 46 allée d'Italie, Lyon

Site : www.ens-lyon.fr/LIP

LIP6 - Laboratoire d'Informatique de Paris 6

Référent : Marie Minerve Louerat (Marie-Minerve.Louerat@lip6.fr)

Adresse : 4 place Jussieu, Paris

Site : www.lip6.fr

LIRMM - Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier

Référent : Patrick Girard (girard@lirmm.fr)

Adresse : 161, rue Ada, Montpellier

Site : www.lirmm.fr

LISITE - Laboratoire d'Informatique, Signal, Image, Télécommunication et Électronique

Référent : Lina Mroueh (lina.mroueh@isep.fr)

Adresse : 10 rue de Vanves, Issy-les-Moulineaux

Site : www.isep.fr/laboratoire-lisite-2-2

LORIA - Laboratoire Lorrain de Recherche en Informatique et ses Applications

Référent : Ye-Qiong Song (ye-qiong.song@loria.fr)

Adresse : 615 rue du Jardin Botanique, Villers-lès-Nancy

Site : www.loria.fr

LS2N - Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes
Réfèrent : Sébastien Faucou (sebastien.faucou@univ-nantes.fr)
Adresse : rue Christian Pauc, Nantes
Site : ls2n.fr

LTCI - Laboratoire Traitement et Communication de l'Information
Réfèrent : Patricia Desgreys (patricia.desgreys@telecom-paristech.fr)
Adresse : 19, place Marguerite Perey, Palaiseau
Site : www.telecom-paris.fr/fr/recherche/laboratoires/laboratoire-traitement-et-communication-de-linformation-ltci

Polytech'Lab
Réfèrent : Gilles Jacquemod (Gilles.Jacquemod@polytech.unice.fr)
Adresse : 930 route des Colles, Biot
Site : epoc.unice.fr

SATIE - Systèmes et Applications des Technologies de l'Information et de l'Energie
Réfèrent : Abdelhafid Elouardi (abdelhafid.elouardi@universite-paris-saclay.fr)
Adresse : 61 avenue du Président Wilson, Cachan
Site : satie.ens-paris-saclay.fr

SPINTEC
Réfèrent : Lorena Anghel (lorena.anghel@grenoble-inp.fr)
Adresse : 17 av. des Martyrs, Grenoble
Site : www.spintec.fr

TIMA - Techniques de l'Informatique et de la Microélectronique pour l'Architecture des systèmes intégrés
Réfèrent : Frédéric Pétrot (Frederic.Petrot@imag.fr)
Adresse : 46 avenue Félix Viallet, Grenoble
Site : tima.imag.fr

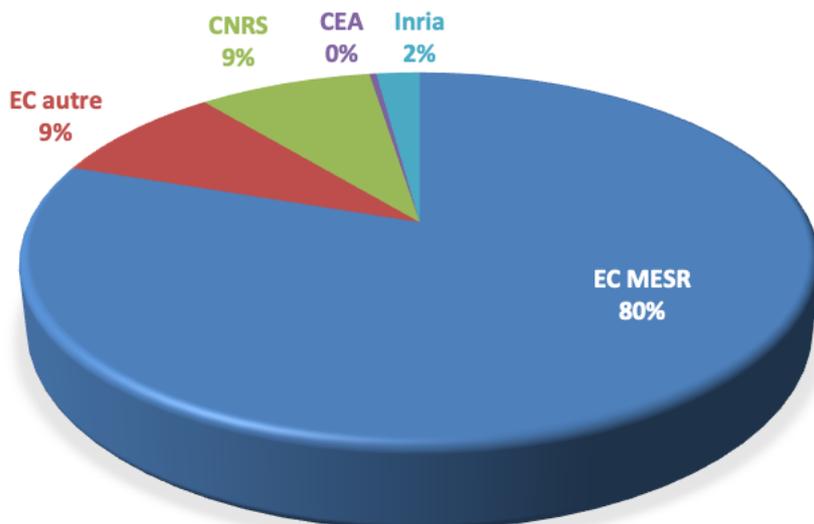
U2IS - Unité d'Informatique et d'Ingénierie des Systèmes
Réfèrent : Omar Hammami (Omar.Hammami@ensta-paris.fr)
Adresse : ENSTA Paris, 828 Boulevard des Maréchaux, Palaiseau
Site : u2is.ensta-paris.fr

