

Haut Conseil de l'Évaluation de la Recherche et  
de l'Enseignement Supérieur



# DOCUMENT D'AUTOÉVALUATION

## Équipe SYEL



Campagne d'évaluation 2023-2024 — Vague D

## Table des matières

<b>1</b>	<b>INFORMATIONS GÉNÉRALES SUR L'ÉQUIPE SYEL</b>	<b>3</b>
1.1	Les thématiques scientifiques et leurs enjeux . . . . .	3
	Thème modélisation . . . . .	4
	Thème architecture . . . . .	4
	Thème edge IA . . . . .	5
	Domaines applicatifs . . . . .	6
<b>2</b>	<b>INTRODUCTION DU PORTFOLIO</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>AUTOÉVALUATION DU BILAN</b>	<b>9</b>
3.1	Autoévaluation de l'équipe . . . . .	9
	Domaine 2. Attractivité . . . . .	9
	Domaine 3. Production scientifique . . . . .	10
	Domaine 4. Inscription des activités de recherche dans la société . . . . .	11
<b>4</b>	<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES SIGNIFICATIVES DE SYEL</b>	<b>12</b>
<b>A</b>	<b>ANNEXE — MEMBRES PERMANENTS AU 31/12/2022</b>	<b>13</b>

# 1 INFORMATIONS GÉNÉRALES SUR L'ÉQUIPE SYEL

**Nom de l'équipe :** SYstèmes ELelectroniques (SYEL)

**Responsables de l'équipe :** Khalil Hachicha et Farouk Vallette

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
PR	2	2	2	1	1	1
MCF HDR	1	2	3	3	3	3
MCF	5	4	3	3	3	3
DR	0	0	0	0	0	0
CR HDR	0	0	0	0	0	1
CR	0	0	0	0	0	0
<b>Total permanents</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
Émérites	0	0	0	1	1	1
Doctorants	6	4	5	8	9	13
Ingénieurs CDD ou hors tutelles	0	0	1	1	1	1
Post-doc, ATER, etc.	1	4	1	1	1	0
Stagiaires	5	9	14	4	13	10
<b>Total non permanents</b>	<b>12</b>	<b>17</b>	<b>21</b>	<b>14</b>	<b>24</b>	<b>24</b>
<b>Total avec émérites</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>29</b>	<b>22</b>	<b>32</b>	<b>33</b>
<b>Equivalent temps plein recherche</b>	<b>4.0</b>	<b>4.0</b>	<b>4.0</b>	<b>3.5</b>	<b>3.5</b>	<b>4.5</b>

TABLE 1 – Personnels SYEL sur la période 2017-2022 (au 1er juillet de chaque année)

## 1.1 Les thématiques scientifiques et leurs enjeux

**Mots clés :** *Systèmes embarqués, edge IA, accélérateurs matériels, capteurs, IA frugale, dispositifs médicaux intelligents, aide au diagnostic, ingénierie biomédicale, modélisation et simulation, systèmes hétérogènes, maintenance prédictive, architectures reconfigurables, systèmes de vision.*

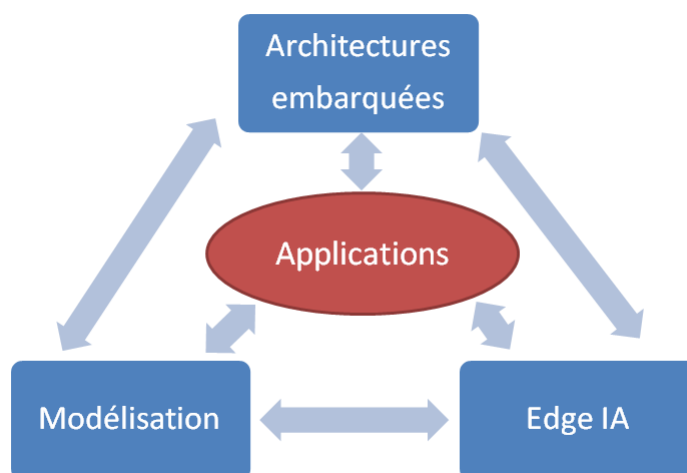
L'équipe SYEL se positionne à la fois sur des aspects fondamentaux et appliqués. Elle se retrouve à la croisée de 3 sections CNU : 63, 61 et 27. D'une part, elle contribue aux avancées fondamentales dans le domaine des systèmes électroniques embarqués intelligents, principalement leur modélisation, architecture et méthodologies pour embarquer des modèles d'apprentissage frugaux et d'inférences. D'autre part, elle exploite ces avancées pour la conception de systèmes dédiés à une classe d'applications, principalement dans les domaines de la santé, du biomédical, de l'aéronautique, de la vision, des transports, de la sécurité et de l'IIoT.

L'équipe valide ses travaux fondamentaux par la réalisation de démonstrateurs et leur expérimentation permettant ainsi de valoriser ses contributions sur le plan socio-économique. L'un des points forts de l'équipe est d'avoir une analyse système : les travaux réalisés permettent l'étude de toutes les briques d'un système électronique embarqué. Cela comprend la conception de capteurs, la mise en forme des signaux à l'aide de circuits électroniques analogiques et numériques, la réalisation d'architectures de traitement, le développement de couches logicielles basses et le déploiement sur cibles électroniques matérielles de divers types (CPU, GPU, FPGA et ASIC).s. Plusieurs évolutions structurelles ont marqué l'équipe durant la période 2017-2022.

