

Gesi

N°101 // MAI 2025 // 44^e ANNÉE

Colloque de Toulouse

Dossiers :

L'Intelligence Artificielle Les SAÉ par l'exemple (suite)

Édito...

Le mot du chef/cheffe de département



Chers collègues,

Nous sommes vraiment ravis de vous accueillir pour ce 51^e colloque GEII à Toulouse. Ce colloque est chaque année riche d'échanges, de rencontres, et permet à notre communauté GEII de partager ses pratiques, ses retours d'expérience et ses innovations. Nous sommes fiers de pouvoir accueillir tous les participants dans notre université, notre IUT et notre ville ! L'équipe du département s'est mobilisée depuis plus d'un an pour organiser ce que nous espérons être une superbe édition !

Tout le monde est sur le pont, enseignants, enseignants-chercheurs, personnels techniques et administratifs sans oublier tous nos étudiants de BUT-S2. Depuis septembre 2024, tous les mardis au GEII de Toulouse c'est « réunion colloque », pour faire le point, décider et s'organiser. C'est un travail important mais un exercice collaboratif qui a permis de mobiliser nos énergies vers un bel objectif partagé !

On vous rassure, nous avons calmé les mémés qui aiment la castagne, peut-être pourrez-vous percevoir les senteurs des violettes en arpentant les pavés de Toulouse et croiser au détour d'une rue, un descendant des cathares, avec ce torrent de cailloux qui roule dans son accent. Ô Toulouse...

Au programme de ce numéro du GESI : la présentation de notre département et des 6 commissions qui se tiendront lors du colloque, deux SAÉ parmi la trentaine mises en place à Toulouse : la SAÉ SRI Smart Robotics Integration du parcours All et la SAÉ Hyperfréquences parcours ESE. Nous vous dévoilerons ensuite le portrait d'un de nos étudiants, Edik, et pour terminer, la société OwnTech, fondée par l'un de nos collègues, Luiz.

Bonne lecture, et à très vite à Toulouse.

Jérémie GUIOCHET,

Claude COUSTURIAN

Sommaire

ÉDITO / Le mot du chef et de la cheffe de département	p 2
--	-----

COLLOQUE DE TOULOUSE

L'IUT au sein de l'Université et le département GEII de Toulouse	p 4
Présentation des commissions	p 6
Portrait d'un étudiant	p 10
Société OwnTech	p 11

DOSSIER : L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

L'IA est devenue une préoccupation sociale	p 17
SAÉ AI : Mise en œuvre d'outils IA	p 18
L'IA au service du pédagogue	p 22

DOSSIER SAÉ

Les SAÉ par l'exemple : suite	p 25
SAÉ AI - Robot – Toulouse	p 26
SAÉ EME - Banc d'essai – Cachan	p 31
SAÉ ESE - Hyperfréquence – Toulouse	p 36

LA COMMUNAUTE GEII EN ACTION

Hommage Jacques PILLON – Nantes	p 43
Vie de l'ACD	p 45
Retour AG GeSI Mars 2025	p 49



Revue des départements Génie Électrique & Informatique Industrielle des Instituts Universitaires de Technologie

Directeur de la publication : Thierry Contaret (Salon-Marseille – PACD)

Responsable du comité de rédaction : Benoît Delporte (et Rémy Gourdon pour ce numéro)

(contact : redaction.gesi@gmail.com)

Trésorier : Cédric Lacharmoise • Lien GeSi / imprimeur : Florent Arnal (et Christian Pécoste pour ce numéro)

Comité de rédaction : Philippe Lavallée (VP GeSi), Florian Cassol (Brest – VP Communication ACD), Ali Sari (Villeurbanne),

Patrice Guillerm (Cherbourg), Jérémie Guiochet et Alain Gonzaga (VP Colloque Toulouse), Francis Gary (Montluçon),

Jean-Philippe Ilary (Ville-d'Avray), Fabrice Aubepart (Marseille), Michèle Carette (Lille).

Depôt légal : Mai 2025 – ISSN : 1156-0681 • Crédit photos : Photos réalisées par le GeSi / Gettyimages.

Impression : Imprimerie Laplante – 3, impasse Jules Hetzel – 33700 Mérignac – Tél : 05 56 97 15 05 – Mail : pao@laplante.fr

Pour tout savoir sur l'histoire de GeSi, consulter le site : <https://but-geii.fr> rubrique : La Communauté GEII, archives de la revue GESI

L'IUT au sein de l'Université de Toulouse



Jérémie GUIOCHET et Claude COUSTURIAN,
Chefs de Département, jeremie.guiochet@iut-tlse3.fr et claudc.cousturian@iut-tlse3.fr

L'IUT de Toulouse est né en 1966 avec 2 départements, Génie Mécanique et Génie Civil, GEII a suivi en 1967. Aujourd'hui il est constitué de 18 départements répartis sur 3 campus (Auch, Castres et Toulouse), 5500 étudiants, 410 enseignants et enseignants-chercheurs, 190 personnels BIATSS, 700 intervenants professionnels et 8 laboratoires et équipes de recherche associés.

Rattaché à l'Université Paul Sabatier maintenant Université de Toulouse, notre IUT participe avec ses nombreux enseignants-chercheurs, à la qualité de la recherche et de l'innovation dans les laboratoires associés.

Le résultat de cette longue histoire, c'est un IUT solide et structuré, avec des services transverses de proximité nombreux et compétents, des commissions diverses et de nombreux chargés de mission. Avec 18 BUT et 36 parcours, imaginez les séances de la CFVU (Commission de la Formation et de la Vie Universitaire), lorsqu'il faut échanger sur les maquettes, les M3C (Modalités des Contrôles des Connaissances et des Compétences) ou les dossiers d'auto-évaluation. L'IUT de Toulouse, aujourd'hui, c'est une grosse machine, beaucoup d'énergie et de l'effervescence dans tous les sens.

Certes, les bâtiments aussi ont une longue histoire, mais cela évolue, doucement mais sûrement. Vous ne serez pas dépaysés si vous êtes allés à Marseille pour le colloque 2024, même nos radiateurs sont identiques !

5500

Étudiants

3

Campus

18

BUT

36

Parcours de BUT

700

Intervenants
professionnels

410

Enseignants et
enseignants chercheurs

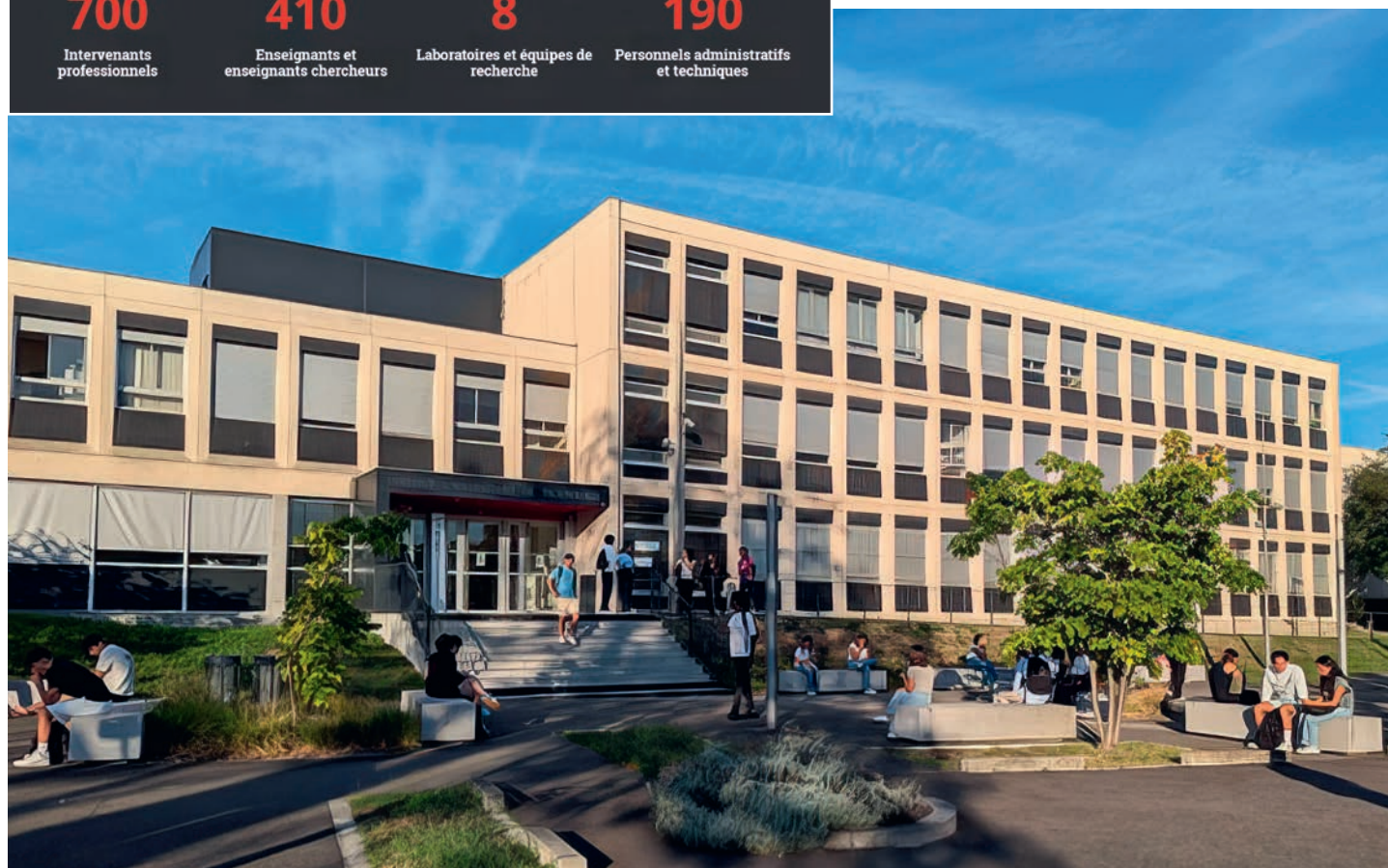
8

Laboratoires et équipes de
recherche

190

Personnels administratifs
et techniques

Le département GEII de Toulouse



Depuis de très nombreuses années, le département GEII de Toulouse travaille avec 6 groupes de TD en 1^{ère} année, avec une politique volontariste et ancienne portée par l'IUT qui vise 50% de bacheliers technologiques. Le département innove pour offrir aux jeunes une formation de qualité et pour aider à la réussite.

Aujourd'hui le GEII Toulouse, c'est toujours 6 groupes de S1. En septembre 2024, avec ses 363 étudiants et ses 40 personnels, le département est piloté par un binôme qui s'appuie sur de nombreux responsables de pôles et leurs équipes. L'équipe pédagogique au complet est impliquée et active : chacun en responsabilité sur des missions collectives et fédératives, on peut noter par exemple le copil pour l'organisation du colloque pour lequel on recense 14 participants actifs. Cet engagement de tous, cette dynamique, cette énergie est un atout essentiel de notre département, pour atteindre nos objectifs de réussite, pour offrir une formation de qualité et pour transformer l'essai du BUT.

Le BUT GEII de Toulouse propose deux parcours ouverts à l'alternance : Le parcours ESE qui intègre notamment une coloration forte en radiocommunication et hyperfréquences, et le parcours All qui intègre une coloration forte en robotique. Ces spécificités sont héritées des deux Licences Professionnelles que nous avons : ISR (Infrastructures des Systèmes de Radiocommunication) et ROB (Robotique). En S6, les étudiants choisissent entre 2 colorations : Hyperfréquences ou Informatique Embarquée pour le parcours ESE, Robotique ou Automatismes pour le parcours All. Ces colorations apparaissent dans nos maquettes dans deux modules ressources pour chaque parcours et sont illustrées par une SAÉ du S6 :

- ESE coloration Informatique Embarquée
 - ▶ Ressources : OS Temps Réel et VHDL
 - ▶ SAÉ : projet Codesign
- ESE coloration Hyperfréquences
 - ▶ Ressources : Instrumentation Hyperfréquences et Moyens spécifiques de test hyperfréquences
 - ▶ SAÉ : projet Instrumentation HF
- All coloration Robotique
 - ▶ Ressources : Intégration Robotique Avancée et Sécurité Machine pour les Systèmes Robotisés
 - ▶ SAÉ : projet Forbot
- All coloration Automatismes
 - ▶ Ressources : Automatismes Avancés et Sécurité Machine pour les Systèmes Automatisés
 - ▶ SAÉ : projet Intégration Systèmes

L'environnement toulousain se caractérise par une forte employabilité, le bassin industriel est important et très demandeur. Nous avons tiré parti de cette chance en développant l'alternance, en BUT2 et BUT3 (110 alternants pour l'année universitaire 2024-2025), et nous développons de nombreux liens avec l'industrie. La dynamique autour de ce thème est très importante et plusieurs événements rythment l'année universitaire : Semaine de l'industrie, Forum des Industriels et Jobdating, « Conf des pros », etc.). C'est la deuxième année que nous expérimentons les « TP hors les murs », pendant lesquels des industriels accueillent nos étudiants de BUT3 – pour l'instant de formation initiale (une vingtaine d'étudiants) – afin de faire des TP dans leurs locaux, animés par leurs équipes et avec leur matériel. Cette année les étudiants du parcours ESE ont fait des mesures de niveau d'ondes électromagnétiques chez EXEM, ceux du parcours All sont allés chez SCALIAN et ont interfacé des appareils de

mesures développés par l'entreprise. Ce dispositif est plébiscité par les étudiants et d'autres entreprises souhaiteraient y adhérer, à nous de travailler pour intégrer cela dans les maquettes.

Nous avons la volonté d'ouvrir notre département aux entreprises en intégrant plus d'industriels dans nos modules (25 pour cette année universitaire), avec pour effet d'enrichir nos pratiques mais également d'augmenter la possibilité d'encadrement, afin de pallier ou d'anticiper une surcharge des collègues. Mais il est important également de permettre à nos étudiants de s'ouvrir sur l'extérieur, avec ces « TP hors les murs » par exemple ou en assistant à une séance aux prud'hommes (dans le cadre du module Vie de l'entreprise) afin d'être réellement confronté au monde professionnel.

Notre organisation pédagogique repose sur plusieurs principes :

- Les étudiants en formation initiale et les alternants sont mélangés dans les groupes de TD afin de permettre aux étudiants des échanges sur les activités particulières qu'ils mènent soit en entreprise soit en SAÉ spécifique FI.
- Les SAÉ illustrent tous les domaines.
- Lorsque les alternants sont en entreprise, les FI font des SAÉ spécifiques (parfois la suite des SAÉ faites par tous).

Le résultat, c'est une année organisée en périodes :

- période de ressources pour les FIFA (étudiants en Formation Initiale + étudiants en Formation en Alternance)
- période SAÉ pour les FIFA
- période entreprise pour les FA ou SAÉ spécifiques FI

Pour les alternants cela induit un rythme d'environ 1 mois à l'IUT, suivi d'un mois en entreprise, répété quatre fois, puis une présence à 100% en entreprise à partir d'avril. Cette organisation en périodes ne se fait qu'en BUT2 et BUT3. En BUT1 les SAÉ se font au fil de l'année.

Le nombre important d'alternants nous demande une gestion coordonnée et articulée autour de ce rythme. Le résultat est une promotion homogène dont les étudiants, qu'ils soient en formation initiale ou en alternance, suivent les mêmes ressources et projets.

Les défis du GEII de Toulouse sont aujourd'hui de consolider notre formation face aux changements induits par le passage en 3 ans et l'apprentissage par compétences, pour la réussite des étudiants, et dans l'épanouissement de l'équipe pédagogique. Nous souhaitons également continuer à travailler sur l'ouverture du département vers l'écosystème local riche que nous avons la chance d'avoir, et également sur notre ouverture à l'international.

Les commissions du colloque de Toulouse



Clément FOUCHER
clement.foucher@iut-tlse3.fr

Le colloque de Toulouse sera cette année l'hôte de pas moins de six commissions. Chacun des trois parcours de la spécialité GEII sera représenté par une commission illustrant une thématique du domaine appliquée aux métiers d'aujourd'hui : la robotique pour le parcours AI, la mobilité électrique pour EME et les hyperfréquences pour le parcours ESE. À celles-ci s'ajoutent trois commissions transverses : l'une portera sur l'approche par compétences, une sur l'intelligence artificielle, et une sur les mathématiques. Ces thématiques sont au cœur du contexte actuel des domaines du GEII, mais aussi de l'enseignement en général. Elles permettront d'explorer les avancées technologiques et pédagogiques qui influencent notre quotidien et celui de nos étudiants.

La robotique est au centre d'une réflexion qui touche tous nos départements disposant d'un parcours AI, le mot ayant même été proposé pour être ajouté au nom du parcours. La mobilité électrique propose des solutions durables face aux enjeux climatiques, et revêt une importance particulière avec la fin annoncée des moteurs thermiques. Les hyperfréquences, quant à elles, sont cruciales pour les télécommunications modernes.



Gare de Matabiau la nuit

Les commissions transverses traitent de sujets importants dans la mutation actuelle de l'enseignement. L'approche par compétences a été au centre de nos préoccupations avec la mise en place du BUT, et il est temps d'en faire un premier bilan. L'intelligence artificielle, de plus en plus présente partout, et surtout sur les téléphones de nos étudiants, nécessite une compréhension approfondie pour être utilisée efficacement par les enseignants et les étudiants, et nous oblige tous à réinventer nos approches d'enseignement. Les mathématiques restent indispensables pour pouvoir travailler sur les matières cœur de métier, et ce malgré la diminution du volume associé dans le BUT.

Dans les pages qui suivent, les organisateurs et les animateurs de ces différentes commissions vous proposent un avant-goût des discussions à venir. Nous espérons que celles-ci seront des espaces de discussion féconds et permettront à chacun et chacune de repartir avec des idées concrètes permettant de faire évoluer ses enseignements.

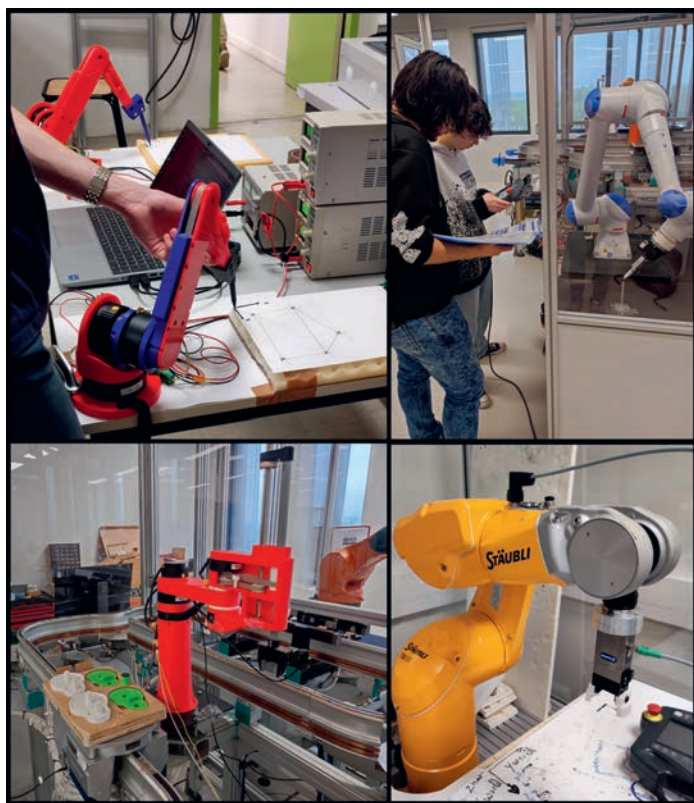
Bienvenue à Toulouse !

Commission		Animateurs
Parcours	AI	Vincent Bonnet (Toulouse) Alain Gonzaga (Toulouse) Martin Mujica (Toulouse)
	EME	Bruno Estibals (Toulouse) Alain Gonzaga (Toulouse) Fabien Lacressonniere (Tarbes) Sylvie Roux (Toulouse)
	ESE	Jean-Marc Dienot (Tarbes) David Dubuc (Toulouse) Claude Duvanaud (Angoulême) Olivia Peytral-Rieu (Toulouse) Yannick Roelens (Lille)
Transverse	APC	Clément Foucher (Toulouse) Jacques-Olivier Klein (Cachan) Edson Martinod (Brive) Fabien Nebel (Tours) Catherine Quiroga (Toulouse)
	IA	Nathalie Brissard (Cachan) Jérémy Guiochet (Toulouse) Alain Pegatoquet (Nice)
	MATHS	Damien Delauzun (Toulouse) Gaëlle Lavigne (Toulouse) Andrés Lopez Lopera (Valenciennes)

Commission All

Robotique avancée et sécurité machines

Les robots d'aujourd'hui, qu'ils soient utilisés dans l'industrie, la santé, ou encore dans la recherche, sont capables d'exécuter des tâches de plus en plus complexes. Ces applications motivent et justifient la croissance des dernières années de la robotique dans l'enseignement supérieur. Cependant, en tant qu'outil pédagogique, elles permettent également de concrétiser des concepts théoriques de mathématiques, de l'automatique et de l'informatique, en les appliquant directement à des problématiques réelles. En effet, les systèmes robotiques sont des plateformes idéales pour intégrer des notions complexes, comme les transformations géométriques, le contrôle de trajectoires ou l'optimisation de mouvements, tout en développant des compétences pratiques autour de la programmation.



Dans le cadre de la commission, nous proposons de discuter et d'analyser la dualité entre l'approche « mathématique » nécessaire pour les tâches robotiques complexes et l'approche industrielle, plus pragmatique et orientée vers l'efficacité opérationnelle et l'utilisation d'outils propriétaires. Est-ce que ces deux approches peuvent se compléter ? Comment ce bagage théorique peut aider nos étudiants dans leurs futures tâches de techniciens ou dans la poursuite d'étude ? Les échanges porteront également sur les défis que peuvent poser la mise en œuvre de ces concepts complexes au BUT, ainsi que les plateformes technologiques appropriées pour le faire. Également, la sécurité machines est une préoccupation essentielle des concepteurs de machines et de cellules robotisées. La bonne compréhension du tissu juridique liée à cette sécurité n'est pas une chose aisée : directives européennes, normes ISO, CEI..., organismes de contrôle. De même il faut comprendre les catégories des systèmes de commande, les

fonctions de sécurité, l'approche probabiliste de la sécurité...

Cette commission pourra s'articuler sous la forme de présentations et d'ateliers autour de trois axes :

- Parcours robotiques dans GEII
- Exemples de TP et projets (SAÉ) en robotique
- Introduction et nouveautés sécurité machines

Commission EME

Mobilité électrique

Depuis l'apparition des technologies de stockage électrochimique de l'énergie à base de lithium, la mobilité électrique est devenue une réalité : voiture, vélos, trottinettes électriques...

La nécessité de réduire les gaz à effet de serre a conduit nos dirigeants à imposer l'usage des voitures électriques dans un futur proche, au détriment des voitures fonctionnant à partir d'énergies fossiles. Ainsi, seules les voitures électriques pourront être fabriquées et vendues d'ici 2035 en Europe, la période de transition devant permettre une montée progressive des ventes de voitures électriques et hybrides.

Cette évolution de notre mobilité s'apparente à une révolution tant les changements induits sont nombreux :

- Modifications profondes de l'outil de production de nos véhicules
- Développement des technologies de fabrication et de recyclage des batteries
- Apparition d'un réseau de bornes de recharge
- Développement du réseau électrique pour assurer la recharge de tous les véhicules
- Pilotage intelligent du réseau électrique (SmartGrid) pour prendre en compte l'accroissement constant des énergies renouvelables, la demande d'énergie électrique et la gestion des flux d'énergie (technologie V2G).

Cette commission pourra tout d'abord être informationnelle en présentant l'état actuel et à venir des solutions de recharge des véhicules électriques : Normes actuelles, structure d'une borne de recharge, les types de câble, les types de batterie... Une présentation des actionneurs et de l'électronique de puissance associée dans les véhicules électriques sera également menée. Enfin, pour faire écho au plan France Hydrogène actuellement en vigueur, une réflexion du positionnement de cette technologie (pile à combustible + réservoir à hydrogène) sera proposée. Problématiques à soulever lors de cette commission et exemples d'activités :

Quels besoins de compétences pour des techniciens de BUT GEII ? Installation et maintenances des bornes de recharge, habilitation électrique...

Les batteries de stockage électrochimique : technologies, étude des BMS...

Commission ESE

La spécialité hyperfréquence dans le BUT GEII

L'objectif de cette commission est le partage d'expériences sur l'enseignement des hyperfréquences (au-delà de 400MHz) dans le BUT GEII, que cela soit dans les ressources ou lors des SAÉ. Outre un appel aux collègues des différents départements pour partager leurs expériences sur le sujet, un sondage a été lancé permettant d'identifier les départements intégrant cette spécialité dans leur formation ainsi qu'un bref aperçu des contenus et des volumes horaires. Trois séquences sont prévues pour cette commission (retour d'expériences illustrées de démonstrations, et des ateliers par les entreprises du secteurs) et tenteront d'adresser les questions suivantes :

- Comment le BUT a transformé cet enseignement ?
- Comment cibler le bon niveau pour les ressources et les SAÉ ?
- Comment enseigner les connaissances et les compétences de cet enseignement de spécialité ?
- Comment répondre aux besoins des entreprises sur cette spécialité ?

Commission APC

Approche par compétences en GEII : trois ans plus tard, quel bilan, quelles perspectives ?