Verimag
Réfèrent : Claire Maiza (claire.maiza@univ-grenoble-alpes.fr)
Adresse : 700 avenue Centrale, St Martin d'Hères
Site : www-verimag.imag.fr

XLIM
Réfèrent : Stéphane Bila (stephane.bila@xlim.fr)
Adresse : 123 avenue Albert Thomas, Limoges
Site : www.xlim.fr

b. Effectifs

La synthèse des effectifs des laboratoires participants du GdR montre que le GdR comprend plus de 600 permanents. Le graphe ci-dessus illustre la répartition des permanents par corps (Enseignants-Chercheurs sections 27, 61, 63 ; et CNRS sections 7, 8).



7. Ressources et moyens

a. Ressources financières

Le GdR SoC² bénéficie d'une dotation annuelle de fonctionnement des Instituts INSIS et INS2I, qui est gérée par INSIS.

Le budget annuel de fonctionnement prévu est de 40k€/an, avec la répartition suivante :

Nature de dépense	Montant annuel
Animation (journées et barcamps thématiques)	15k€
Colloque	17k€
Prix de thèse	1k€
Soutien Écoles thématiques	1k€
Journée d'accueil nouveaux MCF / CR	1k€
Direction	1k€
Partenaires	2k€
Communication / maintenance site web	2k€
Total	40k€

b. Ressources humaines

Le soutien administratif du GdR SoC² est assuré par le laboratoire du directeur (INL UMR CNRS 5270), principalement pour la logistique des colloques, ainsi que celle des animations scientifiques. La gestion des crédits est directement effectuée par la DR7 du CNRS.

Le soutien technique pour le site web, de la communication interne et de la cartographie, correspond à un contrat de maintenance avec une société externe.

c. Ressources propres

Le Club des partenaires peut apporter des ressources propres en complément des subventions des instituts INSIS et INS2I.

8. Conclusion

Le GdR SoC² remplit son rôle d'animation de la communauté des systèmes sur puce, systèmes embarqués et objets connectés, domaine clé pour la Société de l'Information et de la Communication, depuis dix ans. Le GdR rassemble une communauté large de plus de 600 permanents intégrés dans 48 laboratoires : des UMR relevant des instituts CNRS INSIS et INS2I, des équipes d'accueil (EA) et des EPI-INRIA. Des liens forts sont établis avec d'autres EPST et EPIC tels que le CEA, et avec l'industrie.

Sur la période 2017-2022 (S1), le GdR a organisé 66 Journées Thématiques et barcamps scientifiques, soutenu 7 écoles thématiques, organisé 4 colloques et a participé à la co-organisation de 6 séminaires thématiques. Sa structuration thématique a été basée sur 3 axes thématiques (Calcul embarqué haute performance, Frontières et interfaces cyberphysiques, Sécurité et intégrité des systèmes) et 4 axes transversaux (Objets connectés, Technologies du futur, Méthodologies, IA et systèmes embarqués).

Au niveau organisationnel, plusieurs chantiers de développement du GdR ont été lancés pendant la période quinquennale : interaction ANR, mise en œuvre du Club des partenaires, étude des interactions à l'international, Fiche d'aide à l'organisation des actions d'animation, Communication, Conjoncture, LPPR, Initiative Microélectronique du CNRS (Direction des Relations avec les Entreprises) – Groupe de Travail GT1 Conception / Architectures / Logiciels / Systèmes Embarqués, Prospective, Concours national RISC-V, Comité Stratégique de Filière Électronique, Intelligence Artificielle, Circuits Multi-Projet, implication PEPR.