L'effectif a été consolidé, dans ses activités liées à l'intelligence artificielle frugale, avec l'arrivée de Hichem Sahbi, chargé de recherche au CNRS, en janvier 2022. Il occupe la position de chargé de recherche. Nous notons également le passage du statut de Patrick Garda à émérite après avoir pris sa retraite. D'un autre côté, 2 membres associés de recherches ont rejoint l'équipe. Nathalie Ravidat, maître de conférences à l'Université de Paris Cité. Elle travaille sur des aspects liés à l'architecture du RISC V et (ii) Adrien Ugon, enseignant-chercheur à l'ESIEE, qui mène des travaux qui s'inscrivent dans la conception de systèmes experts basés sur la simulation des raisonnements cognitifs permettant d'abstraire des données granulaires hétérogènes et multimodales.

La figure 1 synthétise l'activité de l'équipe. L'originalité de SYEL est d'étudier divers aspects en lien avec les systèmes embarqués lorsqu'ils sont le plus souvent étudiés par des équipes distinctes. Passons maintenant à une description synthétique des thématiques de recherche de l'équipe durant la période 2017-2022.



FIGURE 1 – Activités de recherche : **Systèmes embarqués intelligents.**

### Thème modélisation

L'équipe SYEL étudie la modélisation des performances des systèmes hétérogènes, en particulier l'estimation de la consommation d'énergie et l'intégrité du signal. En ce qui concerne la consommation, l'exigence vis-à-vis de l'autonomie des systèmes embarqués est continuellement croissante. Or, cette autonomie est complexe à estimer dans les phases amont de la conception. En conséquence, sans expérience forte, les choix technologiques et logiciels sont effectués sans que leurs impacts sur l'autonomie du dispositif aient pu être évalués et maîtrisés. Pour répondre à ce problème, nous avons développé un outil permettant d'estimer, très tôt dans le processus de conception, l'autonomie d'un système embarqué. L'outil prend en compte trois aspects : l'application logicielle, l'architecture de la plateforme et la batterie. Une startup a été créée (Wisebatt), la méthodologie a été brevetée, plusieurs cas d'études ont été menés à travers plusieurs collaborations et un dépôt logiciel a été effectué [Dron et al., 2017, Dron et al., 2018]. En septembre 2021, STMicroelectronics a acquis Wisebatt et la PI de Sorbonne Université a été cédée à ST. Actuellement, des travaux sont en cours avec ST, s'appuyant sur l'outil Wisebatt, portant sur le développement d'une méthodologie permettant l'intégration d'algorithmes de "deep learning" dans des systèmes embarqués contraints en énergie.

Du côté de l'intégrité du signal, nous avons collaboré avec la société Atos dans le cadre d'une collaboration CIFRE (thèse de F. Sahel). Atos conçoit des cartes électroniques ultra-denses, qui contiennent des processeurs fonctionnant à très fortes puissances, et des liens séries ultra-rapides. La densité de ces cartes induit un rapprochement inévitable entre des signaux sensibles, et des alimentations à découpage. Cette proximité entraîne des phénomènes de couplage qui peuvent parfois être nuisibles au bon fonctionnement des systèmes électroniques constituant ces cartes. Un prototypage virtuel s'avère nécessaire afin de repérer par simulation les perturbations dues au couplage, et de vérifier l'efficacité des corrections nécessaires à apporter au système pour les réduire. Les outils de CAO actuels ne disposent pas d'application dédiée pour la modélisation de l'impact du fonctionnement d'une alimentation sur son environnement. Pour parer à cette lacune, nous avons proposé une méthode de simulation robuste, permettant de modéliser fidèlement le couplage entre alimentations à découpage et des conducteurs avoisinants, sur des circuits imprimés à haute densité d'interconnexions [Sahel et al., 2021].

Les travaux effectués au sein de l'équipe SYEL sur la modélisation ont abouti à la définition de méthodes fondamentales pour l'aide à la conception de systèmes embarqués.

### Thème architecture

Nos travaux de recherches sur les architectures embarquées ont pour objectifs de permettre de mettre en œuvre de manière optimale des algorithmes sur diverses cibles matérielles. L'optimalité s'entend ici en terme de satisfaction de contraintes fonctionnelles et non fonctionnelles. La mesure qui est souvent utilisée pour les contraintes fonctionnelles est la qualité de la réponse de l'algorithme, cette qualité pouvant se mesurer par exemple via un taux de classification. Les contraintes non fonctionnelles que nous étudions, sont le temps de traitement, l'énergie nécessaire au traitement et l'encombrement, notamment en terme de mémoire, de l'algorithme. Ces contraintes peuvent être sévères dans le cadre des applications que nous considérons, qu'elles soient liées au domaine

médical ou à celui du transport. Les cibles matérielles qui sont à la base des mises en œuvre réalisées au sein de l'équipe ; sont des architectures à base de CPU, MCU, DSP, FPGA, GPU. Elle peuvent être hétérogènes en incluant plusieurs types d'architectures précédemment citées. En plus de la satisfaction des contraintes applicatives, nous travaillons à optimiser le temps nécessaire pour mettre en œuvre un prototype à travers une facilité de développement et une flexibilité des solutions proposées pour d'éventuelles futures mises à jour. Les besoins exponentiels pour embarquer divers flux de traitement complexe nous permettent de nous positionner à un nombre important d'appels à projets et contrats industriels.