Avec l'avènement du BUT, tout un nouveau vocabulaire et de nouvelles pratiques ont vu jour à l'aune de l'approche par compétences (APC) : Compétences, Apprentissages Critiques, SAÉ, Portfolio... Si aujourd'hui ce vocabulaire n'est plus aussi mystérieux qu'il l'était à l'origine, tout n'est pas pour autant parfaitement maîtrisé par tout le monde. Entre des réticences pour certains à se voir imposer une méthodologie d'apprentissage à laquelle nous n'étions pas habitués et ceux qui ont embrassé le processus à pleins bras, la plupart d'entre nous constate que si ces mots qui faisaient peur ne sont pas si effrayants en pratique, en revanche certains aspects ne sont pas parfaitement adaptés et mériteraient d'être mis à jour.

Cette commission propose de faire le bilan de ces nouvelles approches pédagogiques après une expérience maintenant complète, la première promotion BUT ayant été diplômée en 2024. Réexaminer les différents outils à la lumière de cette expérience peut permettre de les améliorer et de les calibrer à un usage adapté au GEII.

Notamment, réfléchir à nouveau aux compétences du GEII et aux apprentissages critiques associés permettrait d'affiner leur appropriation dans nos départements. L'objectif est d'ouvrir des perspectives d'évolution cohérentes avec nos cultures pédagogiques.

Cette commission sera répartie entre une session « retours d'expérience » qui s'appuiera sur des exemples de mise en place de l'APC et des enquêtes, et une partie « ateliers » qui poursuivra les travaux débutés lors des ACD de cette année et visant à mettre à jour le référentiel de compétence GEII.

Commission IA

Intelligence artificielle : impact sur les pratiques pédagogiques

Nous souhaitons aborder lors de cette commission les questions concernant l'impact des IA génératives sur les pratiques des étudiants et des enseignants, ainsi que l'intégration dans nos enseignements de l'IA embarquée sur des équipements techniques.

Nous proposons donc de travailler sur 2 thèmes principaux :

- Impact de l'IA générative sur les pratiques des étudiants et des enseignants : quelle utilisation de l'IA générative (génération de rapports, résumé, code informatique, conception, sujets, d'évaluation, etc.). Comment former nos étudiants à ce nouvel outil ? et comment les enseignants peuvent-ils se l'approprier ?
- Comment intégrer dans nos enseignements l'IA embarquée dans des équipements techniques (traitement image, signal, détection fautes, etc.)



Commission MATHS

Les maths en GEII : comment en faire, pour quoi faire, pour en faire quoi ?

Depuis la dernière commission de maths lors d'un colloque GEII, après une réforme du baccalauréat et le nouveau PN du BUT, l'enseignement des mathématiques a subi quelques bouleversements (réforme du baccalauréat, nouveau PN du BUT, volumes horaires diminués...). Après avoir diplômé nos premiers BUT, nous pouvons envisager de faire un premier bilan afin de faire un état des lieux de l'enseignement des mathématiques dans nos différents départements.

Dans cette commission, nous nous intéresserons à la place des maths en GEII, en prenant en compte le niveau des primo-entrants, les attendus du PN ainsi que nos trois parcours.

La commission sera orientée en trois demi-journées :

1. Bilan de la mise en place du PN dans les différents départements

Tout d'abord, le questionnaire envoyé aux départements concernant la mise en œuvre du PN sera analysé : les volumes horaires, le découpage par semestres, l'adaptation locale...

Puis, des collègues présenteront des retours d'expériences sur des applications des maths à nos disciplines du GEII.

2. Comment gérer les difficultés de certains étudiants en maths ?

Constat : Certains de nos étudiants ne savent pas additionner 2 fractions, résoudre une équation du 1^{er} degré... et le programme prévoit de leur enseigner, par exemple, la transformation de Fourier...

Comment faire ? Avec quelle rigueur ? Avec quel volume horaire ?

Retours d'expériences de collègues ayant mis en place de la remédiation :

- Sous quelle forme est mise en place la remédiation ?
- Pour quels étudiants (tous, ceux qui sont en grande difficultés...) ?
- Avec quel volume horaire ?
- Quand la remédiation a-t-elle lieu (en début d'année, tout le S1, pendant 2 ans...) ?

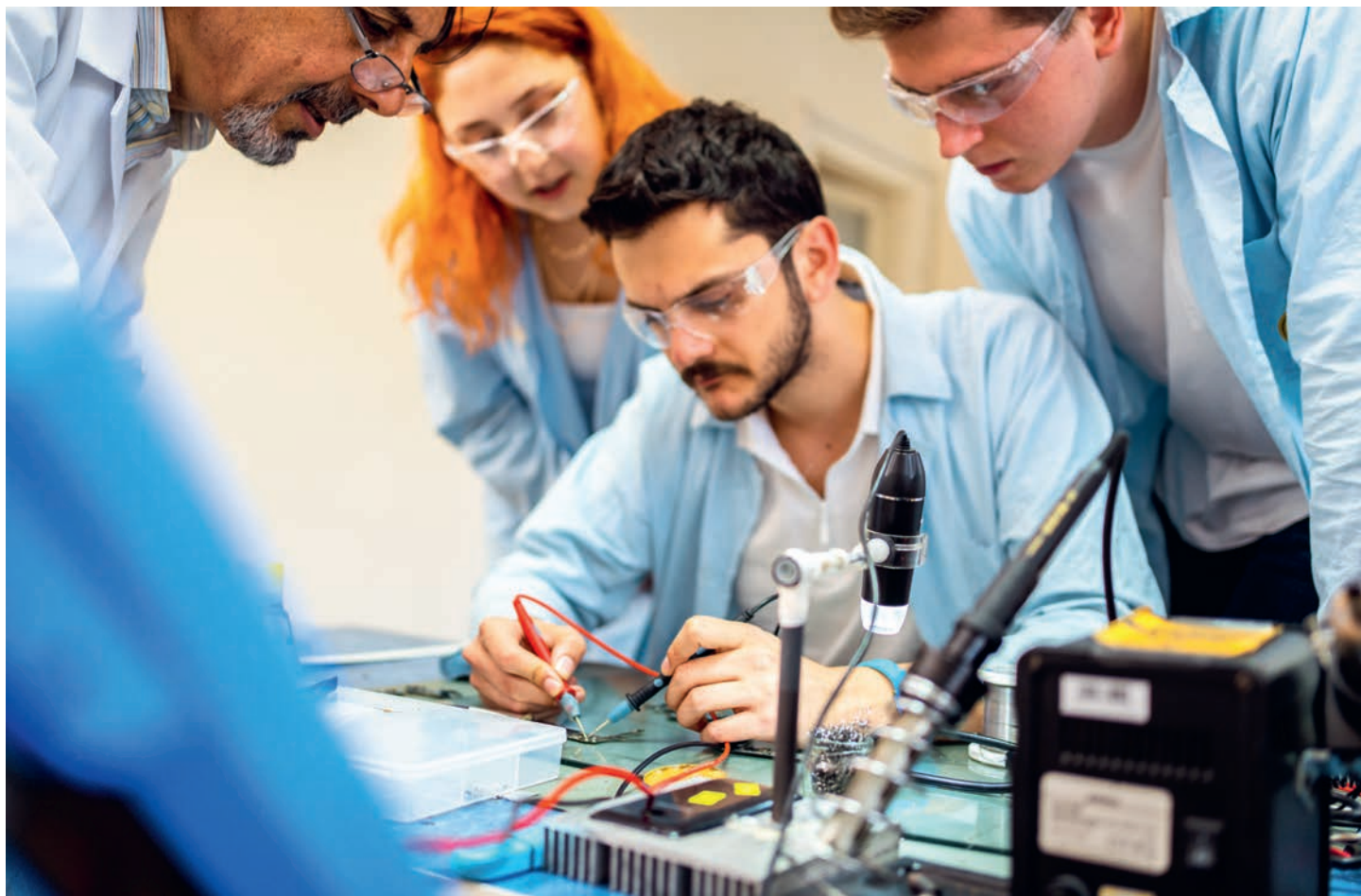
3. Quelles maths selon les parcours ? Avec l'adaptation locale, certains thèmes, non prévus dans le PN, sont-ils abordés ?

Lors de cette dernière demi-journée, les spécificités en maths des parcours seront abordées. Par exemple :

- Les maths pour la robotique pour les AI
- Les maths pour les hyper pour les ESE
- Les maths pour les EME

Retour d'expériences de collègues ayant mis en place des thèmes spécifiques.

Une discussion pourrait être initiée pour savoir comment faire évoluer le PN en prenant en compte le travail de cette commission.



Portrait d'un étudiant passionné de robotique et de création technologique



De la passion à la création : le parcours inspirant d'un étudiant en GE2i

À seulement 19 ans, Edik PLANÇON, étudiant en 2^e année de BUT Génie Électrique et Informatique Industrielle (GEII) à Toulouse, impressionne par son parcours. Originaire du quartier Bonnefoy à Toulouse, après un court passage à Carcassonne, il suit une scolarité au lycée Ozenne en filière générale, avec les spécialités NSI (Numérique et Sciences Informatiques) et Mathématiques.

Une passion précoce, nourrie par la pratique

Très tôt, Edik développe une passion dévorante pour la technologie, le bricolage... et surtout la robotique. À 8 ans, il intègre un club de robotique, participe à son premier concours dès l'année suivante, puis découvre les FabLabs. C'est là, au collège, qu'il apprend à modéliser, souder, programmer. Très vite, il se lance dans des projets personnels : un bras robotique en 4^e, une trousse programmable en seconde, et surtout, la création la plus ambitieuse de toutes — un robot Wall-E entièrement articulé.

Wall-E : un projet au long cours, entre passion et rigueur technique

Inspiré par le célèbre robot du film Pixar, Edik se lance en août 2023 dans un défi colossal : recréer un Wall-E fidèle à l'original... et fonctionnel. Il lui faudra près de deux ans pour modéliser, imprimer en 3D, assembler et programmer son robot. Entre le dimensionnement du cou, l'articulation des yeux, la motorisation des roues, chaque détail est pensé et optimisé. Il utilise TinkerCAD et Fusion 360 pour la conception, code en C++ avec Visual Studio Code, et assemble minutieusement les composants grâce à sa propre imprimante 3D.

Quand la formation GE2i nourrit la passion... et inversement

Si ce projet l'a parfois accaparé, il n'en reste pas moins un prolongement direct de sa formation. Grâce aux enseignements en électronique, informatique et mécanique, il a pu affiner ses choix techniques : calcul des efforts pour les moteurs, optimisation du code embarqué, structuration du montage... Les enseignants jouent aussi un rôle-clé dans ce parcours :

« Ce sont de vraies ressources qui m'ont aidé et aiguillé. »

En retour, ses projets personnels enrichissent sa pratique à l'IUT. Ce va-et-vient constant entre théorie et terrain façonne un étudiant autonome, curieux, capable de concevoir, corriger, et finaliser ses prototypes.

Gagner en visibilité : LinkedIn, salons et reconnaissance

Grâce à une publication LinkedIn illustrée de photos de son Wall-E et de son site CV, conçu dans le cadre d'un cours de communication, Edik est contacté par Planète Sciences Occitanie pour exposer à la Cité de l'Espace de Toulouse. Il obtient également l'opportunité de présenter son robot au Toulouse Game Show, en novembre 2025, événement qu'il admirait enfant.

« Présenter mon projet devant un public, au milieu de stands que je visitais petit... c'était magique. »

Et demain ?

L'avenir d'Edik s'annonce tout aussi riche. Il ambitionne d'intégrer une école d'ingénieur, idéalement l'ENSEEIH, avec une ouverture possible à l'international ou vers l'entrepreneuriat. Parmi ses projets à venir : une imprimante 3D à chocolat, une caméra mobile 4G contrôlable à distance, ou encore un échiquier animé façon Harry Potter.

Son conseil à celles et ceux qui hésitent à se lancer :

« Ne craignez pas d'échouer : c'est en faisant des erreurs qu'on progresse. Soyez têtus, créatifs, utilisez les forums, les FabLabs, l'entourage. »

Et sa devise, tout droit sortie de sa philosophie de vie :

« La pensée a des mains. Matérialise tes idées. »

Découvrez l'univers d'Edik à travers son site CV :



OwnTech : une technologie open-source pour transformer l'enseignement en GEII



Luiz Fernando Lavado VILLA

Directeur Général OwnTech et Maître de Conférences Dpt GEII Toulouse

luiz.villa@ownntech.org ou luiz-fernando.lavado-villa@iut-tlse3.fr

Un projet né d'un besoin pédagogique vécu

Je suis enseignant-chercheur et, comme beaucoup de mes collègues, je veux que mon travail ait du sens et un véritable impact, que ce soit dans mes activités d'enseignement ou de recherche. Très vite, j'ai été confronté à un constat : l'enseignement de l'électronique de puissance repose sur des maquettes souvent propriétaires, rigides ou vieillissantes, sans passerelle réelle entre les pratiques pédagogiques et la recherche. Cela rendait difficile la collaboration entre collègues, la mutualisation des efforts et surtout la transmission de savoir-faire entre le monde académique et les étudiants.

J'ai commencé par essayer de fabriquer un convertisseur open-source basé sur Arduino. Cela m'a appris beaucoup de choses, notamment que les compétences nécessaires pour manipuler la puissance ne sont pas les mêmes que celles requises pour l'électronique générale. Et surtout, j'ai vu combien il était difficile pour les étudiants de s'approprier ces connaissances sans une approche ludique, modulaire et structurée.

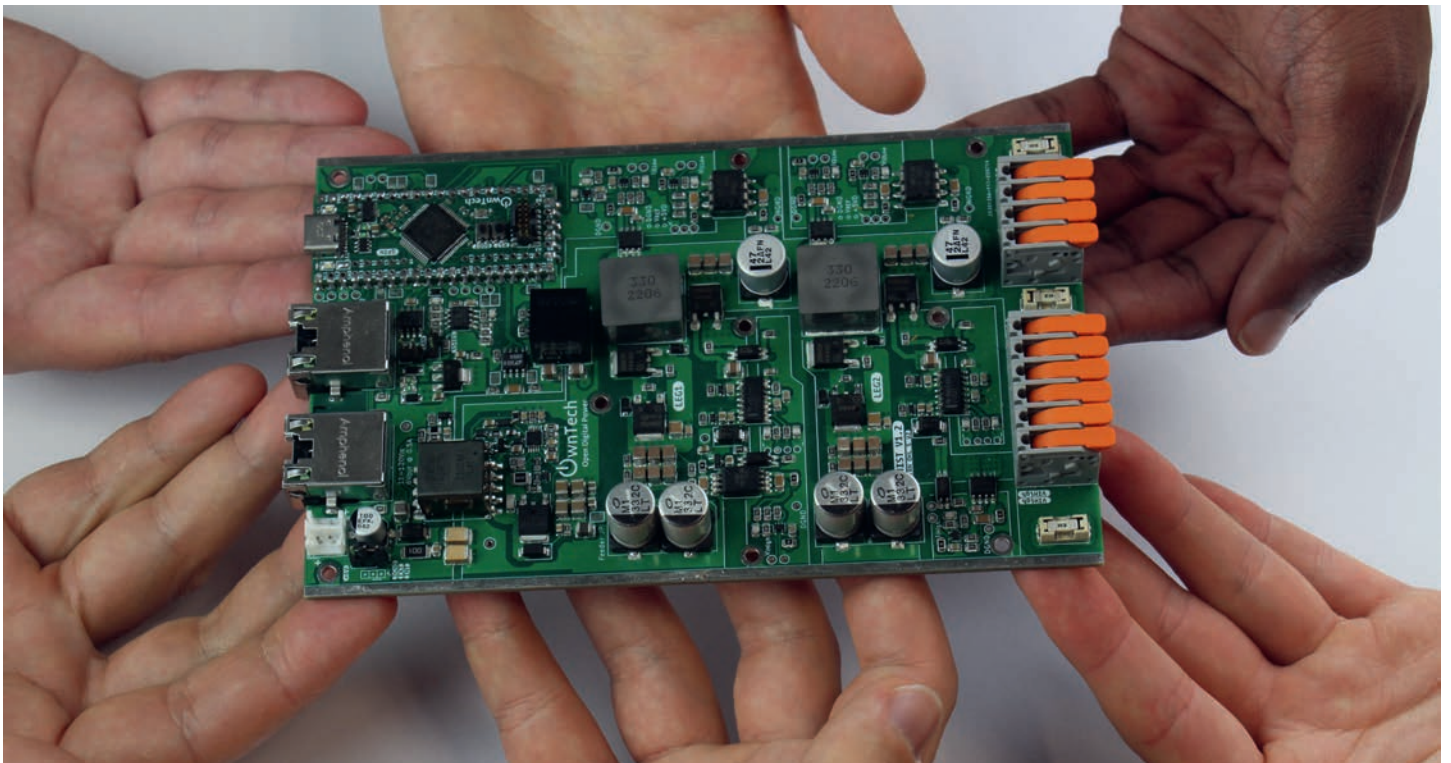
À mon arrivée à l'IUT, j'avais envie de parler de micro-réseaux, d'interconnexion, de smart grids. Et je me suis retrouvé à devoir faire commuter un transistor. Il manquait tout un chemin pédagogique intermédiaire pour rendre l'ensemble cohérent et motivant. C'est ce vide que j'ai voulu combler.

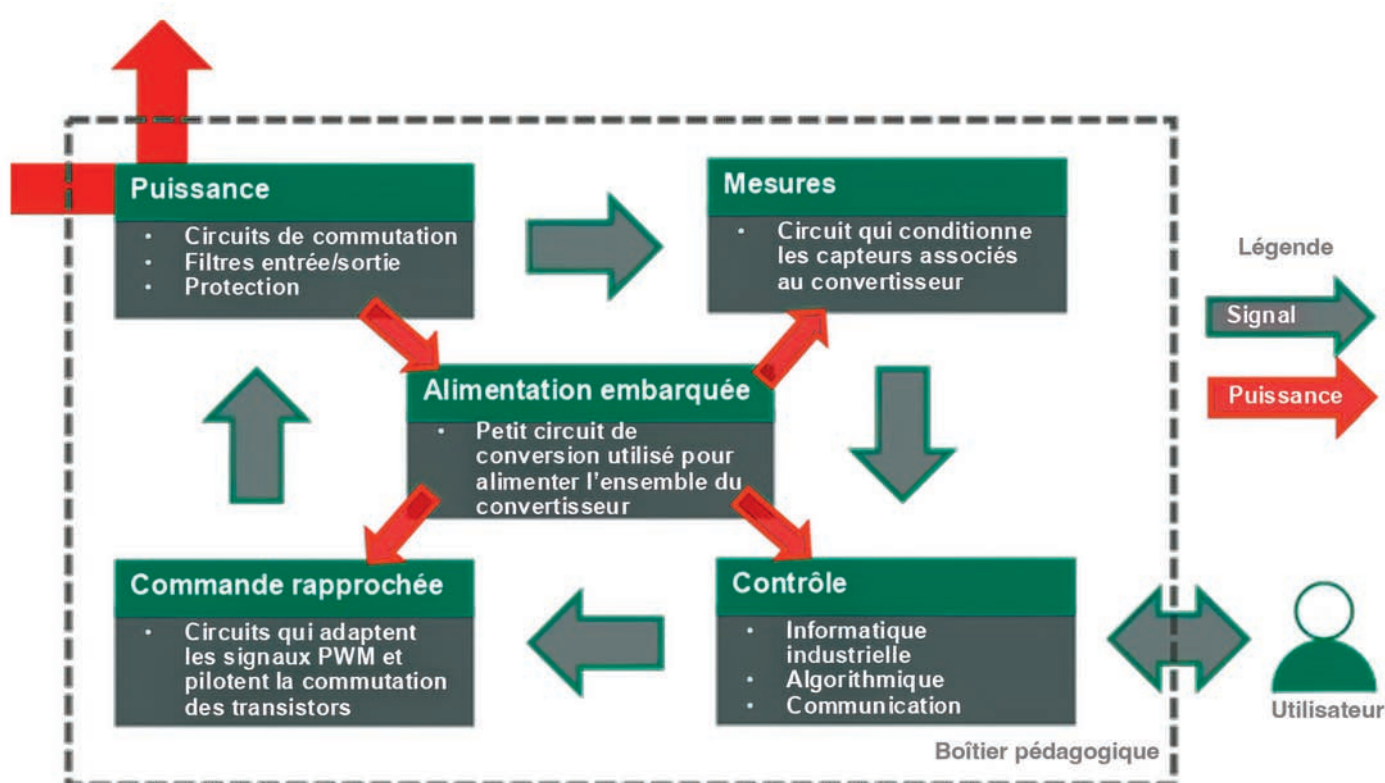
C'est ainsi qu'est née l'idée de concevoir mes propres cartes électroniques, mais surtout de ne pas les garder pour moi. Je voulais dès le départ qu'elles soient diffusables, réutilisables, transformables — par et pour mes collègues. Le cœur du projet OwnTech, c'est cela : proposer une technologie matérielle et logicielle open-source, pilotée par une communauté d'experts et pensée pour être appropriée par le monde pédagogique à travers des TP, TD, CM et projets standardisés, partageables et vivants.

Ma motivation principale, c'est l'impact. Et je crois profondément que cet impact ne peut être que collectif. Nous devons construire ensemble des outils communs, ouverts, documentés, transmissibles. C'est cela qui rendra notre travail durable et utile pour notre communauté : nos étudiants, nos collègues, nos départements, nos laboratoires.

Une plateforme modulaire alignée avec le référentiel GEII

Je suis enseignant-chercheur et, comme beaucoup de mes collègues, OwnTech repose sur une architecture fonctionnelle modulaire, représentée par une forme canonique de l'électronique de puissance développée au LAAS-CNRS et présentée dans la figure ci-dessous.





Cette architecture se compose de six blocs :

- **Puissance** : La cellule de commutation, les filtres et la connectique nécessaire au traitement de l'énergie
- **Mesures** : le conditionnement des capteurs et leur électronique associée
- **Commande rapprochée** : le circuit dédié à faire commuter des transistors de puissance
- **Circuit d'alimentation** : le circuit qui alimente l'ensemble de la carte à partir du bus d'alimentation
- **Contrôle** : Le micro-contrôleur dédié au pilotage du convertisseur et son circuit de communication avec l'extérieur (utilisateur ou autre dispositifs).

La carte SPIN [1] (focus ci-dessous) implémente le bloc « Informatique » via une logique programmable (STM32), tandis que les cartes TWIST [1] et OWNVERTER [3] (focus ci-dessous) incarnent les blocs de puissance, mesures et drivers. Le tout peut être intégré dans un boîtier pédagogique unique, permettant un usage pratique, sécurisé et modulaire.

Les étudiants interagissent avec le système via une interface graphique (supervision), des boutons physiques ou directement via un IDE comme VSCode. Cette flexibilité permet de s'adapter à différents niveaux d'autonomie et de complexité.

Une intégration progressive dans les semestres du BUT GEII

La plateforme OwnTech est conçue pour accompagner les enseignants et les étudiants tout au long des six semestres du BUT :

- S1/S2 : Utilisation de la carte TWIST pour illustrer les circuits DC/AC simples (ressources R1-10 Énergie, R1-09 Électronique)
- S3/S4 : Étude des topologies de conversion (buck, boost, buck-boost), exploration de cellules de commutation et projets autour des formes d'ondes, des mesures de température ou de rendement
- S5/S6 : Mise en œuvre de systèmes complexes (micro-réseaux, stockage, PV, hydrogène), dimensionnement et expérimentation dans les SAÉ intégratives

Ainsi, la technologie OwnTech s'aligne parfaitement avec le référentiel du BUT GEII :

- Compétence C1 (Concevoir) → prototypage de convertisseurs open-source
- Compétence C2 (Vérifier) → mise en œuvre de protocoles de tests sur des circuits réels
- Compétence C3 (Maintenir) → compréhension des pannes, réglages, maintenance matérielle
- Compétence C4 (Installer/Intégrer) → déploiement sur bancs de test, micro-réseaux, systèmes couplés

Exemples concrets d'utilisation pédagogique des cartes OwnTech

Les exemples ci-dessous sont bâtis à partir des exemples de base disponibles dans la documentation partagée [4] :

SAÉ Hydrogène – IUT GEII Toulouse : Dans cette activité, la carte TWIST est utilisée en tant que hacheur élévateur pour simuler l'alimentation d'un système hydrogène. Les étudiants apprennent à identifier les formes d'ondes, dimensionner un convertisseur et observer le comportement dynamique du système. L'intégration dans un boîtier pédagogique facilite la mise en œuvre et la répétabilité du TP tout au long du semestre.

SAÉ Micro-réseaux – IUT GEII Angers et Toulouse : Vingt cartes TWIST ont été utilisées pour constituer cinq micro-réseaux composés de quatre convertisseurs chacun. Les étudiants programment leur propre stratégie d'équilibrage de puissance via l'interface SPIN et une supervision graphique abstraite. L'infrastructure modulaire permet de répliquer ce dispositif d'un IUT à l'autre, en réutilisant les mêmes cartes.

SAÉ Pompage photovoltaïque – IUT GEII Évry : Dans ce cas, une même carte TWIST est utilisée comme hacheur buck pour piloter une pompe à eau et comme hacheur boost pour réaliser un suivi MPPT d'un panneau photovoltaïque. Le système devient ainsi une maquette représentative d'un système d'irrigation autonome, tout en offrant une base expérimentale pour aborder les conversions DC-DC complexes.

Une dynamique collective pour l'enseignement du génie électrique

OwnTech ne se résume pas à une plateforme technologique : c'est une dynamique collective en pleine expansion. Ce projet s'inscrit dans une tradition déjà bien ancrée dans les IUT : celle de développer des outils open-source au service de l'enseignement. L'implication d'enseignants français dans le développement de KiCad, logiciel mondialement reconnu, en est une preuve historique.