Le projet du GdR s'appuie sur la structuration actuelle avec des ajustements à la marge. Le GdR est ainsi structuré :

- en 3 axes thématiques, qui permettent d'assurer la visibilité des disciplines principales de la communauté :
 - Calcul Embarqué Haute Performance ;
 - Circuits et Systèmes AMS&RF (circuits analogiques, mixtes et radiofréquence) ;
 - Systèmes robustes fiables et sécurisés
- et en 4 axes transversaux qui impliquent des travaux pluridisciplinaires aux interfaces définissant les aspects usages et besoins des applications futures. Ainsi, il s'agit
 - des grands domaines applicatifs des objets connectés autour desquels se développent aussi des recherches à caractère fondamental ;
 - des méthodologies de conception pour maîtriser ces objets d'une complexité grandissante;
 - des technologies et paradigmes émergents du futur qui représentent de nouvelles opportunités pour les architectures matérielles de calcul, de mémorisation, d'acquisition, de transmission et de restitution de l'information.
 - de l'intelligence artificielle et des systèmes embarqués

Les objectifs du GdR, pour le quadriennal 2023-2027 sont nombreux. Il s'agira tout d'abord de maintenir le niveau des activités d'animation à l'échelle nationale pour assurer la cohésion de la communauté avec une équipe d'animation renouvelée. Nous poursuivrons l'animation sous la forme déjà établie des journées thématiques, des barcamps et des thèmes de l'année, en renforçant la co-organisation avec les acteurs socio-économiques et le club des partenaires pour consolider les interactions partenariales. La connexion de la communauté nationale avec celles dans les pays voisins européens, dont une première action s'est concrétisée avec le réseau HiPEAC, sera renforcée. Une attention particulière sera également portée sur la participation des doctorants aux actions d'animation et au colloque annuel pour contribuer à leur formation doctorale, à leur appropriation

de l'état de l'art et des avancées récentes, et également pour renforcer leur appartenance à la communauté. De plus, nous organiserons des journées d'accueil et d'intégration de nouveaux MCF et CR avec des actions de parrainage pour permettre aux jeunes chercheurs et enseignant-chercheurs d'identifier leur communauté à l'échelle nationale, les connexions possibles avec les partenaires et avec les communautés à l'échelle européenne. Enfin, nous chercherons à identifier à mi-mandat les futurs leaders de la communauté académique du domaine SoC² pour accompagner la construction du projet du GdR au-delà du mandat 2023-2027.

Le GdR assurera toujours la pérennité des actions engagées comme le classement des publications et le club des partenaires pour concrétiser la forte interaction du GdR avec le monde socio-économique. En interne, les liens de la communauté seront renforcés autour des "thèmes de l'année", ainsi que des actions de brainstorming et de réseautage centrées sur les projets scientifiques. Le GdR se positionne comme un point d'entrée pour les domaines de recherche de son périmètre et poursuivra le renforcement des liens formels avec les organismes, les industriels et les instances connexes (pôles de compétitivité, Instituts de Recherche Technologique, CEA, CNFM, Embedded France, sections CNU, CoNRS, ANR) avec lesquels nous partageons des problématiques ou outils communs, et veillera à créer et à favoriser les liens avec d'autres disciplines à travers les GdRs connexes.

De plus, le GdR portera des actions de prospective (veille scientifique, expertise auprès des instances, contribution à la stratégie nationale de la recherche, identification des besoins de création de groupes de travail sur des enjeux scientifiques émergents et sur les grands défis sociétaux). Dans cette période quinquennale, le GdR veillera à s'ouvrir aux grands enjeux sociétaux comme la conception verte et les usages, au sens sociologique. Ainsi nous travaillerons à établir des liens directs sur l'impact de nos technologies sur l'environnement et leur acceptabilité par les usagers.

Le GdR suivra et accompagnera avec attention les fortes mutations du contexte national et international. Il prendra pleinement sa place dans les projets et discussions autour de ses thématiques et continuera de promouvoir une recherche collaborative et partenariale avec l'ensemble des partenaires du domaine.