Dans le projet ANR Winocod, nous nous sommes intéressées à la mise en œuvre d'un réseau sur puce RF dynamiquement reconfigurable pour des architectures many-cœurs (thèse de A.Brière). Le projet a abouti au développement d'un modèle système de l'architecture permettant d'évaluer les apports du RF-NoC et de l'allocation dynamique à la demande de ses bandes de fréquence pour les communications au sein de la puce. La mise en œuvre de stratégies de routage (utilisation du réseau filaire ou du réseau RF selon le type d'échange et la longueur du chemin à traverser) a permis d'optimiser le temps de latence du réseau (20% moins importants que sur un réseau filaire classique) et de repousser le seuil de saturation du réseau [Romera et al., 2019]

Afin de répondre aux contraintes fonctionnelles et non fonctionnelles, nous nous intéressons depuis plus de 20 ans aux architectures reconfigurables. Une première architecture, OLLAF a été réalisée pour optimiser le temps de reconfiguration dynamique. Puis depuis 2012, l'équipe SYEL étudie la parallélisation distribuée de tâches matérielle en utilisant le standard MPI. Ces études ont permis la définition de la plate-forme MATIP. Celle-ci permet de déployer des applications parallèles distribuées composées de tâches matérielles. Pour permettre une utilisation optimale de MATIP, une méthodologie de conception utilisant de la synthèse de haut niveau (HLS) a été proposée et mise en œuvre [Mba et al., 2022]. Cette méthodologie a été utilisée pour intégrer un algorithme d'extraction de caractéristiques pour la reconnaissance de mots d'une langue à tons dans le cadre d'une collaboration avec l'université de Yaoundé1.

Un des axes de recherche que nous menons au sein de l'équipe SYEL sur les architectures concerne aussi les aspects de méthodologie de déploiement, notamment pour permettre l'embarquabilité d'applications utilisant d'intelligence artificielle. Ces méthodologies sont importantes dans le cadre de l'IA Frugale. Dans le cadre du projet ZIP-CNN (thèse de T.Garbay), une méthodologie d'exploration de l'espace des solutions pour guider l'intégration des CNN au sein de systèmes basés sur des MCU a été définie. Nous utilisons en premier lieu une méthode de transfert de connaissance en utilisant un CNN dont les paramètres ont déjà été appris sur une grande base de donnée et nous les adaptons à l'application embarquée. La méthodologie, utilise ensuite une estimation que nous nommons EST pour Energie-Surface-Temps [Garbay et al., 2022], qui permet de mesurer l'impact de l'exécution du CNN sur le système embarqué. Elle tient compte des caractéristiques intrinsèques du MCU considéré et du CNN à mettre en œuvre. Elle permet d'estimer l'influence des choix de conception et notamment les techniques de réduction, élagage, quantification ou distillation, utilisée pour intégrer le CNN dans l'objectif de respecter des contraintes.

## Thème edge IA

Cette thématique s'est consolidée dans l'équipe avec l'arrivée de Hichem Sahbi. L'utilisation de l'IA a permis de résoudre de nombreuses problématiques de vision ou de traitement du langage naturel. Le déploiement de ces modèles permet d'améliorer significativement l'exploitation des données récoltées. Cependant le coût d'exécution de ces algorithmes rend leur implémentation complexe au sein de systèmes embarqués. Plusieurs projets sont aujourd'hui menés au sein de l'équipe SYEL avec l'appui de SCAI. De nombreuses pistes sont étudiées, incluant les systèmes d'IA peu ou non supervisés, à apprentissage continu, ou légers. Quelques exemples de projets sont cités dans la suite de cette section.

D'abord nous soulignons une collaboration dans le cadre d'une thèse CIFRE avec Netatmo (thèse R. Dupont). Ces travaux visent à mettre en place des méthodes de compression et d'accélération des réseaux de neurones profonds. La démarche employée est basée sur l'élagage des connexions neuronales à l'aide de plusieurs critères (par magnitude, en modélisant explicitement la latence, en exploitant des contraintes d'orthogonalité et de consistance topologique, etc.). Les applications en classification d'images et d'actions en vidéos ont permis d'obtenir des taux d'élagage très élevés tout en maintenant une précision proche des réseaux de neurones initiaux non élagués [Dupont et al., 2022].