Aujourd'hui, nous prolongeons cette démarche avec une base matérielle et logicielle libre dédiée à l'électronique de puissance. Tous les éléments d'OwnTech — cartes, firmwares, outils de supervision, documentations — sont publiés sous licence open-source, garantissant les quatre libertés fondamentales : étudier, partager, reproduire et modifier.

L'écosystème OwnTech repose sur une infrastructure distribuée et transparente :

- Les schémas électroniques sont éditables dans KiCad [5]
- Le code source est versionné sur GitHub [5]
- Les documentations sont rédigées en Markdown et les visuels modifiables sous draw.io [6]

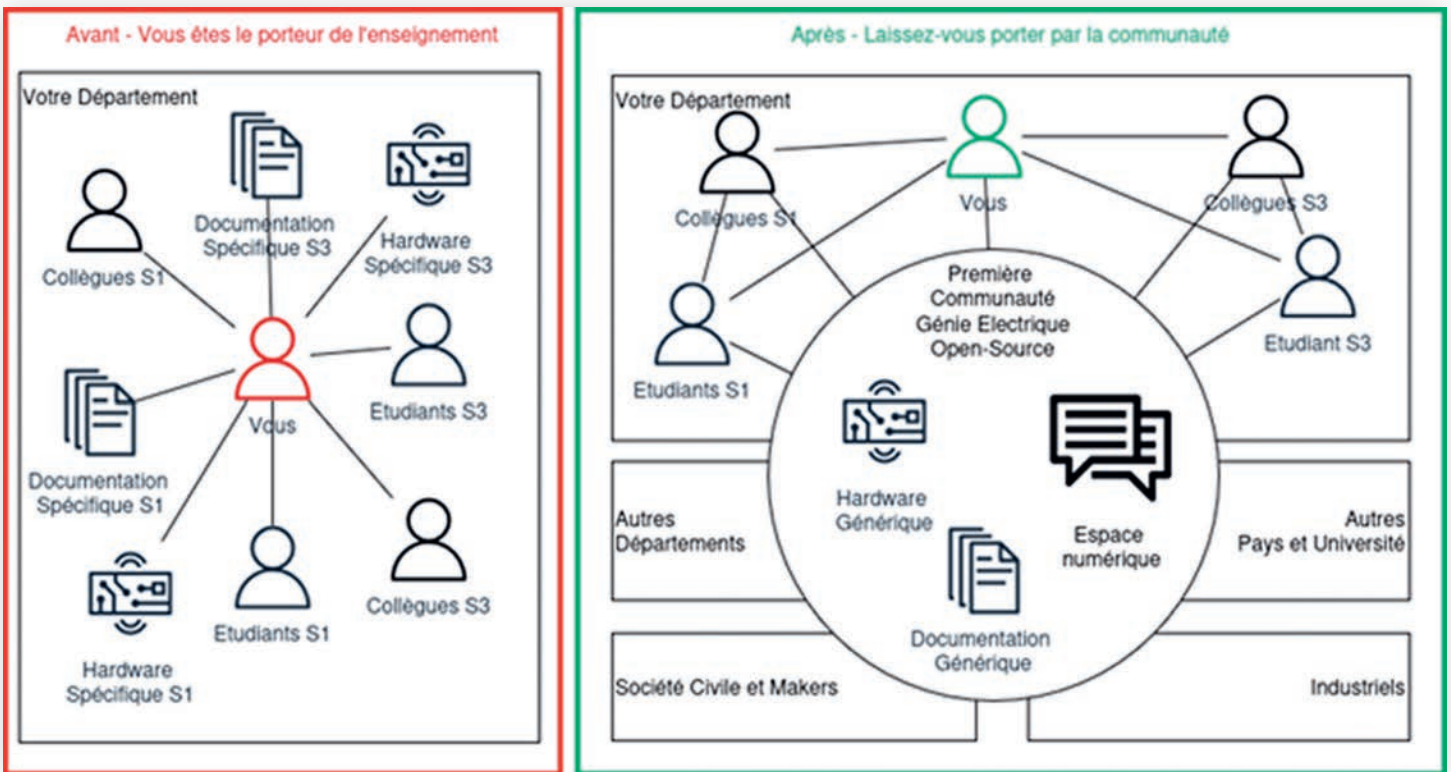
Rejoindre la communauté OwnTech, c'est intégrer un réseau actif d'enseignants, de chercheurs et de techniciens qui construisent ensemble les outils de demain. Cela est illustré par la figure ci-dessous :



Notre Site



Documentation



La communauté OwnTech a pour ambition de transformer l'enseignement du génie électrique en s'appuyant sur des communs pédagogiques vivants. Ensemble, nous souhaitons une pédagogie partagée, vivante et évolutive, où chacun peut contribuer et bénéficier de l'expérience collective.

Rejoignez OwnTech et devenez acteur de la première communauté open-source dédiée au génie électrique !

Figure 2 - La communauté OwnTech est la transition entre deux approches : d'un côté, un modèle vous portez la charge d'un enseignement ; de l'autre, un modèle distribué où les ressources, les outils et les idées sont partagés, consolidés et maintenus par une communauté active qui vous porte vers l'essentiel.

Témoignages des collègues : **OwnTech** dans les départements GEII

Alyssia Dong, PRAG à l'IUT d'Angers

J'ai utilisé les cartes Owntech dans le cadre d'un projet de découverte des smartgrids avec mes étudiants de BUT3 GEII. Le comportement de chaque carte peut être facilement reconfiguré en programmant le microcontrôleur STM32 inclus, et elles peuvent être interconnectées de manière à émuler/simuler un réseau électrique. La communication permet la synchronisation entre les cartes et la remontée d'informations, ce qui est pratique pour visualiser les données temporelles de la simulation.



Figure 3 - Alyssia Dong



Figure 4 - Etudiants pendant la SAÉ micro-réseau

Noémi Lanciotti, PRAG à l'IUT d'Evry

J'ai intégré la solution Owntech dès ma prise de poste en tant que PRAG au département GEII d'Evry. C'est une solution versatile, qui permet à l'étudiant.e d'utiliser à la fois ses compétences en programmation, électrotechnique ainsi que de prototypage rapide et d'imagination des nouvelles solutions. En tant qu'enseignante, la technologie Owntech me permet d'intégrer des notions travaillées dans le domaine de la recherche et de l'industrie – comme l'écoconception, la soutenabilité de l'électronique de puissance, la prise en compte du cycle de vie des composants - tout en proposant de cas d'application concret et qui représentent un défi social et économique. Deux exemples : la modulation de l'énergie électrique pour mobilité et la maximisation de la production d'énergie des sources renouvelables.



Figure 5 - Noémi Lanciotti



Figure 6 - Etudiants pendant la SAÉ Pompage d'Eau

Focus Carte TWIST

le couteau suisse de l'enseignement en GEII

La carte TWIST [2] est un convertisseur de puissance open-source modulaire développé par OwnTech. Un véritable couteau suisse pédagogique, la TWIST permet de configurer facilement une grande variété d'architectures de conversion (buck, boost, buck-boost, pont complet, etc.) et s'adapte à plusieurs scénarios pédagogiques différents (batteries, hydrogène, photovoltaïque, circuits AC ou DC, micro-réseaux etc).

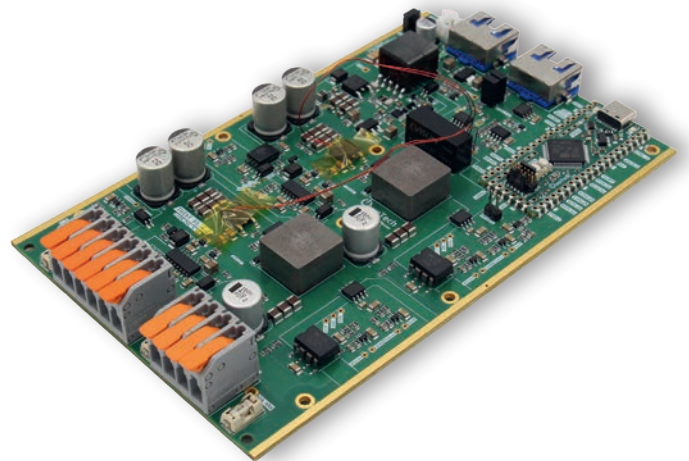
La TWIST a des fonctionnalités intégrées en mesure avec 6 capteurs de courant/tension en entrée et sortie. La carte peut communiquer par USB avec un ordinateur et par un bus de communication dédié en CAN, analogique et RS485 entre cartes.

Avec une profondeur pédagogique unique, la TWIST peut être un outil de découverte de l'électricité pour les étudiants en S1, un cas d'étude de conditionnement de capteurs en S3 jusqu'à un module de pilotage de micro-réseau dans une SAÉ EME en S6.

Un boîtier pédagogique dédié permet de l'utiliser en stand-alone, une interface graphique permet de visualiser ses données. Des usages avancés de reprogrammation par VSCode ou par MATLAB sont aussi possibles.

Sa conception libre permet aussi aux enseignants et étudiants de l'adapter à leurs propres besoins, contribuant ainsi à une innovation partagée et mutualisée dans la communauté GEII.

Figure 7 - La carte Twist



Focus Carte OWNVERTER

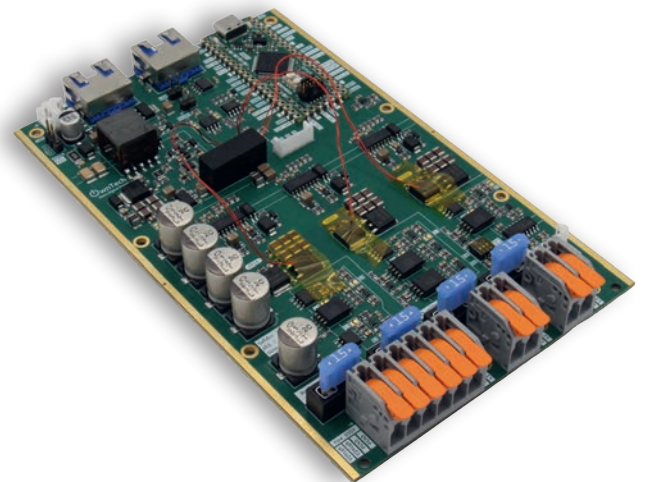
Un outil accessible pour l'enseignement de machines électriques

La carte OwnVerter [3] est un onduleur triphasé bidirectionnel de 1 kW, entièrement reprogrammable et open-source, conçu pour piloter divers types de moteurs électriques.

L'OwnVerter est compatible avec des divers capteurs tel que sin-cos, encodeur optique et à effet Hall. Il peut travailler entre 12 V à 100 V avec un courant maximal de 20 Apk par canal de puissance, une fréquence de commutation de 200 kHz, 4 capteurs de tension et de courant (Bus + 3 phases).

La carte OwnVerter a une profondeur pédagogique qui peut aller de la découverte des moteurs à travers des essais en boucle ouverte en passant par leur pilotage en boucle fermée jusqu'à leur utilisation dans des SAÉ thématiques de mobilité embarquée.

Figure 8 - La carte OwnVerter



Focus Carte SPIN

Une plateforme en informatique industrielle prête à l'emploi

La carte SPIN [1] est petite carte d'informatique industrielle équipée d'un STM32G474, capable de gérer des systèmes de conversion d'énergie avec des performances de commande avancées tout en restant simple à utiliser.

Elle nécessite juste un câble USB-C pour être utilisée, à l'aide d'une interface graphique, du VSCode ou du MATLAB.

Pour la PWM, elle peut générer jusqu'à 10 PWMs avec une fréquence maximale de 55 MHz et une résolution temporelle de 184 ps. Elle supporte plusieurs modulations, des options de déphasage avancées et du support de dead-time.

Du côté acquisition de mesures, la carte SPIN propose une synchronisation de 6 canaux ADC 12 bits avec un taux d'acquisition de 60 kHz. Les acquisitions peuvent être synchronisées avec les générateurs PWM pour une mesure temporelle précise.

Plusieurs SPINS peuvent être synchronisées à 10ns prêt, pour illustrer des réseaux de micro-contrôleurs ou étudier des applications plus complexes.

La SPIN a une profondeur pédagogique qui peut aller de l'introduction à l'informatique industrielle en S1 en passant par la gestion avancée de périphériques en S3 jusqu'à une SAÉ sur l'étude des systèmes temps-réel embarqués en S6.

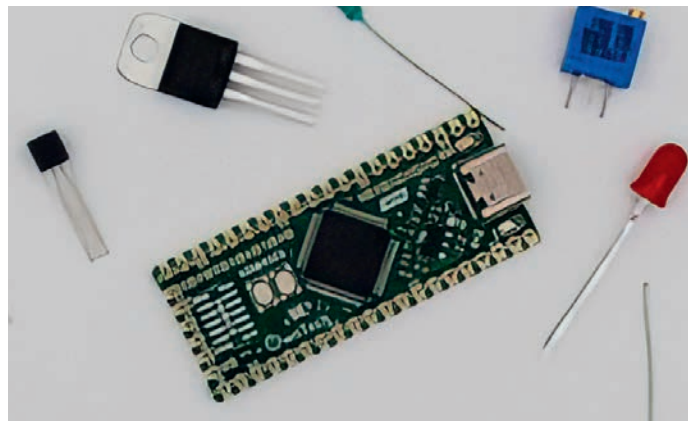


Figure 9 - La carte Spin

Références :

- [1] Lien de documentation de la carte Spin :
<https://www.owntech.io/spin/>
- [2] Lien de documentation de la carte Twist :
<https://www.owntech.io/twist/>
- [3] Lien de documentation de la carte OwnVerter :
<https://www.owntech.io/ownverter/>
- [4] Exemples pédagogiques :
<https://docs.owntech.org/latest/examples/docs/home/>
- [5] Forge où se trouvent tous les fichiers sources :
<https://github.com/owntech-foundation/>
- [6] Centre de documentation :
<https://docs.owntech.org/latest/>

Dossier

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE



*L'Intelligence Artificielle,
une nouvelle intelligence ?*

Depuis 2 ans, l'intelligence artificielle est devenue une préoccupation sociale. Précisément, l'irruption de ChatGPT a explosé les cadres conventionnels, déstabilisant entre autres le rapport à l'information et à la vérité, ainsi que la conduite des affaires humaines en matière de sécurité ou de prise de décision en situation complexe. L'IA générative bouscule tous les domaines de l'activité humaine, et il était inconcevable que le GEII en reste à l'écart. La commission consacrée à l'IA pendant le Colloque de Toulouse amorce un travail que la revue GESI va s'efforcer d'étayer à travers des articles qui permettront d'approfondir le sujet.

Dès ce numéro 101, nous avons décidé d'ouvrir le dossier, grâce à deux articles. Le premier, présenté par les collègues du Département de Salon de Provence, expose la mise en œuvre des outils de l'IA embarquée au service des systèmes automatisés ; les étudiants s'y familiarisent dans le cadre d'une SAE du parcours AII en BUT3. Le second, issu de l'Université de Bretagne Occidentale (via le Département GEII de Brest), fait un point d'étape sur l'utilisation de l'IA côté pédagogie, aussi bien du point de vue des étudiants que de celui des enseignants.

À n'en pas douter, ces articles ne sont que les premiers d'une série qui permettra à l'ensemble de la communauté de se familiariser avec la nouvelle vague technologique, après le numérique dans les années 80 et le web dans les années 2000, en train de percuter tous les compartiments de notre vie sociale.

SAÉ BUT3 AI :

Mise en œuvre d'outils IA pour la surveillance des systèmes automatisés



Mohand DJEZIRI et Thierry CONTARET

Préambule

Avec la révolution numérique de l'industrie du futur, le parcours Automatique et Informatique Industrielle (AI) s'est adapté à l'évolution des outils de conduite et de contrôle des procédés industriels, en intégrant ce que l'industrie du futur apporte comme nouvelle façon d'organiser les moyens de production, et en plaçant le numérique (l'internet des objets [IoT], le jumeau numérique, la réalité augmentée ou virtuelle, l'intelligence artificielle (IA), le Cloud, le Big Data, la cybersécurité, etc.) au cœur de la formation. La Situation d'Apprentissage et d'Évaluation (SAÉ) proposée dans cet article cible les outils de l'IA, et vise à former les étudiants non pas au développement et au codage de nouveaux outils de l'IA, mais à comprendre, puis à utiliser à bon escient ces outils qui sont déjà développés et préprogrammés, afin d'apporter des solutions aux problématiques liées à la commande et à la supervision des systèmes automatisés.

Introduction

Les outils de l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique sont de plus en plus performants et utilisés, grâce à l'évolution fulgurante des capacités d'acquisition et de stockage de données et des capacités de calcul des processeurs. Ils sont maintenant intégrés dans les procédés industriels pour la commande, la supervision, l'optimisation et la maintenance.

Pour garantir le déploiement à grande échelle de ces méthodes dans les milieux industriels, des boîtes à outils facilitent la prise en main et l'utilisation des méthodes de l'IA. Elles sont proposées aux techniciens et aux ingénieurs non spécialistes en mathématiques et en codage informatique, qui deviennent des utilisateurs. Dans la SAÉ du semestre 6 du parcours AI, nous proposons aux étudiants de s'initier à plusieurs boîtes à outils IA parmi celles dédiées à la construction de modèles par apprentissage. Il s'agit des boîtes à outils du logiciel Matlab « Classification Learner », « Regression Learner » et Deep Network Designer ».

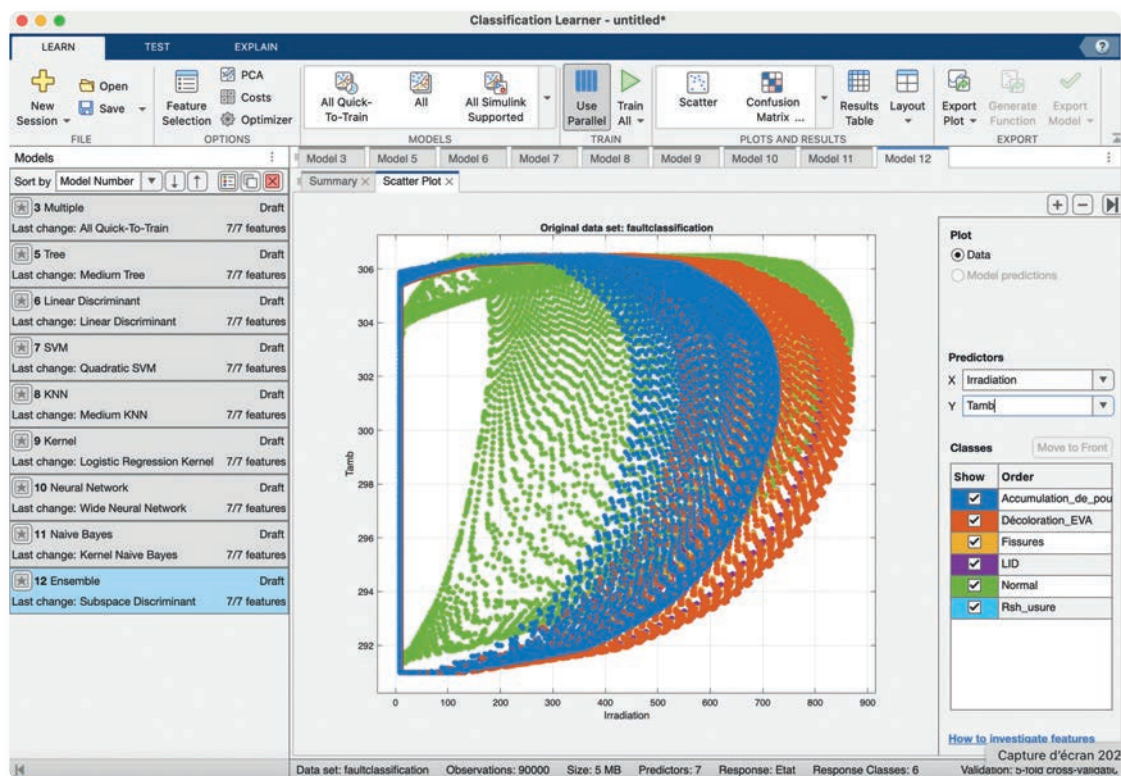


Figure1 : Vue d'ensemble de la Toolbox « Classification Learner »

Elles permettent de construire différents types de modèles, de complexités différentes, sans avoir à les programmer entièrement. Un aperçu de la boîte à outils « Classification Learner » est donné dans la Figure 1, où on peut voir une partie des modèles de classification prédéfinis, comme les arbres de régression (Regression Tree), les machines à vecteurs de supports (SVM) et la discrimination linéaire quadratique (LQD). L'utilisateur, technicien ou ingénieur non spécialiste, n'a pas forcément besoin de connaître les définitions formelles de toutes ces méthodes, mais il peut les utiliser pour résoudre un problème de classification ou de régression qui peut se poser dans un processus industriel.

Organisation de la SAÉ :

La SAÉ est organisée en deux phases : une phase de compréhension et d'assimilation des notions fondamentales de l'apprentissage automatique à partir de données (machine learning) et une phase projet d'utilisation des outils IA avec Matlab.

L'apprentissage des outils

Dans la première phase, l'étudiant est amené à suivre le plan de formation suivant :

- Introduction : historique, familles de méthodes, domaines d'application ;
- Apprentissage automatique (Définition, Apprentissage supervisé, Régression linéaire, KNN, autres méthodes) ;
- Apprentissage non supervisé (Définition, Algorithme des K-Moyennes, autres méthodes) ;
- Apprentissage profond ;
- Les réseaux de neurones (Le neurone, la structure, les fonctions d'activation, les couches cachées) ;
- Construction des ensembles données pour l'apprentissage ;
- Apprentissage et optimisation du réseau (Loss Function, descente du gradient, Taux d'apprentissage, Taille des lots d'entraînement (batches), Nombre d'époques d'entraînement),
- Interprétation des résultats et métriques d'évaluation (Matrice de confusion, RMSE, Accuracy, Recall, F1-Score...).

La phase projet s'appuie sur deux supports d'application issus de nos travaux de recherche à l'Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence (IM2NP / CNRS UMR 7334).

Le premier sur la classification et le deuxième sur la régression. A travers cette SAÉ, les étudiants vont travailler certains apprentissages critiques du niveau compétent des compétences CONCEVOIR, VÉRIFIER et INTÉGRER.

Pour la compétence CONCEVOIR, les étudiants doivent participer à l'élaboration des spécifications d'un cahier des charges définissant un problème de détection et d'identification des défauts sur un système photovoltaïque. A partir d'un descriptif du système, de son instrumentation et une base de données labélisée, les étudiants vont devoir :

- 1- Identifier le type de problème posé (classification ou régression) et le type d'apprentissage (supervisé ou non supervisé)
- 2- Analyser fonctionnellement et structurellement le système intelligent : ses entrées, ses sorties, les performances souhaitées, les ressources nécessaires.
- 3- Analyser la base de données :
 - Afficher l'évolution temporelle des différentes variables,
 - Utiliser les outils déjà implémentés dans la Toolbox pour analyser la corrélation des données, leur pertinence, l'intérêt

d'utiliser ou pas des techniques de sélection des caractéristiques. Les étudiants doivent repérer les outils dédiés et utiliser l'aide proposée par le logiciel pour les comprendre. L'enseignant intervient dans cette étape pour compléter la recherche des étudiants et les aider à interpréter les résultats.

- Décomposer la base de données en 3 ensembles (Apprentissage, test, validation). Plusieurs méthodes de décomposition sont proposées dans la Toolbox. Les étudiants vont les étudier et choisir la plus appropriée au problème posé.

4- Réaliser l'apprentissage du modèle

- Choisir dans la boîte à outil le/Les modèles de classification les plus appropriés et motiver son choix. L'enseignant va aider les étudiants dans cette étape d'analyse car le nombre de modèles de classification proposés dans la Toolbox est très grand et chaque modèle a des avantages et des limites.
- Lancer l'apprentissage et enregistrer les résultats.

A l'issue des deux premières étapes, les étudiants proposent un schéma fonctionnel du classifieur et choisissent parmi les ToolBox de Matlab celle la plus appropriée.

Un aperçu de la boîte de l'interface de chargement de la base de données et du choix de la méthode de répartition de la base de données pour les différentes phases de construction du modèle est donné dans la Figure 2. On remarque sur l'interface que le logiciel repère automatiquement les entrées et la sortie du modèle à partir de la matrice labélisée (problème de régression dans cet exemple). Les onglets de droite illustrent les techniques proposées pour la répartition des données sur les différentes phases de construction du modèle.