Une deuxième illustration de nos activités concerne l'apprentissage frugal actif et continu (Thèse S. Deschamps). Une collaboration avec Thales a été initiée dans l'objectif de construire itérativement des modèles d'apprentissage frugaux en données annotées. Nous avons réalisé cela à l'aide de fonctions d'acquisitions permettant de sélectionner un pool de données d'apprentissage le plus petit possible dont l'usage — lors de l'entraînement des

réseaux de neurones — permet d'obtenir des performances comparables à un apprentissage totalement supervisé. Le deuxième objectif est d'apprendre des réseaux de neurones en ingérant frugalement des incréments de données (comme en streaming). L'un des problèmes de l'apprentissage continu est l'oubli catastrophique caractérisé par l'incapacité d'un réseau à mémoriser les anciennes tâches lorsqu'il est entraîné sur de nouvelles. Nous avons ainsi mis en place des solutions permettant d'atténuer l'oubli catastrophique en apprenant les paramètres des réseaux de neurones dans des espaces orthogonaux par rapport aux données des anciennes tâches, ce qui a permis de réduire significativement l'interférence entre les paramètres des différentes tâches en classification d'images [Deschamps and Sahbi, 2022]

Une autre collaboration a été lancée en 2022 avec Essilor à travers une CIFRE (Thèse de L.Demagh). Le sujet porte sur la mesure, identification et discrimination des contextes porteurs à travers une monture de lunettes de port quotidien. Nous avons développé un modèle d'apprentissage profond multimodal et multitâche adapté pour microcontrôleurs basse consommation, appelé TinyMM. Notre proposition combine plusieurs sources de données hétérogènes pour résoudre des tâches distinctes à la fois.

Pour résumer, l'objectif de ces divers projets est de creuser de nouvelles pistes pour diminuer la taille des modèles d'inférences. Le couplage de ces techniques avec l'utilisation d'approches d'accélération matérielles dédiées et des méthodologies d'adéquation algorithme architecture permet de faire des percées profondes dans divers domaines d'applications. 3 domaines d'applications ont été principalement ciblés par l'équipe : le biomédical, systèmes de vision, la fiabilité/sécurité. Un aperçu de quelques projets menés au cours des 6 dernières années est présenté dans la suite de ce document.

## Domaines applicatifs

**Biomédical/e-santé.** L'équipe SYEL a depuis plusieurs années, une forte activité dans les domaines du biomédical et la e-santé. Elle a été développée grâce à des collaborations avec les praticiens des hôpitaux de l'APHP, principalement des CHU de Sorbonne Université. Ces dispositifs et systèmes, doivent aider au diagnostic, voire en réaliser une partie, ils intègrent tous de l'intelligence artificielle. A travers les différentes actions de recherche que nous menons, nous sommes amenés à considérer tous les aspects liés à leur mise en place. Ces aspects concernent la conception des blocs matériels et logiciel embarqué, mais aussi des aspects de certification. Vu l'importante activité de l'équipe dans ce domaine, 3 projets ciblant le biomédical sont détaillés dans le portfolio de l'équipe. D'abord les projets SpinalCOM/SpinalMED avec l'objectif de faire un monitoring fonctionnel de la moelle épinière. Les recherches menées sont associées à des aspects matériels et logiciels, validés in-vivo, ex-vivo, in-vitro ou/et in-silico. Ensuite, les projets portant sur l'analyse du sommeil qui permettent d'étudier les troubles du sommeil à travers la conception de systèmes d'aide à la décision par l'utilisation d'approches d'intelligence artificielle et notamment de système de fusion symbolique. Le troisième élément présenté dans le portfolio concerne la réalisation d'une capsule endoscopique intelligente autonome. Il s'agit ici d'étudier la conception d'un médicament électronique capable de prévenir le cancer colorectal [Chuquimia et al., 2020].

**Systèmes de vision.** Durant les 20 dernières années, l'équipe a développé un savoir-faire large en partant de la conception de capteurs d'images jusqu'à la mise en place d'algorithmes de compression et de traitement d'image. Dans la continuité de ces travaux, plusieurs projets sont menés en collaboration avec des partenaires industriels. Nous citons notamment une collaboration avec ST dans le cadre d'une CIFRE (thèse de V.Rebière). Nous avons conçu une chaîne de traitement pour la reconstruction spatiale d'une image RGB et de la carte de profondeur (Z) par télémétrie à partir d'une nouvelle architecture matérielle d'imageur monolithique, intégrant sur le même circuit les deux types de capteurs RGB et Z. L'apport majeur de la thèse se trouve dans la conception d'un nouvel algorithme pour la reconstruction des pixels couleurs en raison de la présence des pixels Z dans le motif constituant l'imageur [Rebiere et al., 2020].

Sous un autre aspect lié à l'estimation et classification du mouvement en vidéo, nous avons mis en place des méthodes d'estimation du mouvement (flux optique) dans les séquences vidéos à l'aide des réseaux de neurones profonds entraînés en mode auto-supervisé (c'est-à-dire en étant frugaux aux annotations). Ces travaux se déroulent dans le cadre d'une collaboration avec le CEA LIST (thèse CIFRE de R. Marsal). Une des contributions proposées porte sur une méthode originale permettant d'estimer le flux optique en prenant en compte les changements d'illumination dans les scènes traitées. Un deuxième apport concerne la classification et la reconnaissance d'actions dans les séquences vidéos à l'aide des réseaux convolutifs légers sur des graphes.

Globalement, l'équipe SYEL dispose d'une grande expertise dans ce domaine applicatif. Nous continuons à fructifier le savoir-faire acquis à travers diverses collaborations surtout avec des partenaires industrielles.

**Fiabilité/sécurité.** L'équipe SYEL a commencé par s'intéresser au thème fiabilité/sécurité en 2014 suite au lancement d'une collaboration avec Thales Avionic qui a été clôturée en 2017. L'objectif était d'introduire un nouveau

type de surveillance basée sur la simulation embarqué pour des systèmes complexes (avions) afin d'optimiser les performances de la sûreté de fonctionnement. En 2020, nous avons relancé cette thématique à travers une collaboration avec Airbus Hélicopters (thèse CIFRE de C. Del Cistia-Gallimard). Nous étudions l'apport et la mise en œuvre de techniques d'intelligence artificielle pour effectuer de la maintenance prédictive sur des pièces d'un hélicoptère. En nous appuyant sur des algorithmes de ML, nous avons proposé d'estimer les efforts agissants sur les pièces de l'hélicoptère en calculant d'endommagement des pièces à partir de l'évolution des charges de vols chez les clients [Del Cistia Gallimard et al., 2022].

Toujours sur cette même thématique, nous menons actuellement deux projets. Le premier porte sur l'interprétation d'un bitstream d'un FPGA par IA en collaboration avec l'université de Toronto et l'université de Nantes (thèse de S. Takougang). Notre ambition est d'interpréter la sémantique d'un bitstream afin de reconnaître les fonctions logiques combinatoires et séquentielles sans connaître à priori l'architecture souhaitée. Cela permettrait de pouvoir identifier des circuits malveillants et de sécuriser l'utilisation des FPGA dans le Cloud. Le deuxième projet se déroule dans le cadre d'une collaboration avec Polytechnique Montréal (thèse de J. Ehmer), pour une application de détection d'attaques de réseau. Nous avons pu montrer lors de ces travaux l'intérêt d'utiliser des réseaux de neurones de faible complexité par rapport à des architectures de type DNN, non seulement en termes de complexité matérielle, mais également en termes d'efficacité pour la reconnaissance des attaques. Ces travaux ont mené à la mise en œuvre d'une fonction de coût optimisée et adaptée à un dataset fortement déséquilibrée.

Globalement, le domaine de la sécurité/fiabilité présente un enjeu majeur pour les systèmes embarqués de demain et l'équipe SYEL est consciente de l'importance de bien se positionner sur un axe de recherche porteur et stratégique pour le LIP6.

## 2 INTRODUCTION DU PORTFOLIO

L'équipe SYEL présente 4 éléments dans le portfolio :

- ▶ **Élément 1 (publication)** : SpinalCom, portant sur la réalisation d'un implant intelligent pour le monitoring de la moelle épinière, il a été un modèle multidomaine du capteur de monitoring (incluant ses fonctionnalités optiques, électroniques et informatiques) interagissant avec un modèle du milieu biologique (moelle épinière) dans lequel le système est plongé. Ce modèle permet de mettre en place campagnes de simulations précises et en ligne avec des expérimentations in-vitro et in-vivo, et ainsi d'évaluer le comportement du capteur selon différents types de fonctionnements, mais aussi selon son interaction avec différents profils de moelle épinière (patient avec une lésion de la moelle).
- ▶ **Élément 2 (projet ou collaboration)** : Sommeil, l'analyse et exploration a pour objectif d'évaluer la présence de troubles du sommeil et de les quantifier. L'interprétation des données polysomnographiques (acquises lors de l'examen « médical » du sommeil) est une tâche chronophage et peut être accompagnée d'erreurs. Les travaux décrits à travers ce portfolio s'intéressent à la conception de systèmes d'aide à la décision en santé par l'utilisation de méthodes d'intelligence artificielle ou d'ingénierie des connaissances. Ces travaux se font en collaboration avec des professionnels de santé (médecins généralistes, médecins spécialistes, patients ...) avec lesquels nous travaillons pour analyser un dossier médical et prendre une décision (diagnostic ou thérapeutique).
- ▶ **Élément 3 (publication)** : Cyclope, un capsule endoscopique intelligente avec un intérêt à la définition d'algorithmes et leur intégration sur un système embarqué pour la détection des polypes dans les images de l'intestin. Le mélange de différentes approches (SVM, adaboost, réseau profond et forêts floues) est exploré afin d'obtenir une sensibilité et une spécificité pour la détection des polypes supérieure à 90 %. La définition d'une architecture matérielle embarquée pour l'implémentation de ces algorithmes a pour défi la minimisation de la consommation d'énergie.
- ▶ **Élément 4 (publication)** : Edge intelligence, qui adresse les problématiques liées aux déploiements de modèles d'intelligences artificielles sur des cibles embarquées disposant de ressources très limitées. Notre enjeu est d'apporter de nouvelles méthodologies permettant de faciliter cette intégration au regard des contraintes imposées par le système embarqué. L'IA on the edge est un axe de recherche très prometteur et représenterait un potentiel économique majeur pour les dix prochaines années.



### 3 AUTOÉVALUATION DU BILAN

#### 3.1 Autoévaluation de l'équipe

##### Domaine 2. Attractivité

Référence 1. L'unité est attractive par son rayonnement scientifique et s'insère dans l'espace européen de la recherche.

Nous avons participé à l'organisation de plusieurs colloques, conférences et journées de recherche. Nous évoquons notamment le colloque GDR SOC 2 en 2018, l'école thématique franco-canadienne BIOMEDInnov en 2018 et 2019, JetSan 2019, ICECS 2023, 3 journées thématiques "Systèmes embarqués et développement durable" du GDR SoC2 et plusieurs séminaires internes à Sorbonne (Sleep Disorders Day, etc).