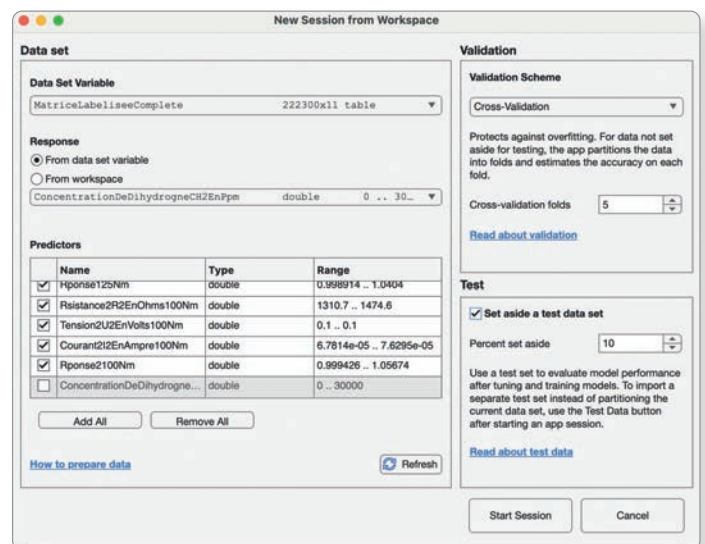


Figure 2 : Un aperçu de la boîte de l'interface de chargement de la base de données

La Figure 3 donne une vue de quelques méthodes d'extraction de caractéristiques (comme l'analyse en composantes principales, PCA) et des méthodes de sélection de caractéristiques (comme la Méthode du RRelieff)

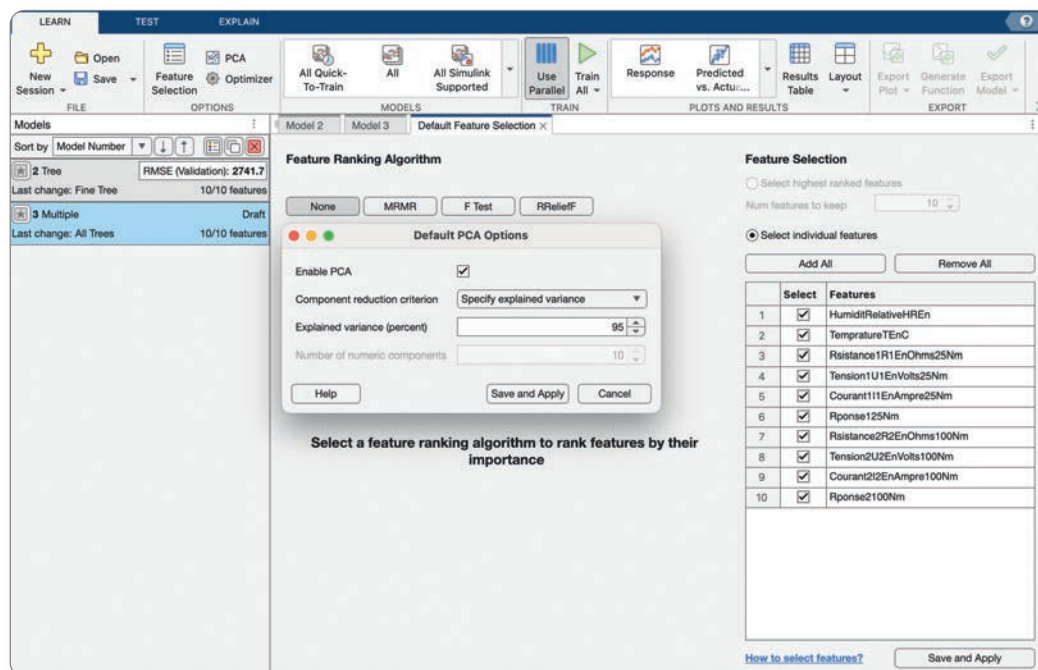


Figure 3 : Vue d'ensemble de l'interface d'extraction/sélection des caractéristiques.

Lorsque les quatre étapes de conception sont finalisées, les étudiants peuvent mettre en œuvre la compétence VÉRIFIER. A l'issue de l'étape d'apprentissage du modèle, un ensemble de paramètres et de graphiques sont générés et enregistrés. Ils permettent d'évaluer et de vérifier la pertinence du modèle et sa capacité de généralisation.

Dans la Figure 4, un exemple d'analyse comparative du résultat de l'apprentissage de 4 arbres de régressions en utilisant une seule métrique (la RMSE) sur l'un des exemples d'applications proposé qui concerne l'estimation de la concentration d'hydrogène à partir de la réponse d'un capteur en présence de gaz interférents (perturbations). Les arbres de régression ont été choisis dans ce cas d'étude car la sortie varie de façon discontinue (en escalier).

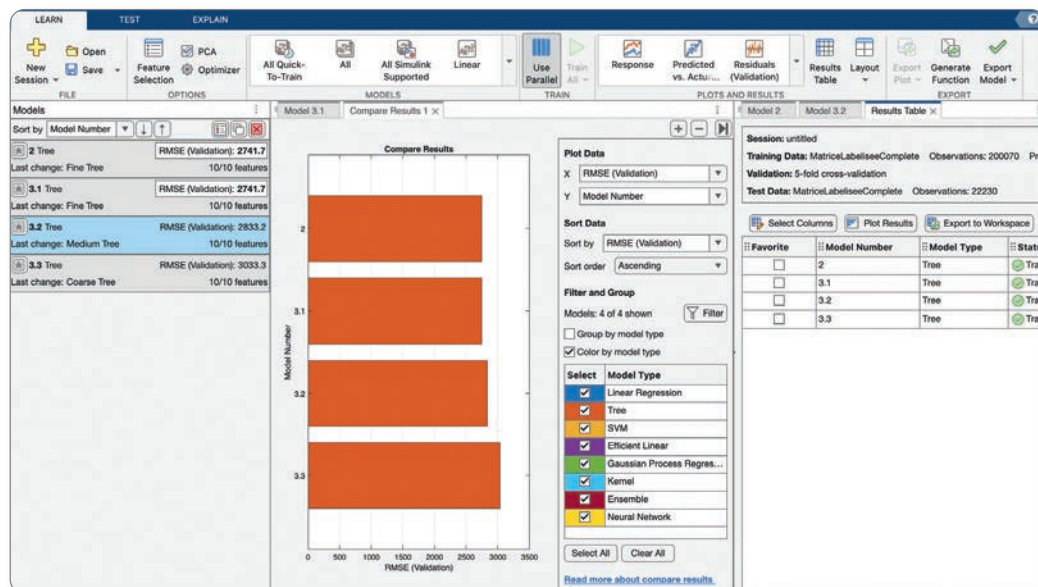


Figure 4 : Exemple d'analyse de la performance du modèle en utilisant une seule métrique

Une deuxième phase de vérification des modèles est réalisée en exportant le modèle sous différents formats en fonction de l'usage souhaité. Dans cette SAÉ le modèle est exporté sous forme de S-Function dans l'espace de travail « Simulink » puis la vérification (test) du modèle est réalisée avec une nouvelle base de données enregistrées comme illustré dans la Figure 4

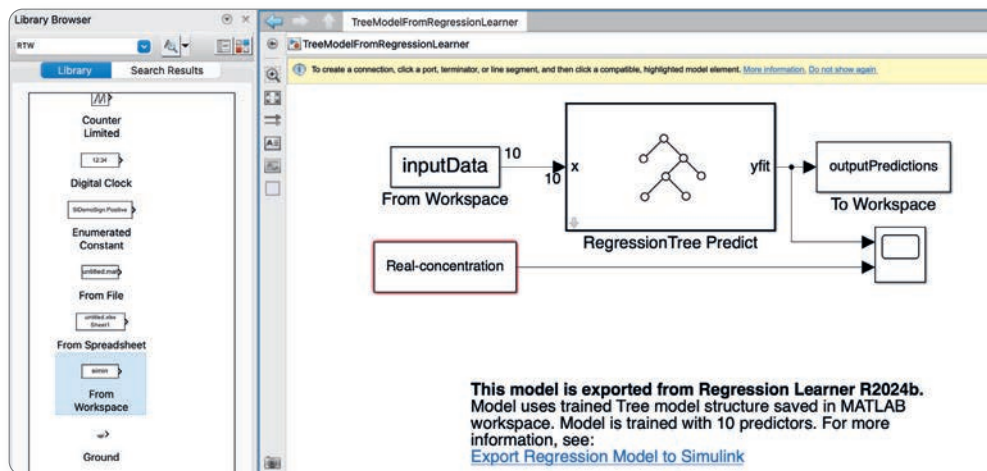


Figure 5 : Modèle de régression exporté dans l'espace Simulink pour test avec de nouvelles bases de données enregistrées

Lorsque les quatre étapes de conception sont finalisées, le Bien que le modèle apparaisse comme une boîte noire, il est complètement ouvert et paramétrable. Il est présenté sous formes de sous-modèles que l'on peut visualiser et modifier en cliquant sur la petite flèche en bas à gauche du modèle de régression. Dans cette partie de la SAÉ, l'enseignant intervient pour expliquer le formalisme mathématique du modèle et de ses paramètres, pour que les étudiants puissent bien interpréter leurs résultats et proposer des modifications sur certains de ces paramètres.

La dernière partie du projet est consacrée à l'intégration d'une architecture matérielle pour embarquer le classifieur. Pour cela, les étudiants doivent :

- Étudier les différentes formes d'export du classifieur proposées dans la Toolbox. L'export sous un autre format (exemple en Python).
- Proposer une architecture matérielle pour embarquer le classifieur en se basant sur les différentes ressources du B.U.T. (électronique, réseau, bases de données, câblage.). Cette dernière étape est réalisée en autonomie par les étudiants. Aucune contrainte n'est imposée aux étudiants.

Livrables :

A la fin de la SAÉ, les étudiants rédigent un rapport détaillé de toutes les étapes de réalisation du projet. Ils doivent montrer leur participation au cahier des charges, donner un protocole de vérification et proposer une procédure d'installation et de mise en service de l'architecture matérielle et logicielle du classifieur.

Evolution de la SAÉ vers la maintenance 4.0 des systèmes automatisés

A la fin de la SAÉ, les étudiants rédigent un rapport détaillé de toutes les étapes de réalisation du projet. Ils doivent montrer leur participation au cahier des charges, donner un protocole de vérification et proposer une procédure d'installation et de mise en service de l'architecture matérielle et logicielle du classifieur.

Afin d'une part, d'appliquer les outils d'IA à d'autres systèmes automatisés et d'autre part, de faire évoluer la SAÉ sur de l

a maintenance 4.0, nous allons transposer certains outils IA sur nos différentes maquettes Festo via l'acquisition d'une solution didactique Festo AX Industrial Intelligence. Cette solution est basée sur une mallette IOT qui se connecte à des parties opératives automatisées via des interfaces à développer facilitant l'apprentissage des technologies de l'IoT et du Machine Learning. L'intégration d'outils IA se fera par l'intermédiaire du logiciel de maintenance prédictive industrielle Festo Automation Experience. L'intérêt de ce système est d'intégrer des fonctions (Connectivité des assets machines, algorithmes de Machine Learning, entraînement d'un modèle) qui permettent le déploiement d'une solution d'IA appliquée à l'industrie et d'en observer la valeur face à des problématiques de maintenance. Le logiciel Automation Experience est de plus combiné avec un logiciel permettant la gestion digitalisée des opérations de maintenance d'un parc machines (logiciel Smartenance. L'intérêt pour nos étudiants est de créer des situations réelles de maintenance. Le résultat de l'algorithme de détection d'anomalies mise au point par les étudiants (dans Festo Automation Experience), une fois passé un certain seuil, déclenchera automatiquement une tâche de maintenance dans le logiciel Smartenance.

L'IA au service du pédagogue : 7 idées clefs



Audrey BERROU et Cyril DE SOUSA CARDOSO

Les outils de l'intelligence artificielle et l'apprentissage Dès cette année 2025, Vincent Salaun, maître de conférences en Sciences de Gestion et du Management et Responsable du Master "Management des Systèmes d'Information" (MSI) à l'IAE de Brest, a décidé de remplacer le mémoire de Master 2 par un grand oral. En effet, l'exercice du mémoire, à l'ère de l'Intelligence Artificielle, peut désormais être réalisé avec beaucoup de facilité par ce nouvel outil.

Un changement de modalité d'évaluation à l'université

La décision a été prise de manière collégiale avec les étudiants, qui ont décidé de tester cette nouvelle modalité et de ne pas attendre sa mise en place à la rentrée. Ce grand oral est réalisé sur un sujet en lien avec l'alternance de l'étudiant. Pour réaliser cet exercice, il doit s'appuyer sur la littérature académique et réaliser une enquête empirique. L'exercice s'accompagne d'une note de synthèse à rendre une semaine avant la soutenance et d'un portfolio de compétences attestant l'acquisition de l'ensemble des compétences développées dans le master.

Vincent Salaun a pu rencontrer quelques réticences de la part de certains de ses collègues enseignants, cependant les entreprises trouvent l'exercice intéressant et se portent volontaires pour être membre du jury de ces oraux nouvelle génération. Et ce changement de modalité d'évaluation sert d'expérimentation plus large à l'IAE. Première étape d'une transformation profonde de l'action d'évaluation dans l'enseignement supérieur à l'ère de l'IA.

L'IA percute les enseignants, les apprenants, mais les actions mêmes d'enseigner, d'apprendre et d'évaluer

Quelques chiffres de l'enquête IA à l'UBO

La décision a été prise de manière collégiale avec les étudiants, Dès 2023, l'UBO s'est questionnée sur l'utilisation de l'IA par ses étudiants et ses enseignants. Une première enquête a permis d'obtenir une vision de l'état d'utilisation de l'IA par les étudiants. Pour suivre l'évolution des pratiques, cette enquête a été renouvelée.

Conduite en janvier 2025, l'étude a obtenu 242 réponses du côté enseignants et 1932 réponses du côté étudiants.

L'analyse des données met en évidence que l'IA générative la plus utilisée par les étudiants (54%) comme les enseignants (43%) est ChatGPT en version gratuite. Cependant, les étudiants et les enseignants n'ont pas les mêmes motivations d'utilisation. Les enseignants l'utilisent à 48% pour de la recherche personnelle et académique. Les étudiants privilégient l'utilisation de l'IA pour comprendre des concepts complexes (21%), l'utilisant comme une aide dans leurs apprentissages.

Cette étude a également mis en lumière que les étudiants et les enseignants ont les mêmes préoccupations éthiques et les mêmes craintes quant à la fiabilité des informations fournies par les IA génératives. Ils sont conscients du risque de biais ou d'erreurs.

Les enseignants en majorité se considèrent débutants (53%) dans l'utilisation de l'IA. Ils sont à la recherche d'un gain de temps, une automatisation des tâches répétitives et d'une optimisation du travail administratif lorsqu'ils l'utilisent. Les étudiants, à 42%, estiment avoir un niveau intermédiaire. Ils sont dans une recherche d'aide à l'analyse de données et un accès rapide à l'information pertinente.

L'arrivée de l'IA générative pose également la question de son impact sur les méthodes de travail. A 51%, cela n'a pas eu d'impact chez les enseignants. Cependant, 22% ont changé leur façon de concevoir certains cours ou activités. Les étudiants considèrent à 36% que l'IA générative n'a pas eu d'impact sur leurs méthodes de travail et 30% s'estiment plus efficaces dans leurs tâches avec l'IA. Enseignants (48%) et étudiants (62%) ont une vision nuancée de l'usage de l'IA générative. Ils en reconnaissent l'utilité mais soulignent la nécessité d'en avoir une vision critique.

De quoi parle-t-on ?

La pédagogie peut se définir comme "toute activité déployée par une personne pour développer des apprentissages chez autrui" (Raynal & Rieunier, 2014). L'andragogie, aussi appelée pédagogie des adultes, y ajoutent une dimension, celle d'adultes qui, avant d'arriver en formation, ont déjà eu une carrière professionnelle et arrivent en formation avec leurs expériences. L'andragogie cherchant à en tenir compte (Raynal & Rieunier, 2014) et même à les exploiter au service du processus d'apprentissage.

L'intelligence artificielle (IA) désigne un ensemble de techniques et de systèmes permettant à des machines d'exécuter des tâches normalement associées à l'intelligence (ou plutôt cognition) humaine, comme l'apprentissage, le raisonnement, ou la reconnaissance de "patterns". L'IA générative est une branche spécifique de l'IA capable de produire de nouveaux contenus (textes, images, sons...) à partir de données existantes, en imitant les styles, langages ou formats appris. Elle ne se contente pas d'identifier ou de classer : elle crée, invente, propose, parfois avec créativité. L'agentification y ajoute une dimension : celle de doter ces intelligences de rôles proactifs, sous forme d'agents IA autonomes capables d'interagir de manière continue avec leur environnement, de prendre des décisions, de s'adapter à un contexte ou de collaborer avec d'autres agents ou humains dans un cadre défini.

1. Raynal, F., & Rieunier, A. (2014). Pédagogie, dictionnaire des concepts clés (10e Edition). ESF. <https://www.esf-scienceshumaines.fr/education/217-pedagogie-dictionnaire-des-concepts-cles.html>

Elle inaugure une nouvelle étape de la relation homme-machine, celle d'une collaboration située, évolutive, parfois symbiotique.

Après avoir œuvré ces 3 dernières années à observer les transformations de la pédagogie à l'ère de l'IA, voici nos réflexions

Œuvrant ensemble au sein du Groupe de Recherche Action dédiée à l'IA et à la pédagogie portée par l'UBO, Audrey en tant qu'ingénieure pédagogique du SIAME et Cyril en tant que fondateur du groupe Polaria.

Idée 1 : L'IA et le pédagogue, définissez le pourquoi ?

L'enquête réalisée par l'UBO montre que les enseignants sont à la recherche d'un gain de temps en utilisant l'IA générative. En effet, cet outil, à condition qu'il soit bien utilisé (notamment en matière d'ingénierie du Prompt), peut permettre aux enseignants de gagner du temps dans certaines tâches. Certains enseignants utilisent déjà l'IA générative pour les aider à concevoir leurs cours, créer des activités pédagogiques pour les étudiants...

Mais l'utilisation de l'IA générative ne se contente pas d'adresser le sujet du gain de temps, mais également le gain de qualité. L'IA est ainsi utilisée pour individualiser les cours. Les systèmes d'Intelligence Artificielle permettent à l'enseignant, en peu de temps, de trouver des conseils pour adapter ses supports de cours pour des étudiants qui présentent par exemple certaines situations de handicap (ex : dyslexie, daltonisme, etc.), ou pour en adapter le contenu à différents stades d'apprentissage.

Du côté des apprenants, l'IA c'est la possibilité de recevoir des feedbacks instantanés, des exercices adaptés à leur niveau et des ressources sur mesure. Cette personnalisation, induite par l'IA, ne doit cependant, et bien entendu, pas remplacer le rôle humain, mais l'augmenter. Le regard critique et expert de l'enseignant sur ce que l'IA a produit reste essentiel pour des technologies statistiques qui oeuvrent avant tout dans le champ du "plausible" et non de la "vérité". L'arrivée des IA laisse imaginer la perspective d'un enseignant capable d'investir plus de temps dans l'interaction humaine, pour travailler le développement de l'esprit critique de ses étudiants, pour le développement de la créativité et pour les activités réflexives.

Idée 2 : Avoir conscience des risques de l'IA pour le pédagogue

L'utilisation de l'IA présente des avantages mais aussi ses points de vigilance et ses problématiques. Avant d'utiliser l'IA, l'enseignant doit avoir conscience qu'il doit bien entendu respecter les réglementations déjà en vigueur comme le RGPD et désormais l'AI Act (règlement européen qui fixe des règles pour que l'intelligence artificielle soit utilisée de manière sûre, transparente et respectueuse des droits des citoyens au sein de l'Union Européenne). Les enseignants s'interrogent, par exemple, sur la possibilité d'utiliser une IA pour accompagner l'évaluation de la copie d'un étudiant, nécessitant de partager les données avec le ou les systèmes d'IA retenus. Selon la CNIL, les bonnes pratiques voudraient que les enseignants doivent auparavant en informer les apprenants. Il est également conseillé d'anonymiser les données avant de fournir des documents à une IA et d'avoir conscience que si l'outil d'IA utilisé l'est de manière gratuite, alors celui-ci exploite les données partagées pour son propre apprentissage, respectant l'adage numérique qui est que si c'est gratuit, c'est vous le produit.

Il est également nécessaire pour le pédagogue d'avoir conscience qu'une IA n'est jamais que du biais inscrit dans de la

donnée et des algorithmes. Un système d'IA est entraîné sur des données diverses et plus ou moins propres à la culture du pays où l'IA a été développée. Cela a une incidence sur les réponses produites et peut donc générer des biais ou encore des hallucinations réduisant à néant la perspective de voir des évaluations 100% générées par IA. Les compétences des enseignants et leurs domaines d'expertise restent essentiels à l'ère de l'IA.

Toujours liée à l'approche responsable du pédagogue, l'utilisation de l'IA générative a également un coût énergétique (comme tout usage numérique d'ailleurs). Par exemple, la génération d'une image équivaut à la charge d'une batterie de téléphone (Luccioni, 2023). La tendance récente du "Starter Pack" est venue interroger cette dimension écologique et de l'intérêt de l'utilisation de l'IA. L'impact environnemental des systèmes d'IA doit conduire le pédagogue à un usage raisonné et utile, où les bénéfices d'usage doivent en dépasser les coûts. Le triptyque High Tech / Low Tech / No Tech propose ainsi d'articuler technologies avancées, solutions simples et absence volontaire de technologie, selon les objectifs pédagogiques visés. Le pédagogue peut s'en emparer pour choisir, de façon raisonnée et contextualisée, les bons outils au bon moment, en plaçant toujours l'expérience d'apprentissage et le sens au centre de sa démarche.

Idée 3 : Réinterroger les compétences à l'ère de l'IA ?

Depuis quelques mois, les performances des intelligences artificielles génératives dépassent, dans certains cas, le niveau attendu d'un doctorat. Cette évolution spectaculaire ne remet toutefois pas en cause la nécessité de développer des compétences solides dans son propre champ d'expertise. Bien au contraire : l'IA ne remplace pas la maîtrise disciplinaire, elle en devient un miroir amplificateur, révélant à la fois la profondeur des savoirs et les failles dans leur compréhension.

L'usage pertinent de l'IA générative suppose une capacité à contextualiser, à questionner et à valider ce qu'elle propose. Il est donc indispensable que l'utilisateur possède une connaissance fine du sujet pour garder un regard critique sur les réponses produites. Si l'IA peut parfois surpasser l'enseignant sur certains contenus théoriques, ce dernier conserve un rôle essentiel : celui de médiateur, de guide, et surtout d'expert capable de distinguer la justesse de la vraisemblance.

2. IA et RGPD : la CNIL publie ses nouvelles recommandations pour accompagner une innovation responsable. <https://www.cnil.fr/fr/ia-et-rgpd-la-cnil-publie-ses-nouvelles-recommandations-pour-accompagner-une-innovation-responsable>

3. Luccioni, A. S., Jernite, Y., & Strubell, E. (2023). Power Hungry Processing : Watts Driving the Cost of AI Deployment? (arXiv:2311.16863). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2311.16863>

Face à cela, un double risque se dessine : celui de la paresse intellectuelle – où l'IA devient une béquille systématique – et celui du décrochage entre ceux qui savent utiliser l'IA avec finesse parce qu'ils sont déjà experts, et ceux qui n'en tirent que des résultats bruts, au risque de reproduire des erreurs. L'IA ne nivelle pas vers le bas, elle accélère l'accès au sommet, mais uniquement pour ceux qui disposent des compétences nécessaires pour grimper avec elle.

Ces transformations interpellent en profondeur les modalités d'évaluation. L'IA est aujourd'hui capable de rédiger des dossiers, de synthétiser des lectures et de produire des travaux de niveau académique (Xia et al., 2024). Il devient donc urgent de repenser ce que l'on évalue et comment. Les évaluations orales, les mises en situation, ou encore les exercices de résolution de problèmes authentiques sont désormais privilégiés (Xia et al., 2024 ; Graveleau & Nunès, 2025).

Par ailleurs, plutôt que de bannir l'IA, certaines pratiques pédagogiques choisissent de l'intégrer : les apprenants peuvent être amenés à analyser ses productions, à les comparer avec leurs propres savoirs ou à identifier ses erreurs (Xia et al., 2024). D'autres approches valorisent l'explicitation du processus : en autorisant l'usage de l'IA, on demande aux étudiants de documenter leurs prompts et de justifier leurs choix (Graveleau & Nunès, 2025). Cela favorise une approche par compétences, centrée sur la capacité à mobiliser, articuler et évaluer l'information, plutôt qu'une simple restitution de savoirs.

Idée 4 : L'IA, le retour des humanités

Loin d'annoncer la fin de l'apprentissage ou la disparition du savoir, l'IA générative réhabilite paradoxalement les fondamentaux : l'esprit critique, la rigueur argumentative, la compréhension historique et culturelle. Face à une machine qui produit à la vitesse de l'éclair mais sans toujours discerner le vrai du vraisemblable, la maîtrise de la logique, de la rhétorique, de l'écriture, de l'histoire ou encore des mathématiques devient un socle encore plus nécessaire et indispensable. Ce retour aux humanités n'est pas un repli nostalgique, mais un repositionnement du pédagogue sur les capacités spécifiquement humaines : interpréter, contextualiser, questionner. L'enseignant devient ainsi le garant de la densité culturelle face à la surface textuelle des IA. Acteur des relations humaines qui doivent être, plus que jamais, au cœur des processus pédagogiques.

Idée 5 : Réinventer la relation enseignant - étudiants

L'intelligence artificielle n'est pas seulement un outil technologique, elle est une médiation nouvelle entre ceux qui enseignent et ceux qui apprennent. Là où le savoir était autrefois délivré unilatéralement, l'IA contribue à redistribuer des rôles qui étaient déjà en cours de recomposition avant l'arrivée de ces nouveaux systèmes technologiques : chacun peut poser des questions, expérimenter, dialoguer avec des agents intelligents, accéder à des connaissances en temps réel. Cela pousse à redéfinir la posture du pédagogue, non plus comme unique détenteur du savoir, mais comme architecte d'une relation pédagogique augmentée, fondée sur la co-construction, l'autonomie et la réflexivité. L'enseignant doit accepter de ne plus avoir toutes les réponses, mais d'aider ses étudiants à mieux formuler leurs questions, et à mieux en évaluer et utiliser les réponses.