Plusieurs membres de l'équipe sont "program chair" et "organisation chair" de conférences. Nous citons notamment la conférence "Medical Informatics Europe" 2022 et DASIP 2021. Nous faisons partie également du comité scientifique de plusieurs conférences tel que IEEE ICECS, IEEE NEWCAS, IEEE EMBC, IEEE BHI, IEEE ISCAS, Jetsan, Biocomp, ISIS, Ondes et réparer l'humain et nous participons aux comités de lecture de revues/conférences tels que IEEE Transaction on Biomedical Engineering, sensor journal, journal of Biomedical and Health Informatics, Microelectronics journal, expert Systems with Applications, Informatics in Medicine, journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, journals of Real-Time Image Processing.

Côté animation et responsabilités de recherche, nous mentionnons la présidence du comité d'animation du GDR SoC2 du CNRS depuis 2022, la co-animation du thème de l'année "Sustainable SOC" en 2019-20, la participation au réseau JU KDT pour l'INS2I en tant que chargé de mission et notre contribution au groupe de travail GT Stim dans le domaine de valorisation stratégique des dispositifs médicaux. Nous avons été invité pour présenter le projet WiNoCod à la journée thématique Emerging Interconnect Technologies du GDR SoC2 en 2017 et l'équipe a obtenu 2 prix. D'abord le Silver award de l'EIT Health PhD Transition Fellowship en 2018 et le Prix de thèse en GBM (Génie Biologique et Médical) en 2019. Le rayonnement de l'équipe fait que ses membres sont souvent sollicités pour participer comme expert dans le cadre à divers appels à projets (ANR, EIT, le programme Discovery Grant canadien).

Pour finir, nous soulignons que plusieurs chercheurs ont été invités et accueillis dans nos locaux durant les 6 dernières années ce qui nous a permis d'amorcer plusieurs collaborations. Les plus récentes visites sont celles de Pierre Langlois, professeur à l'école polytechnique de Montréal et Kryjak Tomasz de l'AGH university of Science and Technology.

Référence 2. L'unité est attractive par la qualité de sa politique d'accompagnement des personnels.

SYEL a vu sa capacité d'encadrer des doctorants augmenter rapidement avec 3 HDR soutenus et un CR HDR qui a intégré l'équipe. L'équipe est attractive en termes de thématique de recherche et les compétences acquises dans le domaine de l'embarqué sont très recherchées par les industriels. Nous dénombrons aujourd'hui 13 doctorants en cours de thèse dont une bonne partie en financement CIFRE. Au niveau de l'équipe, nous animons une veille sur l'actualité scientifique et organisons des présentations mensuelles des travaux de thèse des doctorants suivies d'un brainstorming. Nous encourageons et prenons en charge la participation de tous les doctorants de l'équipe pour participer aux journées annuelles du GDR SOC2 à fin qu'il puisse échanger avec les académiques/industriels et construire leur propre réseau.

Le devenir des nouveaux docteurs de l'équipe est plutôt radieux. Le pourcentage des doctorants qui ont directement pu trouver un travail est écrasant. Il convient de remarquer qu'une bonne majorité travaille dans de grands groupes et des PME, quelques uns ont créé leur propre startup et le reste ont continué dans le domaine de la recherche/enseignement. À titre d'illustration nous citons le recrutement de L. Songin chez Huwaei, F.Sahel chez Atos-Bull, J.Vincent chez ST Microelectronics, O.Quentin chez Naval Group ou A.Brière en tant que enseignant chercheur à l'ESIEE.

Référence 3. L'unité est attractive par la reconnaissance de ses succès à des appels à projets compétitifs.

L'équipe SYEL a obtenu divers financements à travers des appels à projets compétitifs. Nous notons spécifiquement l'ANR Labcom, Le PEPR IA, l'ANR WiNoCoD et le DIM RFSI ZIP CNN. Nous soulignons également l'acceptation

de plusieurs de nos demandes pour la prématuration et la maturation de projets par la SAAT lutech (capsule endoscopique) et le CNRS (Bodycap).

#### Référence 4. L'unité est attractive par la qualité de ses équipements et de ses compétences techniques.

L'équipe SYEL utilise la plateforme électronique du LIP6. Cette plateforme nous a permis de mettre en place un dispositif d'analyse et de profiling énergétique pour évaluer avec précision l'autonomie des systèmes embarqués et pouvoir l'optimiser. Une autre plateforme importante pour l'équipe est celle de spectroscopie optique visible et proche infra-rouge. Elle sert notamment à la caractérisation de sources lumineuses, de photodétecteurs, ainsi que de média.