Idée 6 : Former les enseignants pour qu'ils puissent former leurs étudiants

Former les enseignants à l'intelligence artificielle générative est un impératif stratégique. Non pas pour en faire des experts techniques, mais pour leur permettre de comprendre le fonctionnement des IA, d'identifier les bons outils, de maîtriser l'art du prompt, et surtout, d'en faire un levier pédagogique maîtrisé. L'enquête conduite à l'UBO en 2025 révèle que si certains enseignants s'emparent déjà de ces technologies, d'autres demeurent en retrait. Ce clivage ne doit pas devenir une fracture. À l'UBO, le service d'appui à la pédagogie propose des formations, mais celles-ci doivent être enrichies par une veille collective et continue, nourrie par des communautés d'apprentissage.

Au-delà de la théorie, il faut montrer ce qu'il est concrètement possible de faire avec l'IA et dans quel intérêt pédagogique : générer des scénarios pédagogiques, créer des agents conversationnels dédiés à des cours ou à des activités, analyser des réponses IA avec les étudiants, comparer différentes versions d'un texte, concevoir des parcours différenciés, etc. L'enjeu n'est pas de remplacer, mais de démultiplier. L'enseignant reste aux commandes, mais accompagné de nouveaux assistants numériques.

Idée 7 : Ne pas faire entrer l'IA dans la pédagogie serait une erreur plus grande encore

Certes, l'arrivée de l'intelligence artificielle dans l'enseignement suscite inquiétudes et débats. Mais le véritable risque n'est pas son intégration... c'est son absence. Car pendant que l'on hésite, nos étudiants, eux, expérimentent déjà. Ils seront demain les professionnels d'un monde dans lequel l'IA est omniprésente, dans les entreprises, les services publics, la recherche, la création. Ne pas les former à en faire un usage critique, éthique et compétent reviendrait à les désarmer.

Intégrer l'IA dans la pédagogie, c'est assumer une responsabilité éducative face à une transformation irréversible du monde professionnel. C'est aussi préparer à de nouvelles compétences que les recruteurs commencent déjà à rechercher : capacité à interagir avec une IA, à en exploiter les réponses, à comprendre ses limites, à documenter ses processus. Autrement dit, à devenir un acteur lucide de cette nouvelle ère.

4. Graveleau, S., & Nunès, E. (2025). A l'heure des IA, la révolution silencieuse des examens : « La question n'est plus de savoir s'il faut s'opposer, mais comment on va vivre avec ». La Matinale du Monde.

5. Xia, Q., Weng, X., Ouyang, F., Jin Lin, T., & K.F. Chiu, T. (2024). A scoping review on how generative artificial intelligence transforms assessment in higher education. International Journal of Educational Technology in Higher Education.

Dossier SAÉ PAR L'EXEMPLE



Dans le N°99 de la Revue GESI, nous avons ouvert un dossier (pages 11 à 28) intitulé «SAÉ : la preuve par l'exemple». L'objectif de ce dossier était de «populariser» les SAÉ. Si dans bon nombre de départements GEII, les équipes se sont emparées de la nouvelle modalité SAÉ, parfois avec un enthousiasme manifeste, la mise en œuvre est plus difficile à appréhender dans d'autres endroits. Dans cet esprit, l'ouverture d'un dossier SAÉ dans le GESI permet de partager des expériences, des réflexions autour du déploiement de cette modalité apparue dans le PN de 2021.

Ce numéro 101 poursuit le travail, avec 3 contributions issues de Toulouse et Cachan, illustrant des expériences menées dans les parcours AIJ, EME et ESE. Bonne lecture !

SAÉ BUT3 Semestre 5 Parcours AI

Smart Robotic Intégration



Vincent BONNET - MCF

Enseignant chercheur en Robotique - vincent.bonnet@iut-tlse3.fr

Martin MUJICA - MCF

Enseignant chercheur en Robotique - martin.mujica@iut-tlse3.fr

Alain GONZAGA - PRAG

Enseignant en automatismes - alain.gonzaga@iut-tlse3.fr

La SAÉ "Smart Robotic Integration" (SRI) se déroule durant près de 3 semaines (40h de CM/TD/TP et 15h d'autonomie) lors du semestre 5 (fin octobre) du BUT GEII parcours AI. Elle vient illustrer les différentes ressources du parcours AI (BUT2 et 3), pour la robotique principalement mais aussi pour les automatismes industriels, et fait la synthèse de ces différents enseignements pour atteindre l'objectif principal suivant : Mettre en œuvre (intégrer) une tâche robotique complexe avec plusieurs robots, dont des cobots, et construire un jumeau (modèle) numérique de la cellule robotique.

Les différentes ressources étudiées et concernées pour cette SAÉ sont visibles dans la figure 1.

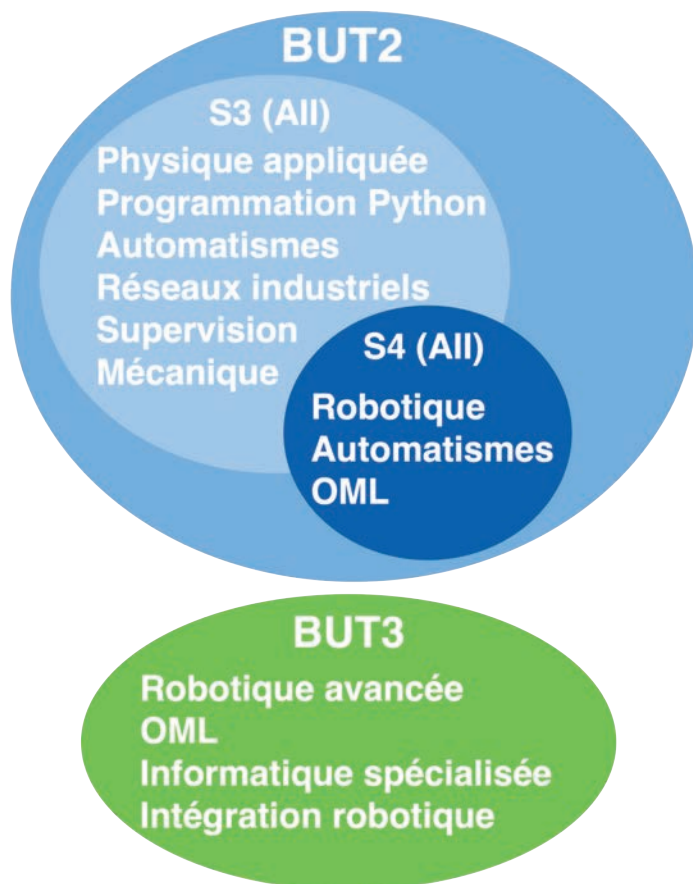


Figure 1 : Description des ressources associées à la SAÉ SRI

Matériels :

La SAÉ SRI se déroule essentiellement à la plateforme atelier inter-établissements de la maison de la Formation Jacqueline Auriol, montrée en figure 2, qui est accessible à l'IUT et aux établissements partenaires (INSA, SUPAERO...).

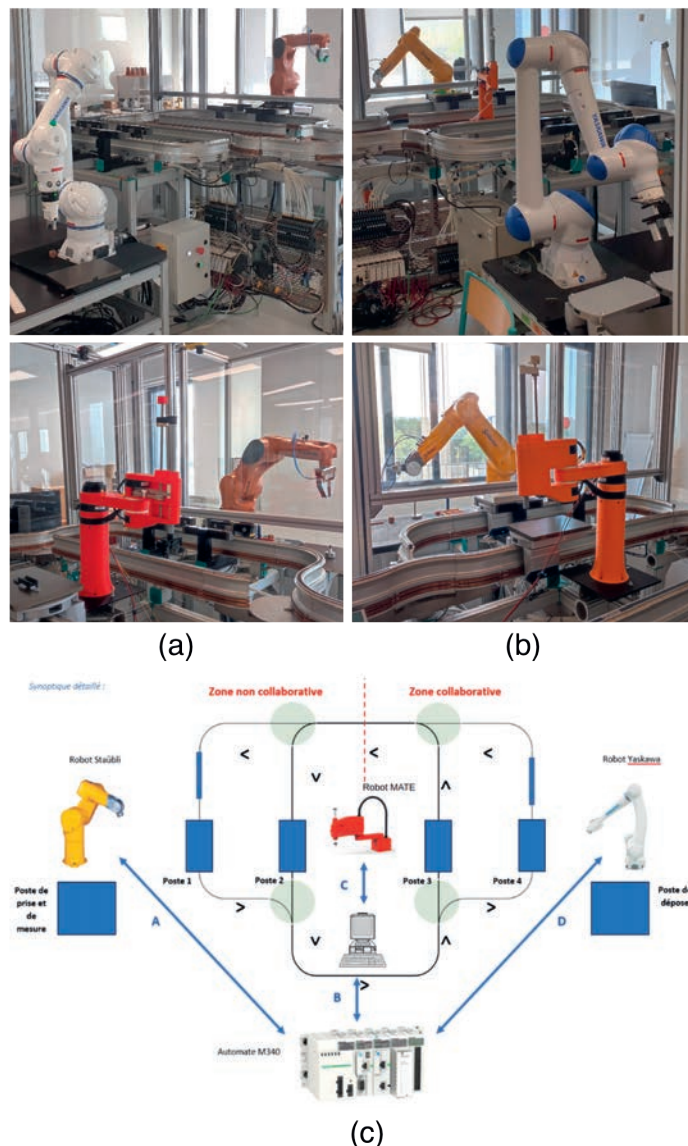


Figure 2 : Vue des deux cellules dites « stäubli » (a) et « kuka » (b), composées de 3 robots chacune, de la plateforme robotique de la maison de la formation Jacqueline Auriol. Détail des postes d'une des cellules avec description des zones collaborative et non-collaborative (c).

La plateforme robotique est composée de deux systèmes structurellement identiques composés de convoyeurs à navettes, de robots industriels Stäubli / Kuka et Yaskawa, ce dernier ayant la capacité à fonctionner en mode cobot. Chaque système possède également des robots SCARA, appelés MATE (Made in Toulouse for Education), fabriqués par l'équipe robotique de l'IUT, et présenté ci-après, permettant l'étude de la génération de trajectoires en Python. Des navettes autonomes MONTRATEC sont dirigées vers les postes d'indexage via des aiguillages pneumatiques, permettant aux robots d'agir sur la matière transportée. Deux détecteurs inductifs et des taquets placés sur les navettes commandent le passage en grande ou petite vitesse, tandis que des taquets pneumatiques peuvent arrêter les navettes avant les aiguillages et aux postes d'indexage. Deux automates M340 assurent la commande de ces systèmes, la communication avec les robots (TOR ou réseau) et la gestion des capteurs/actionneurs IO-Link.

Objectifs de la SAÉ :

Pour l'année universitaire 2024-2025, nous avons opté, pour donner de la consistance au scénario, à l'assemblage d'une boîte de vitesses avec ses pignons. La figure 3 montre les différents éléments et leur mise en œuvre.



Figure 3 : Description et mise en œuvre lors du montage robotisé des éléments composant une boîte de vitesses.

Le scénario est le suivant :

1. Une navette est envoyée au début du cycle sur le poste d'indexage du robot Stäubli ou du robot Kuka (Poste 1 dans la figure 1.c),
2. Le robot industriel prend chaque pignon (figure 3) et vérifie à l'aide d'un télémètre laser que le nombre de dents est correct, puis dépose successivement les deux pignons sur le fond (pièce 1),
3. La navette part en direction du robot SCARA MATE qui vient prendre le couvercle (pièce 4) présent sur la navette (Poste 3 dans la figure 1.c) et le dépose sur le fond ayant reçu les deux pignons (Poste 2 dans la figure 1.c),
4. La navette part vers le poste d'indexage du robot Yaskawa (Poste 4 dans la figure 1.c), celui-ci prend la boîte de vitesses complète et la présente à l'opérateur pour une inspection visuelle ou manuelle (rotation du pignon),
5. L'opérateur indique le statut bon ou mauvais de la pièce via la boîte à boutons et le robot dépose alors la boîte dans un compartiment, ou la renvoie sur la navette (selon si la pièce est bonne ou est mauvaise).

Ce scénario a été pensé pour couvrir un champ large de compétences :

- Programmer des robots industriels pour effectuer entre autres des tâches de pick and place,
- Appliquer les principes étudiés en cours de robotique : modélisation géométrique, cinématique inverse, génération de trajectoires, jumeaux numériques, apprentissage de tcp, et d'OML : manipulation de matrices, de repères, produit en croix, et moindre carrés,

- Programmer en Python,
- Commander un système électropneumatique de convoyeur à navette par automate programmable industriel M340,
- Mettre en œuvre des capteurs de technologie IO-Link (télémètre laser, balise lumineuse, tête de lecture/écriture RFID) connectés via un master IO-Link IFM à un automate M340 via son coupleur Ethernet/IP,
- Réaliser le câblage des entrées/sorties de l'automate avec les entrées/sorties des robots,
- Réaliser la communication Modbus TCP entre une application Python et le robot/automate,
- Réaliser la communication Modbus TCP entre une application Python et la pince IO-Link du robot Yaskawa via son master IO-Link Turck Banner,
- Réaliser la supervision du système complet.

Robotique :

Cette SAÉ s'inscrit dans la philosophie de l'enseignement de la robotique à l'IUT GEII de Toulouse : présenter et maîtriser des outils industriels tout en expliquant les fondements mathématiques. Pour cela, les étudiants utilisent, par exemple, des méthodes propriétaires des fabricants de robots industriels pour définir un repère ou calibrer le Tool Center Point (TCP) d'un outil. Cependant, ils doivent également comprendre les principes sous-jacents à ces méthodes afin de pouvoir les programmer eux-mêmes en Python et comparer les résultats obtenus.

Outils industriels :

Les deux robots industriels (Stäubli et KUKA) sont programmés directement in situ via leurs interfaces de programmation respectives (teach-pendant). Les étudiants doivent d'abord faire la calibration des outils de travail (des pointes pour définir des repères, des pinces pour réaliser les tâches), tel que vu lors des ressources. Ensuite, ils sont amenés à penser et apprendre les repères de prise, d'approche et de dépose, fondamentaux pour la définition des trajectoires cartésiennes. Ils utilisent la méthode dite des « 3-points » pour créer un repère avec les outils propriétaires. Cette méthode est étudiée et recodée en ressource et est très utilisée dans cette SAÉ. Pour chaque repère, il est demandé aux étudiants de réfléchir aux 3 rotations données par le contrôleur.

La programmation se fait en langage propriétaire — VAL3 pour Stäubli, KRL (KUKA Robot Language) pour KUKA — à travers la création de boucles for, de conditions if et de switch case conditionnés par des entrées numériques qu'ils ont configurées et nommées dans les E/S du contrôleur robot. Ces boucles permettent d'aborder les concepts de répétition paramétrée de tâches et de décalage automatique de repères, éléments clés dans les opérations multi-objets et de palettisation notamment. En complément, les étudiants de l'IUT de Toulouse suivent environ 20 heures de Programmation Hors Ligne (PHL) exclusivement sur la suite logicielle Stäubli. Afin de favoriser une compréhension transversale, une cheat-sheet comparative est mise à leur disposition pour faire le lien entre les syntaxes et fonctionnalités VAL3 et KRL.

Cela leur permet d'acquérir une vision multi-constructeurs des commandes de base (boucles, conditions, appels de sous-programmes, gestion des repères) et de comprendre que, malgré des syntaxes différentes, les fonctionnalités fondamentales sont présentes sur tous les contrôleurs industriels modernes.

Outils pédagogiques :

Le robot MATE SCARA (MAde in Toulouse for Education) a été développé en collaboration entre les enseignants du département GEII de Toulouse et des enseignants-chercheurs du LAAS-CNRS. Il est visible sur les différentes photos de cet article. D'une conception classique de type SCARA, il dispose de quatre degrés de liberté. Les moteurs utilisés, de la marque My-Actuator, sont contrôlables à une fréquence de 250 Hz grâce à des modules USB CANBUS économiques (environ 20 euros). Le contrôle peut s'effectuer selon trois modes - position, vitesse et couple - via une API Python. Il est également possible de configurer les paramètres PID internes de ces moteurs. Ces mêmes moteurs sont employés dans les enseignements d'Automatique en BUT2 et BUT3, ce qui signifie que les étudiants abordent ce projet avec une certaine familiarité technologique. L'ensemble du système robotique MATE SCARA représente un investissement d'environ 2000 euros. Un soin particulier a été apporté à la conception pédagogique du robot, qui intègre des coques transparentes permettant d'observer directement les chaînes d'actionnement, comprenant les courroies, poulies et vis sans fin, éléments essentiels à son fonctionnement. Cette transparence physique reflète bien la philosophie de transparence pédagogique qui a guidé sa conception.



Figure 4 : Comparaison entre les jumeaux numériques modélisés par les étudiants et les prises sur robots réels.

La première phase de la SAÉ consiste à découvrir et à modéliser la cinématique des robots YASKAWA HC-10 et MATE SCARA. Pour ce faire, à partir de la documentation et en déplaçant les robots en mode articulatoire à l'aide de leur pendant virtuel, les étudiants doivent établir la table modifiée de Denavit-Hartenberg des robots. Ensuite, ils doivent calculer, à l'aide d'un script Python qu'ils ont eux-mêmes développé en ressources, le modèle géométrique direct du robot. Il est crucial pour les étudiants de comparer la matrice homogène de l'organe terminal dans le repère du robot, calculée avec leur modèle, à celle fournie par le pendant virtuel du robot. Pour cela, ils doivent positionner le robot dans cinq poses aléatoires et comparer les matrices homogènes correspondantes. À noter que les étudiants ont déjà réalisé ce type de calcul lors de la SAÉ Robotique du BUT2. La figure 4 montre différentes comparaisons entre les robots réels et leur jumeau numérique modélisé par les étudiants.

Par la suite, il leur est proposé d'effectuer la calibration de l'outil positionné sur le robot. Cette calibration est réalisée grâce à une méthode de sphere-fitting que les étudiants doivent programmer en Python. Le modèle de la sphère, analysé avec les étudiants pendant les ressources, est linéaire et permet de déterminer directement les coordonnées de l'extrémité de l'outil par une simple méthode des moindres carrés. Cette dernière est étudiée en ressource OML, entre autres. La figure 5 montre des étudiants en train de prendre des mesures de pose de l'outil qui vont permettre d'alimenter leur script Python pour calibrer leurs outils.



Figure 5. Prise de mesure, script Python réalisé par les étudiants résolvant un « sphere-fitting » et comparaison avec la méthode constructeur pour la calibration d'outil.

Une fois les robots modélisés en Python, les étudiants sont invités à reproduire le modèle du robot en 3D dans le logiciel gratuit CoppeliaSim, qui propose, entre autres fonctionnalités, une API Python simplifiée. Là encore, il leur est demandé de valider leur modèle en le confrontant à des mesures réelles effectuées sur le robot.

Lors des ressources, les étudiants apprennent à utiliser le logiciel open source OpenSCAD. Cet outil est particulièrement intéressant pour des modélisations de base, car il permet de manipuler des matrices de transformation homogène et utilise un langage scripté (ce qui leur permet de continuer à travailler leurs compétences en programmation). Grâce à cela, ils doivent concevoir les modèles CAO de certains éléments de la maquette réelle, tels que les navettes ou les pièces de prise et dépose. Les modèles plus complexes, comme les maillages des robots ou les rails de la maquette, sont fournis aux étudiants sous forme de fichiers .STL. Après l'importation des pièces 3D, les étudiants doivent localiser les éléments de la maquette physique dans leur jumeau numérique dans CoppeliaSim. Un repère orthonormé est associé à chaque pièce sur des points caractéristiques. Les étudiants doivent alors déterminer les transformations relatives entre les différents éléments (robot, rails, navette, pièce de prise-dépose) de leur scène. Pour y parvenir, ils utilisent les robots modélisés et étalonnés, avec leur organe terminal comme outil de mesure, et appliquent la méthode des trois points, mentionnée précédemment (celle propriétaire du Yaskawa, et celle développée par eux-mêmes sur Python pour le MATE SCARA).

Après la conception du jumeau numérique de la scène et des robots, les étudiants peuvent générer eux-mêmes leurs trajectoires, à la fois dans l'espace articulatoire et dans l'espace cartésien (en position uniquement), en utilisant des polynômes d'ordre 3. Ces polynômes ont été étudiés en ressources, notamment en OML, lors de l'étude de la résolution de systèmes linéaires. Ils développent ainsi leurs propres fonctions simplifiées, correspondant en VAL3 aux commandes MoveJ (mouvement joint) et MoveL (mouvement linéaire). Pour MoveL, afin d'obtenir les configurations articulaires correspondantes à la trajectoire opérationnelle, le module de cinématique inverse de CoppeliaSim est utilisé via l'API. Dans ces deux fonctions, les étudiants doivent implémenter un algorithme à temps minimal garantissant

le respect des butées articulaires (limites des axes des robots) et des vitesses articulaires et cartésiennes maximales autorisées. Dans l'espace cartésien, les vitesses opérationnelles doivent être inférieures à 200 mm/s pour se conformer à la norme ISO/TS 15066 sur la robotique collaborative, abordée en cours. Pour le robot MATE SCARA, la prise des éléments dans la zone non collaborative s'effectue à vitesse maximale, tandis que la dépose, en zone collaborative, est réalisée à vitesse réduite. Les trajectoires générées sont ensuite validées avec l'enseignant à l'aide d'affichages graphiques programmés par les étudiants ainsi que par la simulation CoppeliaSim. Ces étapes d'interprétation et de validation de leur trajectoire sont très importantes et donnent lieu à de nombreuses discussions avec les étudiants.

Une fois validés, les étudiants doivent exporter leurs trajectoires pour les deux robots (SCARA et Yaskawa) en format CSV. Dans le cas du robot SCARA, cette trajectoire est appliquée à travers d'un programme Python créé par les enseignants (que les étudiants auront l'opportunité de le faire par eux mêmes en BUT3) pour relancer les trajectoires obtenues. Dans le cas du robot Yaskawa, cela se fait en passant par les drivers ROS (ROS-industrial) pour commander les articulations via leur "joint_trajectory_controller". Les aspects et nœuds ROS sont conçus par les enseignants, cependant des explications sont données aux étudiants pour avoir un premier aperçu du middleware ROS, très utilisé dans le monde académique et de plus en plus dans le monde industriel.

Les pinces des robots (organes terminaux) sont pour le moment soit déclenchées manuellement par les étudiants (commande problématique des pinces Zimmer des robots YASKAWA via l'interface Python), soit pilotées par l'automate ou le PC en Modbus (les pinces Zimmer sont IO-Link).

Automatismes :

La figure 5 décrit les différents éléments relatifs à la partie Automatismes du projet avec un focus sur l'environnement IO-Link. Le 1^{er} objectif est d'arriver à créer le programme séquentiel permettant le transfert des navettes vers les postes d'indexage des trois robots. Le second objectif est de réaliser la configuration matérielle de l'automate et la programmation de l'environnement IO-Link. Pour un automate M340 avec coupleur NOC 0401.2 (ETHERNET/IP), il faudra apprendre à utiliser le gestionnaire de DTM.

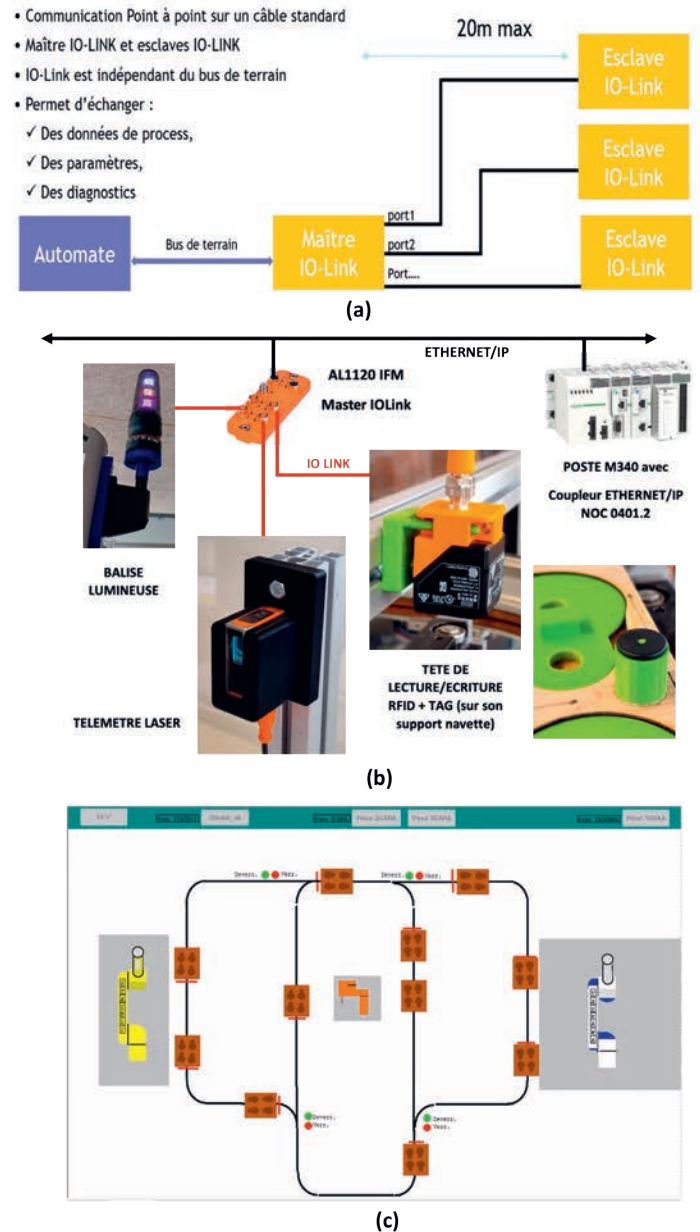


Figure 6. Description des éléments relatifs à la partie Automatismes du projet. Principe d'une communication IO-Link (a). Mise en œuvre en réseau Ethernet IO-Link de l'automate de supervision et des différents capteurs (b). Vue d'un programme de supervision réalisé par un étudiant (c).

IO-Link

Comme représenté sur la figure 6.a, la technologie IO-Link désigne une communication point à point entre des capteurs/actionneurs et un master IO-Link. C'est un standard international selon la norme IEC 61131-9. La plupart des capteurs IO-Link sont raccordés au maître IO-Link via des câbles avec connecteurs M12. Chaque port de ce maître est capable de traiter les signaux TOR et numériques des capteurs/actionneurs. Cette technologie permet l'échange des données de processus, des paramètres de configuration et des informations de diagnostic. La communication entre les capteurs/actionneurs et le système de contrôle-commande (automate) se fait par le master IO-Link via un réseau de terrain (Profinet, Ethernet/IP...). IO-Link reste indépendant du réseau choisi.

Les avantages d'un système IO-Link par rapport aux solutions traditionnelles (capteurs + boucle 4-20mA par exemple) sont l'utilisation d'un seul logiciel pour la configuration/surveillance, la numérisation des données, l'interopérabilité et la simplicité d'utilisation (par d'erreur de câblage, de tension, de technologie NPN/PNP...). Tout appareil IO-Link est caractérisé par un fichier de description IODD (IO Device Description). Il s'agit d'un fichier texte contenant des informations sur le fabricant, la référence du produit, l'organisation des données...

Pour cette SAE, les étudiants devaient réaliser la configuration matérielle du coupleur ETHERNET/IP, déclarer le DTM du master IO-Link (créé à partir du fichier « .eds » du master) puis comprendre l'organisation des données de chaque capteur à partir des fichiers constructeurs (IODD).

Comme montré dans la figure 6.b, les capteurs/actionneurs utilisés sont :

- le télémètre laser pour le comptage du nombre de dents des pignons,
- la balise lumineuse et sonore pour indiquer qu'une navette est présente sur un poste d'indexage, en cours de garnissage ou en erreur,
- la tête de lecture/écriture RFID pour le suivi des navettes et leur traçabilité.

Le 3^e objectif est de réaliser la communication entre l'automate et les robots. En effet, dès qu'une navette est présente sur un poste d'indexage, le robot doit recevoir un ordre de chargement de la part de l'automate. A la fin du cycle du robot, celui-ci doit envoyer un message de fin de chargement à l'automate.

La première façon de communiquer est d'utiliser le module d'E/S du contrôleur du robot qu'il faut câbler à l'automate. La seconde, qui fait suite au module d'intégration robotique en début de S5, est d'établir une communication Modbus TCP entre le robot (Stäubli) et l'automate.

Il faudra de même réaliser la communication Modbus TCP entre l'automate et le PC de commande du robot MATE, via une librairie Modbus pour Python (« pyModbusTCP » par exemple).

Enfin, le 4^e objectif est de réaliser la supervision du système permettant de suivre à distance le cycle de fonctionnement. Pour la SAE, celle-ci est réalisée simplement en utilisant les écrans d'exploitation, fonctionnalité du logiciel de programmation Control Expert des automates M340 et M580 (comme dans la figure 6.c).

Conclusion

Cette SAE mobilise plusieurs enseignements, principalement centrés sur la robotique et les automatismes. Elle est particulièrement bien perçue par les étudiants, car elle leur permet de mettre en pratique de nombreuses ressources tout en développant les compétences définies dans le programme national. La robotique, intégrant la modélisation en Python, offre un puissant levier pédagogique pour nos techniciens supérieurs en créant un lien immédiat entre théorie et pratique : les étudiants écrivent un modèle cinématique sur papier le programme algorithmiquement en quelques lignes de code, le simulent (le voient bouger), puis l'appliquent directement sur un robot (le sentent bouger), ancrant ainsi les notions abstraites dans une expérience tangible. La rapidité d'itération qu'autorise le langage Python encourage l'expérimentation et la démarche scientifique : modifier un paramètre, relancer la simulation et observer l'effet motive et développe l'esprit critique. Nos élèves voient leurs algorithmes prendre vie, ce qui valorise leurs efforts et améliore significativement l'assimilation des compétences techniques mais aussi théoriques.

Les activités proposées incluent la conception de programmes avec des outils propriétaires et conçus en Python, la supervision de systèmes, la modélisation de pièces en 3D, ainsi que la validation du comportement attendu à l'aide de simulations sur CoppeliaSim. Le travail en équipe favorise l'intégration d'une solution globale, combinant robotique, automatismes et supervision. La dimension maintenance est également abordée, notamment sur la partie convoyeur, avec des interventions telles que le remplacement de distributeurs pneumatiques, le diagnostic de pannes ou encore le câblage électrique. Cette SAE constitue également un outil d'aide à l'orientation : en fin de semestre, les étudiants doivent choisir une spécialisation dans leur parcours de formation, en Automatismes ou en Robotique. Un rapport est demandé en fin de projet, accompagné d'une vidéo illustrant un cycle complet de fonctionnement.

Lien vers la vidéo YouTube :

<https://youtu.be/aMRnw49CT44>



Enfin dans le futur nous réfléchissons à intégrer de l'intelligence artificielle (LLM et prompt-engineering) pour, par exemple, déterminer les poses de la pince des robots permettant de faire de la prise dépose d'objets divers et/ou du dévraquage.

BUT3 EME :

développement d'un banc d'essais d'une chaîne de traction 48 V



Xavier RAIN - PRAG

IUT de Cachan - xavier.rain@universite-paris-saclay.fr

Contexte pédagogique et technique

Cet article présente un système développé en BUT3 EME Apprentissage à l'IUT de Cachan, dans le cadre des SAÉ de semestre 5 et 6. Il sert aussi de support d'étude pour plusieurs ressources.

A la première année du BUT3 (2023-2024), la Licence Professionnelle de l'Université Paris-Saclay, mention « Energie et Propulsion », parcours « Nouvelles Mobilités Electriques » (LP EP-NME) existait depuis un an. Cette Licence, assurée sur le site de l'IUT de Cachan, recrute principalement des BTS Electro-technique, Motorisations Toutes Energies, et Maintenance des Véhicules. La formation est centrée autour de la chaîne d'énergie du véhicule, du réseau électrique alimentant une infrastructure de recharge, jusqu'à la roue.

Ayant jusqu'alors de petits effectifs, il a été décidé de fusionner les groupes de BUT3 EME et de LP EP-NME. La formation est alors commune, même si des différences existent au niveau des conditions d'obtention du diplôme et de la durée de formation.

En BUT3 EME, les apprentis poursuivent ainsi leur formation spécialisée initiée en BUT2, mais avec une forte coloration dans les mobilités électriques, secteur en plein essor.

La figure 1 donne les différentes ressources et SAÉ des semestres 5 et 6 du BUT3 EME à l'IUT de Cachan. Les ressources sont regroupées en 3 blocs : « compétences transversales », « composants de la chaîne d'énergie électrique », et « approche systémique des solutions de mobilité ». Les SAÉ correspondent au bloc « conduite et mise en œuvre d'un projet professionnel ».

		BUT3 EME 2023-2024	TD	TP	Coeff
Semestre 5	Ressources	Anglais		20	0,75
		Communication		14	0,5
		Economie et culture d'entreprise		6	0,25
		Outil mathématique		20	0,75
		Physique appliquée		20	0,75
		Production d'énergie et stockage		49	1,5
		Infrastructure de recharge		24	1
		Conversion de l'énergie		34	1
		Technologies des véhicules		35	1
		Normes, réglementation et habilitation		34	1
	SAÉ	Réseaux de communication		12	0,5
		Evaluation en entreprise 1			3
		Projet partie 1		50	3
				268	
Semestre 6	Ressources	Anglais		20	0,75
		Communication		14	0,5
		Economie et culture d'entreprise		6	0,25
		Outil mathématique		10	0,75
		Modélisation et simulation électromagnétique		16	0,75
		Actionneurs électriques		48	1,5
		Systèmes embarqués et gestion optimisée de l'énergie		10	0,5
		Essais de qualification de technologie de mobilité		20	1
	SAÉ	Evaluation en entreprise 2			3
		Projet partie 2		60	6

Figure 1 : Ressources et SAÉ en BUT3 EME – IUT de Cachan

Pour rappel, en semestres 5 et 6 du parcours EME, l'intitulé de la SAÉ est : « Concevoir, installer, vérifier et maintenir un système de conversion et de gestion de l'énergie électrique ».

Les compétences évaluées associées sont :

- Assurer le maintien en condition opérationnelle d'un système
- Installer tout ou partie d'un système de production, de conversion et de gestion d'énergie
- Concevoir la partie GEII d'un système
- Vérifier la partie GEII d'un système

La durée de la formation en BUT3 apprentissage est de 525 h sur 16 semaines.

Une plateforme « Véhicules Electriques » a été créée il y a quelques années, et qui est en évolution continue. Elle rassemble plusieurs petits véhicules électriques (trottinettes, vélo, quad, kartings, scooter, Renault Twizy) qui sont mis en œuvre dans le cadre des projets. Les thématiques de ces projets sont très diversifiées, allant de l'instrumentation à la conception d'un nouveau pack batterie, en passant par l'ajout de nouvelles fonctionnalités, telles que la recharge des batteries par des panneaux photovoltaïques, ou le développement d'une solution « dual motor » pour trottinette.

L'équipement de la plateforme a été complété par la conception et réalisation de plusieurs bancs d'essais de moteurs pour de la petite et moyenne mobilité électrique. L'un de ces bancs d'essais est présenté maintenant.

Présentation du système « Banc d'essais d'une chaîne de traction 48 V »

Ce système permet d'émuler le fonctionnement de la chaîne de traction d'un petit véhicule électrique urbain, de faible puissance (moins de 10 kW) et doté d'une batterie de petite capacité et de faible tension.

C'est le cas par exemple du Renault Twizy, de son successeur le Mobilize Duo et de la Citroën Ami.

Sa réalisation, et son évolution font l'objet de SAÉ en semestre 5 et 6, et il est exploité en BUT3 EME, en Licence Professionnelle EP-NME et dans des formations continues au travers de travaux pratiques.

La figure 2 montre une photo du banc d'essais d'une chaîne de traction 48 V.



Figure 2 : Banc d'essais d'une chaîne de traction 48 V

Il est constitué de deux motoréducteurs dont la puissance maximale correspond à celle des véhicules cités précédemment. Ils sont couplés mécaniquement par un arbre à cardans réalisé à l'IUT à partir des deux arbres à cardans du Renault Twizy.

Chaque moteur est alimenté par un variateur de vitesse. La source d'énergie est un pack batteries au plomb.

L'ensemble est monté sur un chariot à roulettes fabriqués à l'aide de profilés aluminium.

Les moteurs sont de technologies différentes, ce qui permet de les étudier individuellement lors du module sur les actionneurs électriques.

Le premier est un moteur synchrone à aimants permanents, qui correspond actuellement à environ 85 % des motorisations utilisées dans les voitures électriques à batterie (BEV) et les hybrides rechargeables, ou non (PHEV, HEV).

Le deuxième est un moteur asynchrone à cage, qui correspond actuellement à environ 12 % de toutes les motorisations électriques.

Ce moteur, associé à la technologie synchrone à rotor bobiné, devrait progresser en part de marché dans les années futures.

En effet, un défi majeur pour les moteurs à aimants est leur dépendance aux terres rares, ce qui peut entraîner des coûts élevés et des préoccupations environnementales et géopolitiques. Cela a ainsi poussé certains grands constructeurs (comme Renault, BMW, Audi, Tesla, Volkswagen) à explorer des technologies alternatives sans aimants.

La figure 3 donne les principales caractéristiques des moteurs et du réducteur associé à chaque moteur.

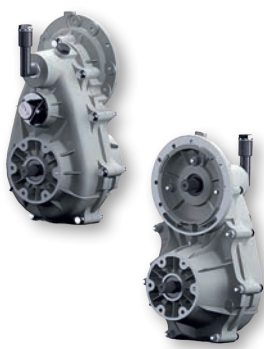
	Moteur synchrone à aimants ME1202
	Puissance S1 sous 72 V : 10 kW Puissance maximale sous 72 V : 26 kW Vitesse de rotation maximale : 5000 tr/min Tension batterie maximale : 72 V Masse : 16 kg
	Moteur asynchrone ABM
	Puissance S2-30 min sous 72 V : 15 kW Couple S2-5 min : 130 Nm Vitesse de rotation maximale : 8000 tr/min Tension batterie maximale : 72 V Masse : 43 kg
	Réducteur avec différentiel COMEX pour Renault Twizy 80
	Rapport de réduction : 9,23 Couple maximal en sortie : 1000 Nm Vitesse maximale en entrée : 7000 tr/min Masse : 11,3 kg

Figure 3 : Caractéristiques des moteurs et du réducteur associé à chaque moteur

Pour l'étude d'une chaîne de traction synchrone à aimants, le moteur synchrone à aimants du banc sera le moteur de traction du véhicule à émuler, et le moteur asynchrone constituera la charge active. Cette dernière permettra de reproduire le couple résistant et le moment d'inertie vu par le moteur de traction.

Le rôle joué par ces deux moteurs est inversé dans le cas de l'étude d'une chaîne de traction asynchrone.

Chaque moteur est alimenté par son variateur de vitesse (SEVCON GEN4 Size 4). La figure 4 donne ses principales caractéristiques ainsi que le schéma de câblage type.

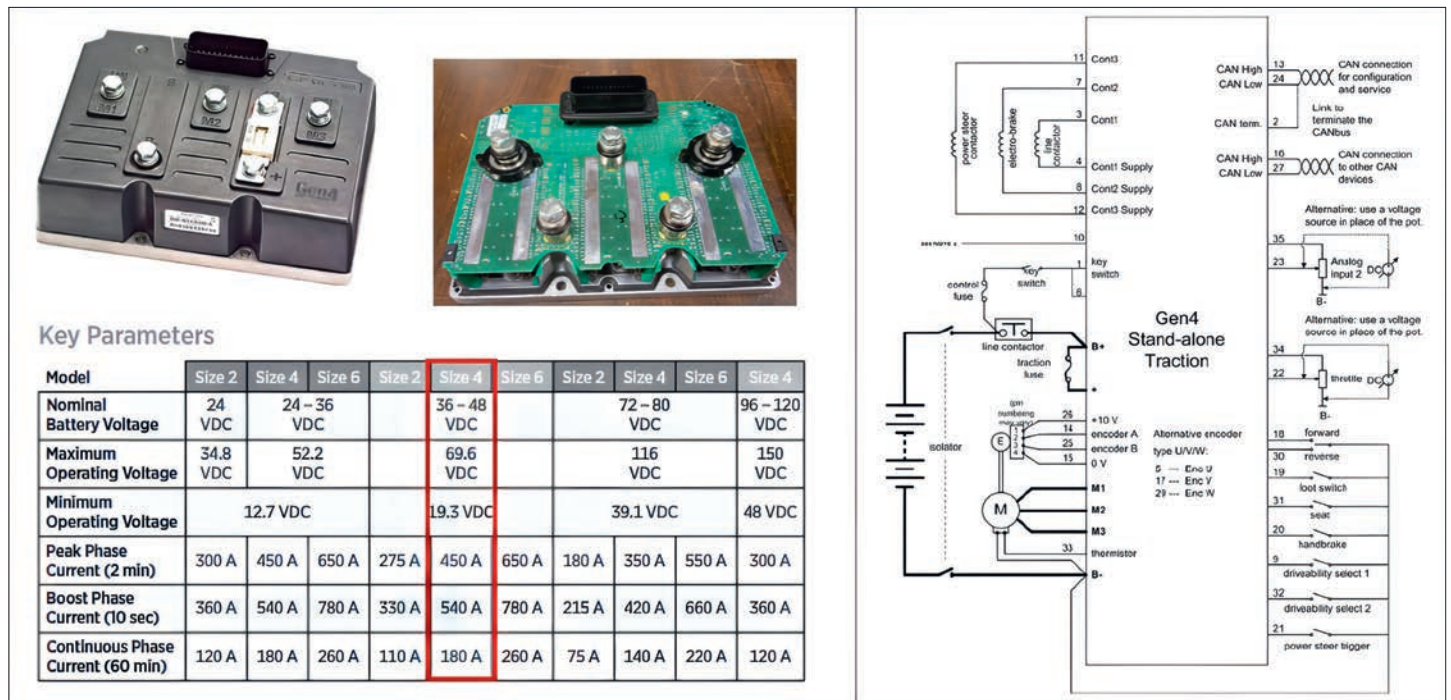


Figure 4 : Variateur SEVCON Gen4 – Caractéristiques et schéma de câblage type

Le domaine d'application de ces variateurs correspond à de petits véhicules électriques routiers, et à des bateaux électriques. La tension nominale de la batterie s'échelonne de 24 V à 120 V et le courant de phase efficace maximal (2 min) de 180 A à 650 A.

Ces variateurs peuvent être commandés selon deux modes de fonctionnement : commande en couple (torque mode) et commande en vitesse (speed mode).

Pour régler un point de fonctionnement du moteur de traction dans le plan vitesse-couple, il est nécessaire de configurer chaque variateur dans un mode différent.

Le variateur qui alimente le moteur du véhicule est alors configuré en commande en couple et le variateur alimentant la charge active est configuré en commande en vitesse. Les configurations opposées sont aussi possibles.

Pour des raisons de simplicité, de coût et de sécurité, la source d'énergie est un pack batteries au plomb, de tension nominale 48 V. Il n'y a alors pas besoin de BMS (Battery Monitoring System), élément essentiel pour une batterie Li-Ion.

Comme le montre le schéma fonctionnel (figure 5), les deux variateurs sont alimentés par le même pack batteries.

Il ne fournit donc que les pertes totales des constituants de puissance du banc (les 2 motoréducteurs, les 2 variateurs de vitesse, les câbles de puissance, l'arbre à cardans), ce qui permet de réduire sa sollicitation en puissance, et d'augmenter son autonomie.

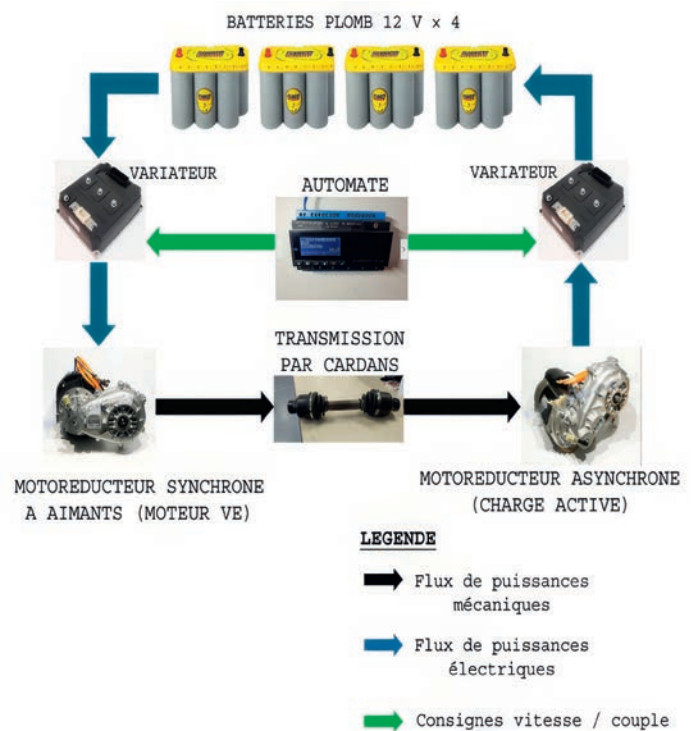


Figure 5 : Schéma synoptique du banc de traction 48 V

Pour la commande du banc, deux solutions étaient possibles : utiliser un microcontrôleur ou un automate. Elles permettent de mettre en applications les compétences acquises en BUT1 et BUT2 respectivement en informatique embarquée et en automatisation.

Il a été décidé d'utiliser un automate (ici de marque Crouzet), solution couramment utilisée sur les bancs d'essais de machines électriques.

L'automate permet de piloter le banc selon deux modes : un mode manuel et un mode automatique.

En mode manuel, un point de fonctionnement dans le plan vitesse/couple est réglé par l'utilisateur à l'aide de deux potentiomètres. Ce mode permet d'émuler le fonctionnement du véhicule à vitesse stabilisée.

En mode automatique, un cycle de fonctionnement normalisé est lancé. Le banc permettant de reproduire le fonctionnement de petits véhicules urbains, le cycle correspond à la partie urbaine du cycle WLTC classe 3 (Worldwide harmonized Light vehicles Test Cycles). Il représente l'évolution de la vitesse du véhicule au cours du temps.

Ce mode permet d'émuler le fonctionnement du véhicule sur un parcours assez représentatif d'une situation réelle.

La figure 6 montre le cycle WLTC complet, et sa partie urbaine, générée par l'automate.

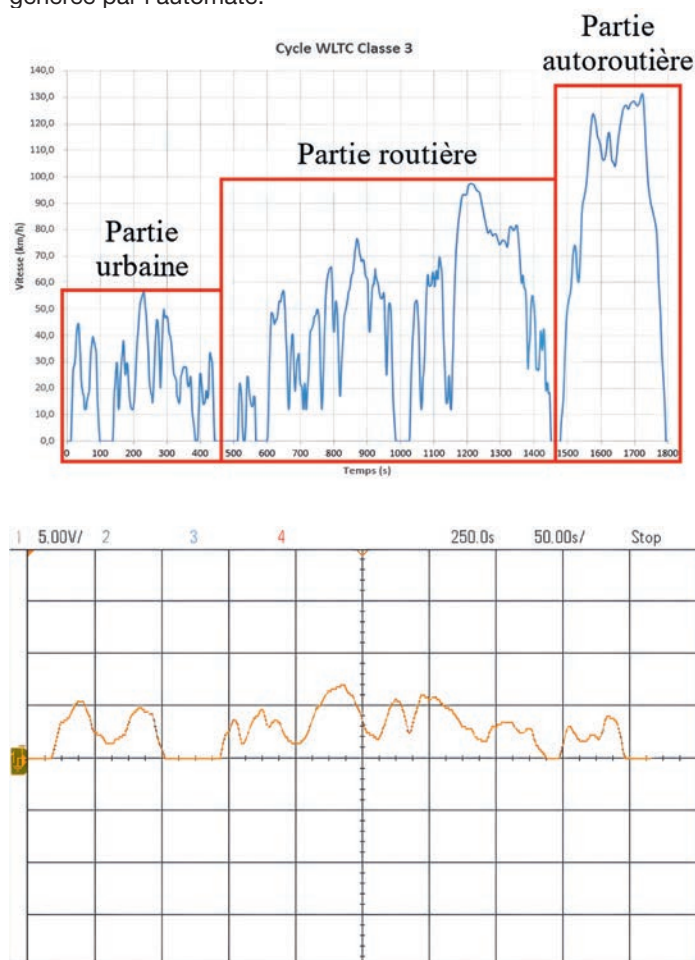


Figure 6 : Cycle WLTC classe 3 (haut) et tension de sortie de l'automate (partie urbaine du cycle WLTC bas)

Le cycle est obtenu au moyen d'un fichier Excel et d'une fonction d'intégration recrée, car non disponible sur le logiciel de programmation Crouzet Soft. A chaque seconde du cycle, le fichier donne l'accélération du véhicule qui constitue l'entrée

de l'intégrateur. En sortie, nous obtenons la vitesse du véhicule. Un calcul permet de traduire la vitesse du véhicule (en km/h) en une valeur numérique envoyée sur une sortie automate. L'automate Crouzet EM4 ne disposant de sortie analogique, une sortie PWM a donc été utilisée. Un filtrage passe-bas permet alors de récupérer la valeur moyenne de la tension (entre 0 et 10 V), qui est envoyée sur une entrée analogique d'un des deux variateurs de vitesse.

Parallèlement au profil de vitesse envoyé sur le variateur de la charge active, l'automate doit générer le profil de couple, envoyé sur le variateur du moteur de traction. Cette étape fait partie de l'une des actions à mener sur ce semestre 6 dans le cadre des SAÉ de BUT3 EME et des projets de LP EP-NME.

A l'aides des équations mécaniques (PFD, forces de résistances à l'avancement : roulement, aérodynamique, déclivité) et de tous les paramètres du véhicule (masse, coefficient de résistance au roulement, coefficient aérodynamique, diamètre des roues, rapport de réduction de la transmission mécanique ...), le couple moteur est pré-calculé à chaque seconde du cycle dans un fichier Excel. La lecture de ce fichier par l'automate génère alors la grandeur de consigne correspondante.

Objectifs pédagogiques du système

Les exploitations pédagogiques sont très nombreuses, et peuvent couvrir un large champ de compétences et de domaines du génie électrique et de l'informatique industrielle. Elles n'ont pas encore toutes été explorées et évaluées, car le banc, même s'il est fonctionnel, est toujours en cours de développement avec des évolutions régulières.