### Domaine 3. Production scientifique

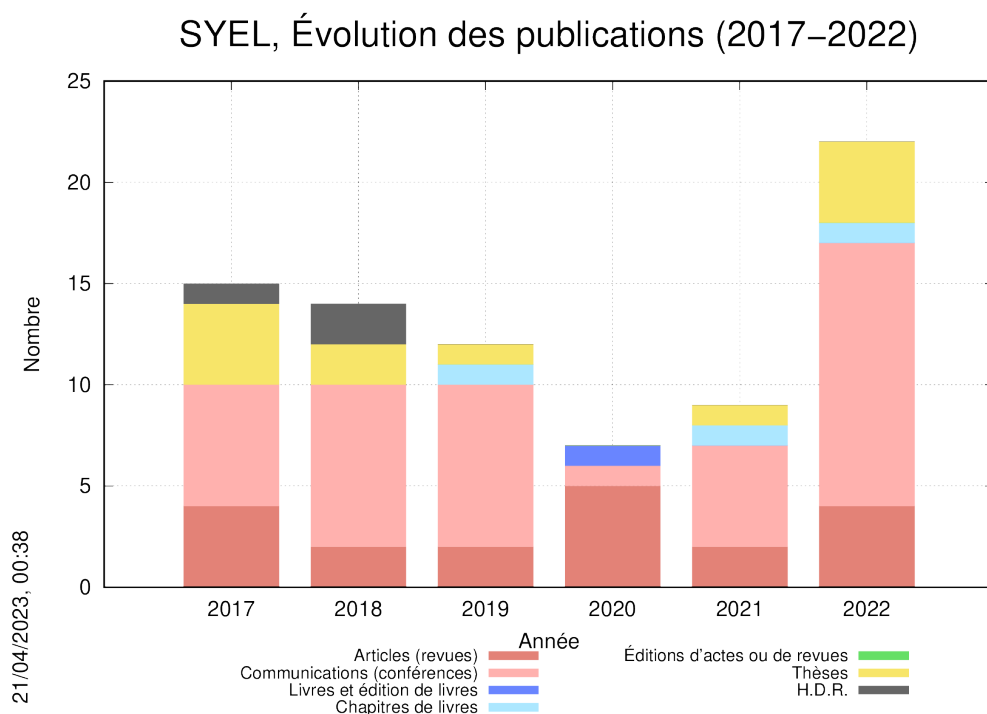


FIGURE 2 – Évolution des publications entre 2017 et 2022

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Articles (revues)</b>	1.00	0.50	0.50	1.42	0.57	0.88
<b>Communications (conférences)</b>	1.50	2.00	2.00	0.28	1.42	2.88

TABLE 2 – Publications par ETPR par an entre 2017 et 2022

#### Référence 1. La production scientifique de l'unité satisfait à des critères de qualité.

La production scientifique de l'équipe a connu une hausse en termes de nombre d'articles publiés dans des revues et une baisse au niveau du nombre de conférences, due essentiellement à la crise sanitaire. Nous avons publié dans des revues de renommée tels que IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems, Journal of Real-Time Image Processing, IEEE Access, IEEE Transactions on Multimedia, IEEE Sensors ou journal of signal processing Systems. En ce qui concerne les conférences, nous avons publié dans plusieurs conférences internationales de premiers plans tels que BIO-CAS 2022, ICIP 2022, EMBS 2021, ICES 2021, IJCNN 2018, COMPAS 2018 ou BHI 2017. L'équipe donne une importance également au dépôts logiciels avec un total de 3 dépôts durant la période écoulée.

Référence 2. La production scientifique de l'unité est proportionnée à son potentiel de recherche et correctement répartie entre ses personnels.

La Figure 2 montre une bonne production scientifique de l'équipe SYEL durant la période 2022-2027. Nous notons un creux en 2020 et 2021 dû essentiellement à la crise sanitaire et une reprise forte en 2022 en raison des travaux d'expérimentations et de prototypages qui ont été retardés. D'une manière globale, les membres de l'équipe sont actifs dans la recherche et, à la fois, très impliqués dans diverses responsabilités de formations proposés par Sorbonne université.

Référence 3. La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.

L'équipe a publié en "open access" plus de 75 % de ses articles sur HAL et les membres de l'équipe utilisent régulièrement ce portail pour accroître l'accessibilité des publications.

#### Domaine 4. Inscription des activités de recherche dans la société

Référence 1. L'unité se distingue par la qualité et la quantité de ses interactions avec le monde non-académique.

En déployant une démarche attractive sur le plan scientifique et technologique, l'équipe SYEL réussit régulièrement à accueillir des doctorants dans le cadre de contrats CIFRE proposés par de grandes entreprises telles que Airbus, Thalès St microelectronics ou Essilor. Également, nous notons que plusieurs membres de SYEL sont tuteurs académiques d'étudiants en formations par alternance ou en stage de master 2 avec des industriels qui donnent lieu parfois à des collaborations en retour. Nous notons finalement qu'un membre de l'équipe est chargé de mission "Club des partenaires industriels" au sein du GDR SoC2, ce qui nous aide à améliorer nos interactions.

Référence 2. L'unité développe des produits à destination du monde culturel, économique et social.

Les membres de SYEL sont très impliqués à travers diverses prises de responsabilités à tous les niveaux. Nous notons principalement :

- ▶ la direction du collège doctoral<sup>1</sup> de Sorbonne Université,
- ▶ la direction des études de la licence d'Électronique à Sorbonne Université,
- ▶ la responsabilité du portail de L1 Sciences de l'ingénieur à Sorbonne Université,
- ▶ la responsable de la spécialité Electronique-Informatique parcours Informatique industrielle de Polytech Sorbonne (jusqu'à 2021),
- ▶ la responsabilité du DEUST Systèmes d'Information numérique et électronique (jusqu'à septembre 2021),
- ▶ la responsabilité du parcours de Licence bi-disciplinaire intensif EEA/Informatique et la co-responsabilité du CMI EEA.