Voici une liste (non exhaustive) des activités envisagées :

- Formation à l'habilitation électrique véhicules (B2VL, BRL, BCL, BEL Essai)
- Etude des moteurs de traction (synchrone à aimants et asynchrone). Mesures des tensions et courants statoriques à l'oscilloscope et de la vitesse de rotation en régime permanent. Mise en évidence des modes de fonctionnement moteur et générateur
- Etude des lois de commande des moteurs (explication de la commande vectorielle avec « les mains »). Justification de la nécessité du défluxage pour les moteurs de traction pour VE
- Etude des capteurs de position/vitesse pour moteurs de VE : résoudre, sin/cos, codeur incrémental, UVW
- Etude du réducteur de vitesse associé à son différentiel : constitution, principe de fonctionnement, détermination du rapport de réduction
- Etude du variateur de vitesse : structure électronique de puissance de la conversion DC/AC, technologies des composants de puissance, dimensionnement, refroidissement, caractéristiques, schéma de raccordement (commande et puissance), paramétrages sur le logiciel DVTC
- Mesures et enregistrement de différents paramètres, tels que tension, puissance et énergie batterie, distance parcourue, régime de rotation et couple moteur, température moteur et variateur
- Bilan de puissance et énergétique de la chaîne de traction : évaluations des rendements du motoréducteur et du variateur, évaluation de la consommation énergétique (en Wh/km) selon différentes situations routières
- Etude de l'influence de certains paramètres tels que la masse du véhicule, coefficient aérodynamique et déclivité sur la consommation énergétique du véhicule et sur son autonomie.

Contraintes et évolutions techniques :

Ce système est de conception et réalisation ambitieuse à un niveau BAC + 3, car il met en jeu des niveaux de puissances, courants et vitesses importantes, que les apprentis découvrent en troisième année. La sensibilisation aux risques (mécaniques, électriques, thermiques, chimiques) liés à la mise en œuvre de ce banc est de plus essentielle.

Il est toujours en évolution, et les perspectives envisagées dès cette année sont les suivantes :

- Sécurisation par la mise en place d'un carter de protection sur l'arbre de transmission
- Supervision (locale et distante) : choix d'un véhicule (Twizy, Ami, Mobilize Duo), possibilité de changer la masse et le coefficient aérodynamique par rapport aux valeurs de référence, affichage et enregistrement des principales grandeurs mécaniques, électriques et énergétiques de la chaîne de traction
- Rajout d'un couplemètre (1000 Nm) pour la mesure du couple en sortie de réducteur (pour la mesure précise du rendement du moto-réducteur)

Un deuxième banc est aussi en cours de montage. Il bénéficiera des solutions apportées aux problèmes techniques rencontrés sur le premier banc, et de ses évolutions.

Anthony Juton, Xavier Rain, Valérie Sauvant-Moynot,
François Orsini, Christelle Saber, Seddik Bacha,
Olivier Béthoux, Éric Labouré



TECHNOLOGIES DES VOITURES ÉLECTRIQUES

Motorisations, batteries, hydrogène,
recharge et interactions réseau

Préfaces de Patrick Bastard, directeur
de la recherche, Groupe Renault
et Carla Gohin, vice-présidente
Recherche et Innovation, Stellantis



DUNOD

SAÉ pluri-semestrielle de la spécialité hyperfréquence

Du développement d'un capteur hyperfréquence de liquides en S3 à l'intégration
d'une instrumentation hyperfréquence dédiée à la mesure différentielle
de capteurs de liquides en S6 d'une chaîne de traction 48 V



OLIVIA PEYTRAL-RIEU ET DAVID DUBUC

IUT de Toulouse-Auch-Castres, Université de Toulouse
olivia.peytral-rieu@iut-tlse3.fr, david.dubuc@iut-tlse3.fr

I - Contexte professionnel (industriel et recherche)

Le domaine des hyperfréquences est omniprésent dans de nombreux secteurs industriels et de recherche. Les applications sont nombreuses, allant des objets communicants sans fil aux télécommunications terrestres et spatiales en passant par les techniques RADAR et d'analyse/de contrôle non destructif de matériaux solides, liquides – chimiques, voire biologiques –, gazeux. Des acteurs industriels majeurs de la région toulousaine comme (par ordre alphabétique et non exhaustivement) : Airbus, Collins, Continental, EXEM, ICOM, Orange, Sigfox, TDF, Thales Alenia Space, Vitesco œuvrent dans ces domaines technologiques aux côtés de laboratoires de recherche comme le LAAS-CNRS, le Laplace ou ISAE-SUPAERO et des agences gouvernementales comme le CNES.

Afin de s'inscrire dans ce paysage local, et de contribuer à sa dynamique, un des objectifs du parcours ESE du département GEII de l'IUT de Toulouse est de former des professionnels capables de développer, vérifier la conformité et maintenir en conditions opérationnelles des dispositifs électroniques hyperfréquences. Les étudiants doivent acquérir, outre des compétences professionnelles en analyse, réalisation et test de systèmes électroniques hyperfréquences, un niveau suffisant de connaissances universitaires pour ceux qui désirent poursuivre leurs études après le BUT, notamment dans les Masters des Universités, par exemple dans le Master EEA - Électronique des Systèmes Embarqués et Télécommunications de l'Université de Toulouse.

Ainsi, les enseignements (ressources et SAÉ) du domaine des hyperfréquences ont été structurés en deux curricula : un sur les systèmes embarqués de radiocommunication (incluant les notions d'antennes et propagation hertzienne (S4), modulations numériques sur porteuse (S4) et CEM (S5)) et un autre sur l'instrumentation hyperfréquence, que nous allons développer et sur lequel repose les SAÉ décrites dans cet article.

Le curriculum sur l'instrumentation hyperfréquence a pour objectif de : concevoir, caractériser et assembler des fonctions hyperfréquences qui constituent un système d'instrumentation hyperfréquence, avec un double objectif :

1. Développer des moyens et méthodes de test HF : des circuits aux systèmes,
2. Mesurer les caractéristiques HF de signaux, de circuits, de systèmes & vérifier leurs conformités.

Ces ressources sont structurées graduellement en termes de complexité du semestre 4 au semestre 6 (elles portent la même dénomination pour renforcer la cohérence ressentie par les étudiants). Elles sont de plus associées à des moyens et techniques de mesure différents et déclinés comme suit :

S4 – techniques de mesure des caractéristiques des circuits linéaires à l'analyseur de réseau vectoriel,

S5 – techniques de mesure des caractéristiques des circuits non linéaires, inclus les oscillateurs locaux, en utilisant des générateurs, analyseurs de spectre et mesureurs de puissance hyperfréquences,

S6 – techniques de mesure hyperfréquence avancées – mesures en bruit, mesures « système » et mesures de champs électromagnétiques rayonnés.

Ces ressources couvrent les différentes techniques et moyens de mesure des matériaux, composants, circuits et systèmes hyperfréquences ; avec une attention particulière vis-à-vis de la qualité de la mesure et des calibrages, des bancs de tests mis en œuvre ou développés.

S'appuyant sur ces ressources et toujours dans un esprit de développement des connaissances et compétences de manière graduelle, un séquençement de 4 SAÉ du S3 au S6 a été mis en œuvre lors du déploiement des seconde et troisième années du BUT. Ces SAÉ ont pour colonne vertébrale : le développement d'une chaîne instrumentale de mesure différentielle de capteurs hyperfréquences de liquides et reposent sur les activités de recherche des auteurs.

<https://doi.org/10.1109/JSEN.2022.3181542>,

<https://doi.org/10.1109/TMTT.2019.2955676>

II - Description du projet

Le domaine des hyperfréquences est omniprésent dans de nombreux secteurs industriels et de recherche. La figure 1 présente le schéma bloc de l'ensemble du système qui est développé et testé au fur et à mesure des semestres du S3 au S6. La mise en œuvre globale est en fine évaluée au semestre 6. Comme il est présenté sur cette figure, durant la SAÉ S3, le capteur hyperfréquence (opérant aux alentours de 800 MHz +/- 100 MHz en fonction du binôme) de liquide contenu dans une fiole est développé. Sont ensuite développés lors de la SAÉ du S4 un coupleur hybride en anneau, permettant de faire les mesures différentielles ainsi qu'un amplificateur permettant d'effectuer des mesures même lorsque la différence des coefficients de réflexion des deux capteurs+fioles+liquides est (très) faible. Une chaîne d'entrée est ensuite développée au S5

comprenant un amplificateur « moyenne » puissance, un filtre anti-harmoniques, et un coupleur directionnel permettant un suivi de l'image de la puissance de sortie. Enfin, lors de la SAÉ du S6, une transposition de fréquence est développée, permettant une

analyse des signaux à plus basse fréquence (10MHz). Une analyse en bruit est alors réalisée sur le système complet ainsi que la mesure de sa réponse avec différents échantillons de liquide.

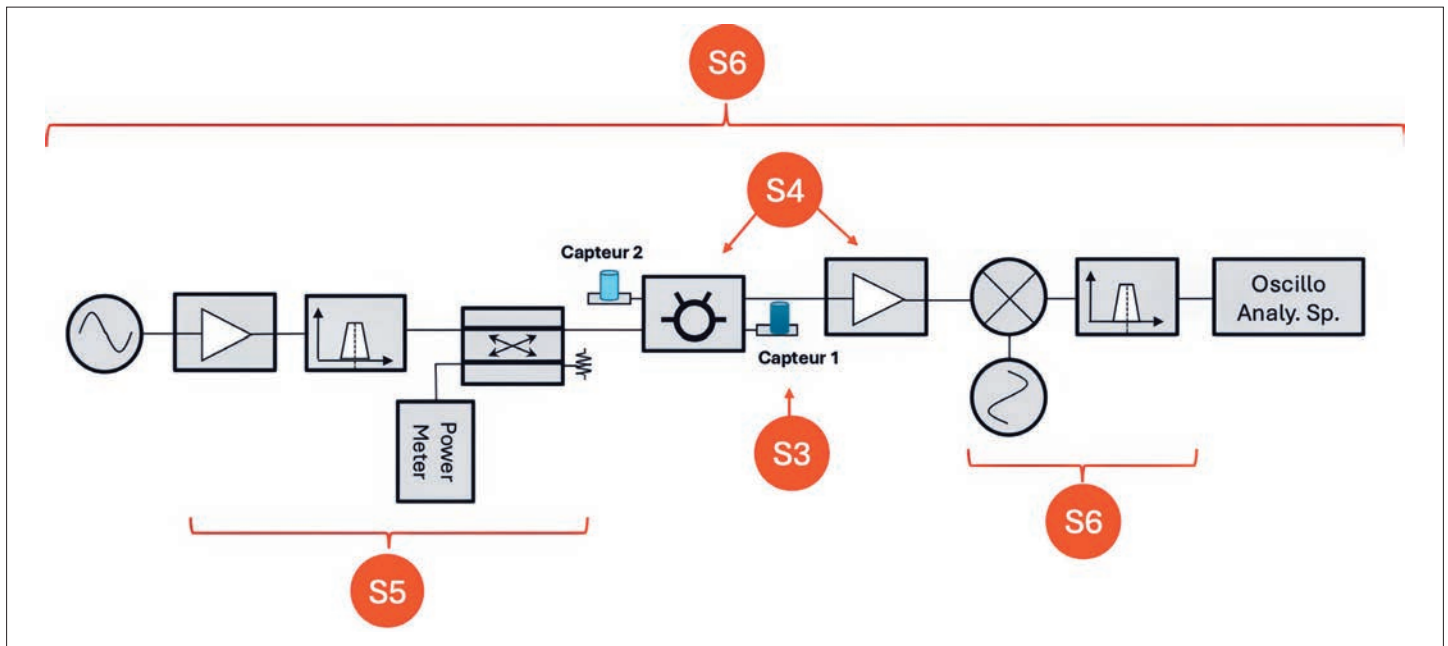


Figure 1 : Schéma blocs de l'instrumentation hyperfréquence développée tout au long des 4 SAÉ et cadencée semestre par semestre (S3, S4, S5 et S6)

A chaque étape, l'attention est portée sur le banc de tests mis en œuvre pour valider les développements, et également sur les différentes techniques de calibrage, permettant une qualité de mesure suffisante. Un logiciel de simulation est de plus utilisé pour développer certaines fonctions et permet de plus une analyse critique de certains résultats obtenus expérimentalement. L'approche globale suit donc un cycle en V qui est parcouru plusieurs fois au fur et à mesure des SAÉ avec une complexité crois-

sante : des étapes de réalisation (à partir d'un dossier de fabrication) et vérification tout d'abord, puis une étape conception simple (réalisation du PCB à partir d'un dossier de conception) suivi par, le semestre suivant, une conception un peu plus complexe (à partir d'un cahier des charges). Puis, au fur et à mesure, une intégration des différents blocs élémentaires pour constituer le système complet est menée. La figure 2 présente les différents parcours du cycle en V lors des SAE du S3 au S6.

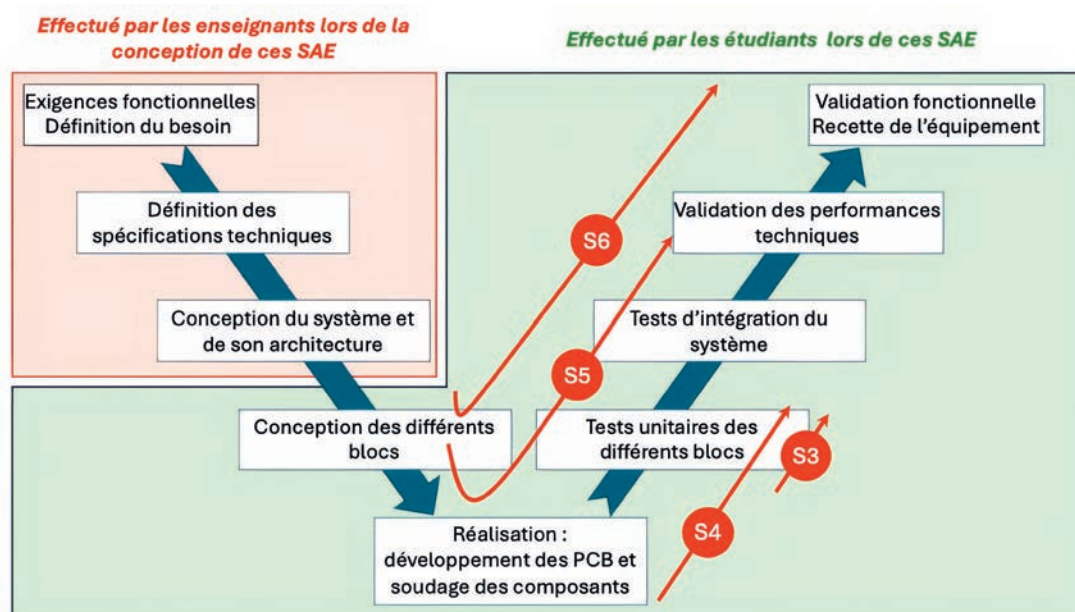


Figure 2 : Cycle V montrant la démarche à complexité croissante des 4 SAÉ au fur et à mesure des semestres

III - Organisation et objectifs pédagogiques des SAÉ

Les 4 SAÉ semestre par semestre sont présentées ci-dessous (paragraphe 1 à 4) en termes de période de mise en œuvre, de ressources exploitées, d'objectifs, d'attendus et de spécifications et de phases principales. Le 5ième paragraphe présente, quant à lui le système final assemblé et qui est testé à la fin de la SAÉ du S6.

1. Réalisation d'un capteur de liquide (SAE S3)

- **Période de mise en œuvre :**
semaine 50 - Semaine 51 puis semaine 2- semaine 3
- **Ressources exploitées :**
Propagation guidée (Abaque de Smith, analyseur de réseaux 1 port, technique de calibrage « réponse » - notion de plan de calibrage) - Semaine 46 à Semaine 49
- **Objectif :** Concevoir un capteur hyperfréquence capable de détecter la présence d'un liquide dans une fiole à l'aide d'une ligne microstrip.
- **Attendus et Spécifications :**
 - Appliquer une procédure d'essai de mesure de coefficient de réflexion en hyperfréquence (inclus le calibrage d'un ARV),
 - Prédire par la simulation la réponse d'un circuit en hyperfréquence et établir son adaptation,
 - Réaliser un prototype HF.
- **Phases principales :**
 - Identification des paramètres d'une ligne microstrip (impédance caractéristique, permittivité relative effective),
 - Simulation et réalisation d'une adaptation d'impédance,
 - Mesure de l'impédance/admittance d'une fiole remplie d'eau,
 - Analyse de la sensibilité du capteur à la présence de liquide.



Figure 3 : capteur hyperfréquence de liquide, constitué d'une ligne microstrip graduée, la position sur la ligne de la fiole contenant de l'eau est optimisée pour avoir une réponse maximale, une capacité ajustable permet d'obtenir l'adaptation d'impédance.

2. Développement des circuits linéaires hyperfréquences permettant une mesure différentielle de deux capteurs (coupleur en anneau et amplificateur) (SAE S4)

- **Période de mise en œuvre :** semaine 16 à semaine 18
- **Ressources exploitées :** Instrumentation hyperfréquence S4 – les circuits HF linéaires et l'analyse de réseau vectorielle – Semaine 12 à Semaine 14
- **Objectif :** Concevoir un coupleur 180° en anneau et développement d'un amplificateur hyperfréquence, tous deux optimisés pour une fréquence spécifique qui se situe aux alentours de 800 MHz (+/- 100MHz).
- **Attendus et Spécifications :**
 - Concevoir, réaliser et tester un prototype à partir d'un dossier de conception de coupleur 180° rectangulaire (routage, assemblage et test),
 - Réaliser et tester un prototype d'un amplificateur à partir d'un dossier de fabrication (assemblage-soudure des composants et test).
- **Phases principales :**
 - Analyse des dossiers de conception ou de fabrication,
 - Conception du coupleur à l'aide d'un logiciel dédié aux hyperfréquences (AWR),
 - Soudage des composants pour le coupleur et l'amplificateur,
 - Validation des performances à l'analyseur de réseau,
 - Mesure de la réponse du système en fonction des liquides contenus dans les fioles positionnées sur les deux capteurs.

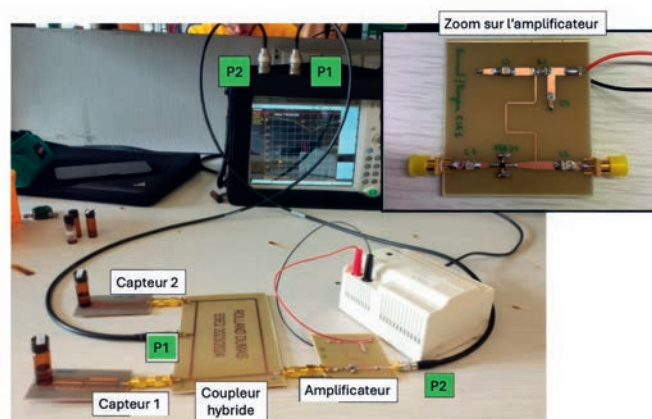


Figure 4 : coupleur hybride, connecté à deux capteurs pour une mesure différentielle. La sortie du coupleur hybride est amplifiée par l'amplificateur développé (un zoom de l'amplificateur est inséré en haut à droite de l'image). L'entrée du coupleur et la sortie de l'amplificateur sont connectées à un analyseur de réseau vectoriel pour une mesure de la sensibilité des réponses.

3. Développement d'une chaîne d'entrée hyperfréquence (SAE S5)

- Période de mise en œuvre : semaine 39 à semaine 43
- Ressources exploitées : instrumentation hyperfréquence S4 – les circuits HF linéaires et l'analyse de réseau vectorielle – Semaine 12 à Semaine 14 (année N-1). Instrumentation hyperfréquence S5– les circuits HF non-linéaires et l'analyse spectrale– Semaine 36 à Semaine 39
- Objectif :
 - Développer (concevoir, réaliser et tester) une chaîne d'entrée pour un système d'instrumentation hyperfréquence, incluant la conception et la mesure des performances globales.
- Attendus et Spécifications :
 - Développer les trois circuits suivants : amplificateur, filtre anti-harmoniques et coupleur directionnel,
 - Tester la chaîne d'entrée complète.
- Phases principales :
 - Concevoir et réaliser les trois circuits suivants : amplificateur, filtre anti-harmoniques et coupleur directionnel,
 - Test (et anticipation lors de la conception la testabilité) de chaque bloc un à un, puis deux par deux,
 - Test de l'ensemble de la chaîne d'entrée complète.

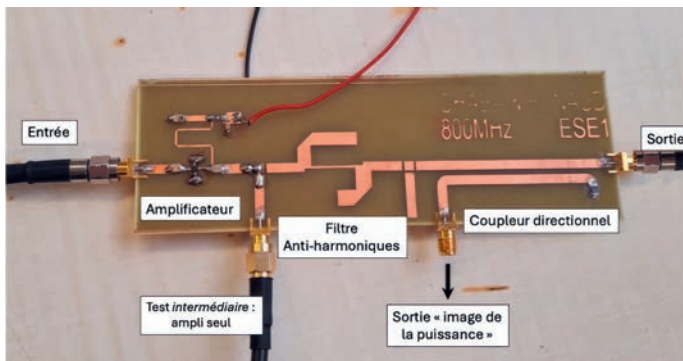


Figure 5 : chaîne d'entrée, constituée d'un amplificateur moyenne puissance, d'un filtre anti- harmoniques et d'un coupleur directionnel, permettant d'avoir une image de la puissance en sortie de cette chaîne. Sur la photographie, une piste dérivative est connectée à l'aide de pont de soudure et un câble y est connecté afin de tester l'amplificateur seul (Test intermédiaire : ampli seul).

4. Développement d'une transposition de fréquence et analyse du système complet (SAE S6)

- Période de mise en œuvre : semaine 7 et semaine 8
- Ressources exploitées : Instrumentation hyperfréquence S4 – les circuits HF linéaires et l'analyse de réseau vectorielle – Semaine 12 à Semaine 14 (année N-1). Instrumentation hyperfréquence S5 – les circuits HF non-linéaires et l'analyse spectrale– Semaine 36 à Semaine 39. Instrumentation hyperfréquence S6 – le bruit en HF, la qualité des mesures, les mesures des champs EM-HF– Semaine 3 à Semaine 6
- Objectif :
 - Développer une chaîne de transposition de fréquence infradyne
- Attendus et Spécifications :
 - Réaliser la chaîne de sortie de transposition en fréquence à partir d'une carte générique adaptée au mélangeur et qui permet d'ajuster le filtre microstrip,
 - Étudier le bruit et la dynamique du système
- Phases principales :
 - Choix des fréquences, assemblage et test du mélangeur seul,
 - Ajustement et test du filtre seul,
 - Test de la transposition de fréquence (mélangeur + filtre) inclus facteur de bruit et dynamique.

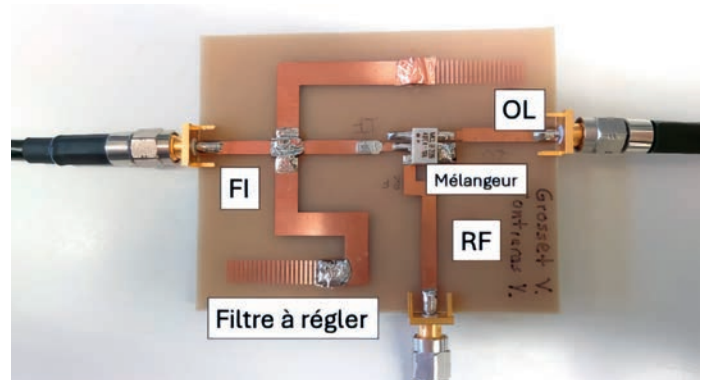


Figure 6 : transposition de fréquence réalisée à l'aide d'un mélangeur monté en surface et d'un filtre ajustable permettant la réfection des fréquences indésirables ($f_{OL}+f_{RF}$ et f_{OL}).

5. Tests fonctionnels finaux sur la chaîne complète (SAE S6)

- **Période de mise en œuvre :**
Semaine 7 et Semaine 8
- **Ressources exploitées :**
Les ressources Instrumentation hyperfréquence des S4, S5 et S6 et les SAE précédentes (S3, S4 et S5)
- **Objectif :** caractériser fonctionnellement la chaîne complète.
- **Attendus et Spécifications :**
 - Mener la caractérisation du système de détection de liquide développé : c'est-à-dire avec des fioles contenant des liquides différents qu'il faudra identifier,
 - Manipuler des liquides lors de la visite d'une zone « Chimie-biologie » du LAAS-CNRS.
- **Phases principales :**
 - Mesure des performances avec ou sans transposition de fréquence,
 - Détermination d'un plan d'expérience pour différentes études chimiques,
 - Synthèse des résultats expérimentaux incluant les notions de répétitivité et répétabilité.

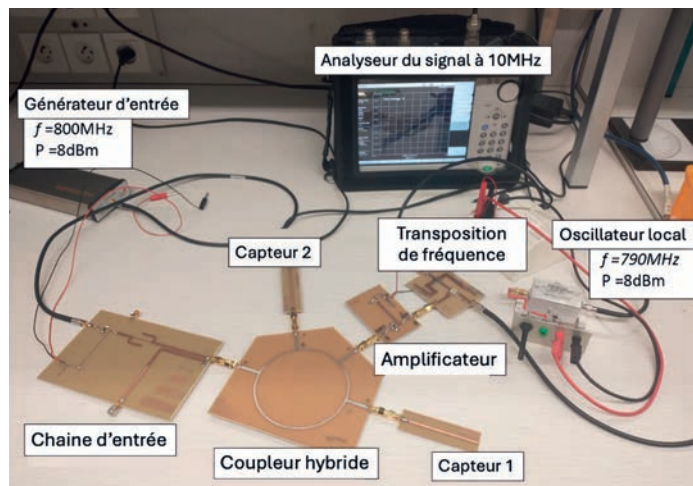


Figure 7 : système complet, intégrant la chaîne d'entrée, le couple hybride, les deux capteurs, l'amplificateur en sortie du coupleur hybride, ainsi que la transposition de fréquence. Ce système est alimenté à son entrée par un générateur et nécessite un oscillateur local pour la transposition de fréquence. Dans le cas de cette photographie, un analyseur de spectre, permet l'analyse en puissance du signal à 10 MHz.