Plusieurs membres de l'équipe font partie du conseil d'enseignement de l'UFR d'Ingénierie, du conseil de la Plateforme pédagogique d'Ingénierie.

Référence 3. L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.

L'équipe SYEL contribue activement au partage des connaissances avec le grand public. Chaque année, les membres de SYEL participent à l'organisation de la fête de la science, un événement qui célèbre le partage des sciences. Nous notons que nous proposons plusieurs stages de 3e chaque année, permettant à des collégiens de découvrir le monde de la recherche et que nous avons également écrit plusieurs articles de vulgarisation scientifique. À titre d'exemple, nous pouvons citer l'article de O.Tsiakaka portant sur le monitoring de la moelle épinière.

---

1. Le collège doctoral réunit l'ensemble des écoles doctorales de sorbonne Université

## 4 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES SIGNIFICATIVES DE SYEL

- [Chuquimia et al., 2020] Chuquimia, O., Pinna, A., Dray, X., and Granado, B. (2020). A Low Power and Real-Time Architecture for Hough Transform Processing Integration in a Full HD-Wireless Capsule Endoscopy. *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems*, 14(4) :646–657.
- [Del Cistia Gallimard et al., 2022] Del Cistia Gallimard, C., Beroul, F., Denoulet, J., Nikolajevic, K., Pinna, A., Granado, B., and Marsala, C. (2022). Harmonic Decomposition to Estimate Periodic Signals using Machine Learning Algorithms : Application to Helicopter Loads. In *IEEE World Congress on Computational Intelligence*, Padua, Italy.
- [Deschamps and Sahbi, 2022] Deschamps, S. and Sahbi, H. (2022). Reinforcement-based Display Selection for Frugal Learning. In *International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, Montréal, Canada.
- [Dron et al., 2017] Dron, w., Hachicha, K., and Garda, P. (2017). Simulation method of the functionality of an electronic circuit and program. Brevet Européen n° 16741563.7-1224, Extension aux USA US20180203957A1 en 2018.
- [Dron et al., 2018] Dron, w., Hachicha, K., and Garda, P. (2018). Estimate, un outil de simulation et d'assistance à la conception. enregistré sous le numéro : IDDN.FR.001.030020.000.S.P.2018.000.10000, Délivré par l'agence nationale pour la protection des programmes.
- [Dupont et al., 2022] Dupont, R., Alaoui, M. A., Sahbi, H., and Lebois, A. (2022). EXTRACTING EFFECTIVE SUBNETWORKS WITH GUMBEL-SOFTMAX. In *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, pages 931–935, Bordeaux, France. IEEE.
- [Garbay et al., 2022] Garbay, T., Hachicha, K., Dobiáš, P., Dron, W., Lusich, P., Khalis, I., Pinna, A., and Granado, B. (2022). Accurate Estimation of the CNN Inference Cost for TinyML Devices. In *35th IEEE INTERNATIONAL SYSTEM-ON-CHIP CONFERENCE*, Belfast, Ireland.
- [Mba et al., 2022] Mba, M. L., Gamom Ngounou Ewo, R. C., Denoulet, J., Melatagia Yonta, P., and Granado, B. (2022). An efficient FPGA overlay for MPI-2 RMA parallel applications. In *2022 20th IEEE Interregional NEWCAS Conference (NEWCAS)*, pages 412–416, Québec, Canada. IEEE.
- [Rebiere et al., 2020] Rebiere, V., Drouot, A., Granado, B., Bourge, A., and Pinna, A. (2020). Semi-Gradient for Color Pixel Reconstruction in a RGBZ CMOS Sensor. In *IEEE Sensors 2020*, pages 1–4, Rotterdam (virtual ), Netherlands. IEEE.
- [Romera et al., 2019] Romera, T., Brière, A., and Denoulet, J. (2019). Dynamically Reconfigurable RF-NoC with Distance-Aware Routing Algorithm. In *14th International Symposium on Reconfigurable Communication-centric Systems-on-Chip (ReCoSoC 2019)*, York, United Kingdom.
- [Sahel et al., 2021] Sahel, F., Guilbault, P., Vallette, F., and Feruglio, S. (2021). A Crosstalk Modelling Method between a Power Supply and a Nearby Signal in High-density Interconnection PCBs. In *2021 22nd International Symposium on Quality Electronic Design (ISQED)*, pages 227–232, Santa Clara, CA, United States. IEEE.



## A ANNEXE — MEMBRES PERMANENTS AU 31/12/2022

La table ci dessous liste les membres permanents de l'équipe SYEL.

NOM	Prénom	Corps	Employeur
ALEXANDRE	Annick	MCF	Sorbonne Université
DENOULET	Julien	MCF	Sorbonne Université
FERUGLIO	Sylvain	MCF (HDR)	Sorbonne Université
GRANADO	Bertrand	PR	Sorbonne Université
HACHICHA	Khalil	MCF (HDR)	Sorbonne Université
PINNA	Andrea	MCF (HDR)	Sorbonne Université
SAHBI	Hichem	CR (HDR)	CNRS
VALLETTE	Farouk	MCF	Sorbonne Université