2. Développement des circuits linéaires hyperfréquences permettant une mesure différentielle de deux capteurs (coupleur en anneau et amplificateur) (SAE S4)

- **Période de mise en œuvre :** semaine 16 à semaine 18
- **Ressources exploitées :** Instrumentation hyperfréquence S4 – les circuits HF linéaires et l'analyse de réseau vectorielle – Semaine 12 à Semaine 14
- **Objectif :** Concevoir un coupleur 180° en anneau et développement d'un amplificateur hyperfréquence, tous deux optimisés pour une fréquence spécifique qui se situe aux alentours de 800 MHz (+/- 100MHz).
- **Attendus et Spécifications :**
 - Concevoir, réaliser et tester un prototype à partir d'un dossier de conception de coupleur 180° rectangulaire (routage, assemblage et test),
 - Réaliser et tester un prototype d'un amplificateur à partir d'un dossier de fabrication (assemblage-soudure des composants et test).
- **Phases principales :**
 - Analyse des dossiers de conception ou de fabrication,
 - Conception du coupleur à l'aide d'un logiciel dédié aux hyperfréquences (AWR),
 - Soudage des composants pour le coupleur et l'amplificateur,
 - Validation des performances à l'analyseur de réseau,
 - Mesure de la réponse du système en fonction des liquides contenus dans les fioles positionnées sur les deux capteurs.

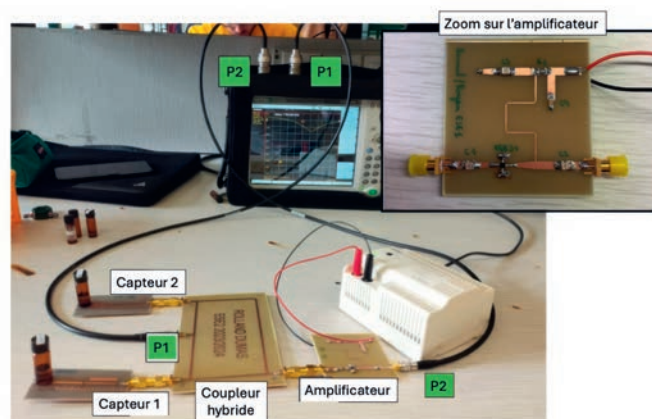


Figure 4 : coupleur hybride, connecté à deux capteurs pour une mesure différentielle. La sortie du coupleur hybride est amplifiée par l'amplificateur développé (un zoom de l'amplificateur est inséré en haut à droite de l'image). L'entrée du coupleur et la sortie de l'amplificateur sont connectées à un analyseur de réseau vectoriel pour une mesure de la sensibilité des réponses.

IV - Livrables et évaluation. Compétences et apprentissages critiques adressés lors de ces SAÉ

Le contenu des livrables est identique quelle que soit la SAÉ. Pour tous les livrables, il est ainsi demandé :

- Une synthèse des étapes de conception et de fabrication des circuits développés,
- Une synthèse des méthodes mises en œuvre pour caractériser les circuits développés (moyens de test mis en œuvre, réglages effectués, calibrage mené, ...),
- Une synthèse des résultats expérimentaux et de simulations, les résultats devant être présentés sous forme de tableaux incluant, quand cela est possible, les valeurs du cahier des charges,
- Les interprétations des résultats expérimentaux ainsi qu'une conclusion pour chaque circuit développé,
- Des annexes regroupant l'ensemble des preuves (photos, captures d'écran).

L'évaluation se fait suivant une grille critériée. Chaque SAÉ ayant sa propre grille, il n'est pas possible de toutes les présenter dans cet article, mais de manière générique, on retrouve les critères suivants :

- Description de la procédure de la conception de ...,
- Description des résultats obtenus en simulation de ...,
- Description de la procédure d'assemblage/ de fabrication de ...,
- Description de la procédure de test de ...,
- Description des tests de validation expérimentale de ...,
- Description du plan d'expérience de... (pour les études de différents liquides),
- Conclusion sur le fonctionnement de ...,
- Orthographe, propreté, clarté du compte rendu : il faut qu'il soit compréhensible + respect des limitations de pages par livrable.

Ces critères sont évalués sur trois niveaux de réalisation :

- Le critère n'a pas (encore au moment de l'évaluation) été abordé,
- Le critère a été réalisé, mais non totalement et/ou il manque des informations importantes,
- Le critère est réalisé complètement avec toutes les informations nécessaires.

Ces évaluations se font à partir de rendus de rapports sous format numérique (sur Moodle). Par SAÉ il peut y avoir un ou deux rapports à rendre pour chaque binôme d'étudiants. Au cours de certaines SAÉ, il y a également une évaluation intermédiaire pendant une séance dédiée lors de laquelle chaque étudiant présente l'aboutissement du binôme aux enseignants. Cette évaluation, qui suit la grille critériée et les niveaux de réalisation précédemment présentés, permet de faire un point intermédiaire d'avancement de chaque binôme, tout en assurant, certes partiellement, une évaluation différenciée de chaque étudiant.

L'ensemble de ces SAÉ permet de couvrir la totalité des compétences du PN ainsi qu'un large panel d'apprentissages critiques. En effet, les activités de conception à partir d'un cahier des charges, d'optimisation de circuits en simulation, de prédictions de performances soit par le calcul - soit par les simulations et de conception d'une carte à partir d'un dossier de conception, permet de couvrir les apprentissages critiques suivants de la compétence Concevoir :

- AC21.01 | Proposer des solutions techniques liées à l'analyse fonctionnelle
- AC21.02 | Dériskuer les solutions techniques retenues
- AC31.01 | Contribuer à la rédaction d'un cahier des charges
- AC31.02 | Prouver la pertinence de ses choix technologiques
- AC31.03 | Rédiger un dossier de conception

Concernant la compétence Vérifier, étant donné les activités d'évaluation des performances et de comparaison par rapport soit à un cahier des charges, soit à des simulations ainsi que, comme c'est le cas pour tous les binômes - à un moment ou à un autre, les activités de résolution de dysfonctionnements, les apprentissages critiques suivant sont adressés :

- AC22.01 | Identifier les tests et mesures à mettre en place pour valider le fonctionnement d'un système
- AC22.02 | Certifier le fonctionnement d'un nouvel équipement industriel
- AC32.03 | Produire une procédure d'essais pour valider la conformité d'un système
- AC32.01 | Évaluer la cause racine d'un dysfonctionnement
- AC32.02 | Proposer une solution corrective à un dysfonctionnement

Lors des phases d'intégration de différents blocs et des tests fonctionnels, les étudiants font face à des dysfonctionnements et les résolvent. De par la résolution de ces situations, ils acquièrent ainsi les apprentissages critiques de la compétence Maintenir suivants :

- AC33.03 | Produire une procédure de maintenance
- AC33.04 | Proposer un appui technique aux différents acteurs à l'échelle nationale et internationale

Enfin, lors de la dernière phase d'intégration de chaque bloc constitutif du système complet (ou de la chaîne d'entrée), les étudiants sont amenés à mettre en œuvre une stratégie d'intégration partielle - groupe de blocs par groupe de blocs -, une méthodologie de caractérisation et de comparaison par rapport à l'attendu - qu'ils obtiennent soit par simulation soit par calcul - ainsi, qu'en fin une procédure de tests fonctionnels (avec différents liquides) qu'ils soumettent aux enseignants pour validation. Ces activités mobilisent ainsi les apprentissages critiques de la compétence Implanter suivants :

- AC24.01ESE | Appliquer une procédure de fabrication pour implanter les composants matériels dans un système
- AC24.02ESE | Évaluer la conformité du système
- AC34.01ESE | Produire une procédure d'installation et de mise en service d'un système
- AC34.02ESE | Exécuter la mise en service d'un système en respectant la procédure
- AC34.03ESE | Produire le dossier de conformité du système en gérant le versionnage

V - Activités complémentaires transverses durant les SAÉ

Tout au long des 4 SAÉ, deux activités complémentaires transverses sont suivies par les étudiants, là encore avec une montée en niveau d'expertise du S3 jusqu'au S6. :

- Suivi de séminaires à dominante « Recherche » de chercheurs/ enseignants-chercheurs du domaine lié au contexte de ces SAÉ,
- Analyse puis rédaction d'articles et présentation de vulgarisation en lien avec le contexte des SAÉ.

Le contexte de ces SAÉ prends son origine dans les activités recherche de deux enseignants-chercheurs, auteurs de cet article, au sein du LAAS-CNRS exploitant l'interaction des ondes électromagnétiques hyperfréquences avec le vivant. Ainsi, une série de séminaires « recherche » ont été conçus à destination des étudiants impliquant une chercheuse CNRS et les deux enseignants-chercheurs, toujours dans le souci d'une complexité croissante semestre par semestre. Ci-dessous, les intitulés de ces séminaires :

- Semestre 3 : Les interactions des ondes électromagnétiques hyperfréquences avec le vivant : analyse et détection biologique / effet des ondes,
- Semestre 4 : Les capteurs hyperfréquences de liquide – État de la recherche actuelle – Capteur à sensibilité ultime par approche différentielle,
- Semestre 5 : Les capteurs hyperfréquences de liquide – Applications industrielles,
- Semestre 6 : Micro-capteurs hyperfréquences permettant l'analyse diélectrique de micro-tissu cellulaire.

De plus, une série d'activités transversales, mobilisant à la fois l'anglais et la communication, a été intégré à chaque SAÉ. En effet, pour chaque semestre, un article scientifique, rédigé en anglais, est mis à disposition des étudiants. Ils doivent prendre connaissance de cet article et répondre à un certain nombre de questions. Bien entendu, cette activité rentre dans l'évaluation globale de chaque SAÉ et ces activités sont menées par les étudiants lors des séances d'autonomie. En troisième année, les étudiants sont également sollicités pour préparer et effectuer une présentation de vulgarisation de ce qu'ils ont jusqu'alors réalisé en SAÉ. En fin de troisième année, il leur est également demandé la rédaction d'un article – en français, mais possiblement en anglais – sous la forme d'une publication scientifique de congrès de 4 pages constituée de 6 paragraphes : résumé, introduction, méthodologie, résultats, discussion et conclusion.

VI-Conclusion

La mise en œuvre de ces SAÉ n'a pas été un long fleuve tranquille. Après 3 ans pour le BUT2 et près de 2 ans pour le BUT3 de retours d'expérience, nous commençons à rentrer en régime établi en ayant sensiblement optimisé chaque séquence de ces projets, revoyant les attendus, parfois les passants d'un semestre à un autre.

À titre d'exemple, concernant l'amplificateur, nous avons initialement la conception d'un seul amplificateur fait lors d'une SAÉ (S4) en partant d'un cahier des charges. Nous l'avons scindé et réparti sur deux SAÉ, aux semestres S4 et S5 :

- Au semestre 4 : un dossier de fabrication et un circuit imprimé déjà réalisé sont donnés aux étudiants, ils prennent connaissance des différentes parties du circuit, soudent les composants et testent l'amplificateur (régime linéaire uniquement).

- Au semestre 5 : fort de cette première expérience, un cahier des charges est fourni aux étudiants et il leur est demandé de mener la conception d'un amplificateur, qui est ensuite réalisé au sein du département par notre équipe technique, puis les composants sont soudés par les étudiants qui effectuent enfin la caractérisation (en régimes linéaire et non linéaire) de l'amplificateur.

Second exemple : la prise en main du logiciel de simulation hyperfréquence a été décomposé, selon les besoins des SAÉ, en trois parties à complexité croissante, chacune devant être suivie par les étudiants en début des SAÉ des semestres 4, 5 et 6.

Une attention particulière indispensable est également à porter par les enseignants pour que chaque binôme puisse aboutir son projet. Ainsi, s'agissant de la conception matérielle de circuits imprimés (qui peuvent présenter, s'ils sont mal conçus, un caractère irréversiblement non fonctionnel), un cadrage « enseignants » cohérent est capital pour que chaque développement puisse aboutir, tout en laissant s'exprimer des libertés de développement à chaque binôme.

Nous souhaitons dans les années à venir, développer les séquences de présentation de leur projet par les étudiants. Cela nous semble en effet un bon moyen pour pousser ces derniers dans leurs retranchements et les amener à prendre du recul sur ce qu'ils ont abouti. Il en va de même pour la rédaction de l'article, nous souhaitons que les meilleurs articles soient publiés sur le site LinkedIn du département. Nous souhaitons également que, dès lors qu'un très bon article est rédigé en anglais, il soit soumis aux sessions dédiées à l'enseignement des congrès du domaine des hyperfréquences.

Le retour des étudiants est globalement positif : ils apprécient le fait que les SAÉ - dès le S3 - suivent un même fil rouge et développent et appréhendent de mieux en mieux, en fonction de leurs avancées et des illustrations données au travers des séminaires. L'évolution progressive et graduelle des SAE leur permet de plus de réaliser un projet complet du début à la fin. Pour preuve la dynamique d'un groupe d'étudiants qui a présenté avec brio cette année, l'ensemble de ce projet lors de la journée portes ouvertes du département (un samedi).

Hommage à Jacques Pillon, GEII Nantes



| José HANEN & Rémy GOURDON

Associer les termes « GEII », « Enseignement À Distance » et « voile » évoquera certainement, pour les plus anciens lecteurs, notre collègue Jacques Pillon en poste à l'IUT de Nantes qui vient de décéder à l'âge de 80 ans, le 18 Mars dernier.

Né près de Saint-Brieuc, Jacques Pillon, après des études à l'INSA de Lyon, s'est fixé à quelques kilomètres de Nantes et du département GEII qu'il a dirigé de 1978 à 1984, et où il a enseigné la physique et l'électrotechnique.

Pendant son second mandat, il a été Président de l'ACD, succédant à Yves Poirier, Chef de Département de Grenoble, avant de passer la main à Pierre Fondanèche (Ville d'Avray). Acteur au service de l'institution IUT en plein développement à l'époque, Jacques ne prend pas le temps de laisser de traces écrites de son passage comme PACD dans le GESI, sauf dans le Numéro 10) de Décembre 1984. Alors que les implantations se multiplient, la coordination entre les départements et entre les spécialités est essentielle. L'ACD GEII est déjà très active, mais également la COCODES (Commission de Coordination des Départements Secondaires) où l'on se mobilise pour défendre le modèle (en particulier la maquette horaire...) des spécialités industrielles. Jacques en sera une cheville ouvrière, de même qu'il participera plus tard à la COCODEF, qui fédérera les services de Formation Continue en expansion dans les IUT à partir de la fin des années 80.

Homme de projets, passionné de voile, d'une grande jovialité et très à l'aise dans les rapports humains, Jacques Pillon a ensuite été dans les années 90 l'un des initiateurs de la préparation au DUT GEII par la voie appelée alors de l'Enseignement À Distance (EAD). Il savait que, pour être crédible au niveau du Ministère de l'Enseignement Supérieur, ce projet très innovant devait inclure plusieurs IUT aussi a-t-il été, à cette époque, à l'origine des premières rencontres organisées dans les différents départements volontaires (Cachan, Lille, Marseille et Nantes, puis Nancy et Brest). Pour lui ces réunions, qui ont régulièrement eu lieu par la suite, étaient aussi l'occasion de partager sa passion avec d'autres collègues, marins ou non, dont certains ont gardé des souvenirs impérissables de traversées sur son voilier Tamanu.

Par son engagement dans l'institution, il a contribué à consolider les bases jetées par les "pères fondateurs". Il a fait partie de cette seconde génération qui a confirmé, au moment où les étudiants affluaient dans les départements, que le projet IUT était une réalité qui comptait, aussi bien dans l'enseignement supérieur, que dans l'environnement industriel régional. Il était d'une génération dont les plus âgés d'entre nous gardent un vif souvenir ; parmi ces hommes, citons Pierre Daumazon et Georges Michalesco (Cachan), Paul Delecroix (Lille), Francis Biquard et Michel Gauch (Marseille). Le GESI en a fait mémoire il n'y a pas si longtemps.



Jacques Pillon lors de son départ à la retraite en 2004 entouré de tout son équipage FC à l'IUT de Nantes

Par la suite, Jacques, désormais à la tête du service de la Formation Continue de l'IUT de Nantes, a efficacement présidé aux évolutions de l'EAD et à la mise en place de nouvelles formations. C'est là qu'est née une rumeur de préparation d'un tour du monde à la voile après son départ en retraite. Chacun sut que le rêve devenait réalité lorsque, le 10 juillet 2004, Tamanu est parti en suivant la route des Alizés vers Madère, les Canaries, le Cap Vert, les Antilles, Panama, les Galapagos, les Marquises, la Polynésie, l'Australie et les Maldives. Six années pour un tour du monde auquel certains collègues, devenus des amis, ont participé le temps d'une étape. Six années qui ont aussi été suivies par des classes de l'école primaire de sa commune

portuaire et qui seront peut-être à l'origine d'une vocation identique.

Ces dernières années Jacques Pillon n'a jamais cessé de naviguer et même à terre, depuis sa dernière maison, il pouvait voir Tamanu amarré à son ponton !

Bon vent et bonne mer ! l'ami.

De la part de ses collègues du Département GEII de Nantes

1978 > 1984 JACQUES PILLON

Président de l'assemblée des chefs de département GEII puis de la COCODEF

Responsable du service formation continue de l'IUT,

... et navigateur pas solitaire. Quelques uns l'ont accompagné sur diverses mers. Bientôt, il prendra le départ pour un tour du monde sur son Tamanu.

Texte extrait du GeSi n°63 de janvier 2005

Les microprocesseurs sont un domaine en plein essor : en 1979, l'IUT de Marseille, organise même une école d'été sur ce thème. A Nantes, des kits d'évaluation (SDK 85, carte Intel 8085) sont achetés en 1980. Des Pascalines de chez Technology Ressources servent au développement de programmes, mais très rapidement, des stations AIM les remplacent (1982).

Dès 1981, Daniel Sarlat vient aider Jacques, il devient le «premier ministre du département». Depuis les années 1970, le département fait de la Formation Continue : DUT en PST, UV CNAM. Mais dans ces années 80, il y a, d'une part une demande importante des entreprises du grand ouest pour de la formation dans le domaine des microprocesseurs, et d'autre part, une demande de formation DUT pour des jeunes hors cursus scolaires traditionnels et pour des femmes (introduction des femmes dans les métiers industriels !?).

Que devient le service technique ? Il est en mouvement perpétuel : en peu de temps, mes collègues proches quittent le département : un pour démarrer le service Audiovisuel de l'IUT : Labo de langues, réalisation de photographies et de films..., un autre au service de transferts technologiques, le dernier est parti en retraite. Qui reste-t-il ? Moi et des techniciens contractuels suivant des cursus de formation continue (DUT en PST, Ingénieur CNAM,...) et qui ne font que passer. Ce procédé est vivifiant et enrichissant. Ces techniciens mettent directement en pratique ce qu'ils étudient le soir. «L'auto équipement prend de l'essor : alimentation, cartes 8085 pour les TP microprocesseurs, émulateurs,... Je rappelle que dans ces années-là et ce jusqu'aux environs de 1987, la création d'une carte se faisait manuellement : implantation au crayon, routage pastillé.

Mon rôle dans cette équipe ? étant le point d'ancrage, je les laisse concevoir ces matériels et je m'occupe de la logistique de ces travaux... 1984 fut l'arrivée de notre premier ordinateur, un MACINTOSH. Tout fut édité sur ce Mac, le catalogue magasin, l'inventaire du matériel,... cela semble peu de chose maintenant.



L'auteur : à l'occasion de la première Commission "Personnel Technique" au Colloque de Tours en 2004, **Jackie Sallé** (Nantes) avait retracé son propre parcours au sein du Département GEII, un parcours jalonné par plusieurs Chefs de Départements dont Jacques Pillon

VIE DE L'ACD GEII

Mise en œuvre du B.U.T. GEII : diagnostics et perspectives



Thierry CONTARET,
Président de l'ACD GEII

1. Contexte

Depuis la rentrée 2023 et le début de la première année du B.U.T.3, l'ACD GEII travaille sur le retour d'expérience de la mise en œuvre de la réforme du Bachelor Universitaire de Technologie GEII. Le bureau de l'ACD organise ainsi depuis 2 ans pendant les ACD et les colloques des ateliers d'échanges et de réflexion sur l'approche par compétences, sur l'organisation pédagogique des trois années, sur le partage de pratiques pédagogiques ainsi que sur les perspectives d'évolution de notre PN. Ces ateliers sont toujours un lieu privilégié entre les collègues pour partager ses expériences, ses difficultés, ses frustrations face à une réforme qui a bouleversé notre organisation et notre façon d'enseigner.

Durant l'année 2023-2024, les ateliers ont concerné :

- ACD de Vélizy – 26 septembre 2023 : Echanges de pratiques sur la gestion pédagogiques du B.U.T.3
- ACD de Lyon – 30 novembre / 1er décembre 2023 :
 - Accompagnement de l'étudiant en entreprise dans le cadre de l'APC ;
 - Accompagnement de l'étudiant dans l'évaluation de ses compétences ;
- ACD de Rennes : Premier bilan de la mise en œuvre du PN GEII. Les échanges ont concerné les quatre thèmes :
 - Intégration des enjeux liés Transition écologique pour un développement soutenable (TEDS) ;
 - Référentiel des compétences ;
 - Référentiels de formation
 - Adaptation locale
- Colloque de Marseille / Salon de Provence : échanges par parcours sur la mise en œuvre du référentiel de compétences (compréhension, parcours, SAÉ, alternance, stage, portfolio) et du référentiel de formation (compréhension, parcours, réussite).

Ces ateliers ont permis de réaliser un premier tour d'horizon sur l'application des trois ans du PN. Ils ont notamment mis en évidence les disparités de mise en œuvre dans les départements ainsi que les différences de compréhension et d'appropriation de l'approche par compétence. Néanmoins, ce travail d'échange a été très utile pour appréhender les questionnements de l'Assemblée des Directeurs d'IUT (ADIUT), de la commission pédagogique nationale (CPN) GEII-RT et de la commission consultative nationale des IUT (CCN-IUT) lors de cette année 2024-2025 dans le cadre de la révision du PN pour la période 2027-2032. Ces questionnements ont été pilotés par le groupe de travail du suivi de la réforme (GT CCN/CPN) et ont abordé les six points suivants :

- La mise en place des programmes pédagogiques nationaux et l'appropriation par les établissements des adaptations locales ;

- La prise en compte des problématiques de Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE) ou de Transition Ecologique pour un Développement Soutenable (TEDS) dans les programmes nationaux ;
- L'accueil de 50 % de bacheliers technologiques ;
- La réussite des étudiants ;
- La construction des passerelles entrantes et sortantes ;
- La prise en compte de l'objectif d'insertion professionnelle à hauteur de 50 % ;

2. ACD GEII d'Angers

L'ACD GEII élargie à Angers les 28 et 29 novembre 2024 a ainsi été consacré à l'analyse plus fine de la mise en œuvre du référentiel de compétence au moyen de l'outil de diagnostic élaboré par l'ADIUT via le réseau des référents APC. Cet outil de diagnostic du référentiel de compétence qui comporte un questionnaire par parcours de spécialité a été réfléchi pour être commun aux 24 spécialités de B.U.T. afin d'avoir une remontée du terrain cohérente par chaque ACD. Après un travail préliminaire du Bureau de l'ACD GEII, les trois questionnaires ont été réorganisés et fusionnés en un seul puis envoyés aux départements pour préparer le travail en atelier lors de l'ACD. Pour faciliter les échanges pendant les ateliers et la synthèse post-ateliers, le bureau de l'ACD a ensuite retravaillé les trois questionnaires et conçu des fiches relatives aux trois compétences communes et aux trois compétences spécifiques du B.U.T. GEII. La synthèse de ces ateliers ont abouti aux conclusions ou interrogations suivantes sur les composantes essentielles (CE), les situations professionnelles (SP), les niveaux, les apprentissages critiques (AC), les parcours et les métiers :

- Concevoir la partie GEII d'un système :
 - CE : mobilisation globalement progressive en fonction du niveau de compétence. Pas de reformulation majeure ;
 - SP : elles correspondent aux niveaux de la compétence. Quelques reformulations à prévoir ;
 - Niveaux et AC : correspondent globalement aux niveaux, nécessité de préciser les outils d'analyse fonctionnelle et quelques reformulations à proposer, notamment expliciter le terme « dérisquer ».
- Vérifier la partie GEII d'un système :
 - CE : elles sont à reformuler sauf la CE2.01 ;
 - SP : elles correspondent aux niveaux de la compétence. Très peu de reformulations à prévoir ;
 - Niveaux et AC : Les niveaux de la compétence sont progressifs. La question de fusionner AC12.02 et AC12.03 est posée (niveau 1). Revoir le terme « certifier » dans AC22.02.

- **Assurer le maintien en condition opérationnelle d'un système :**
 - Manque de la culture « maintenance » dans les équipes ;
 - CE : davantage mobilisées en BUT2 qu'en BUT3 ;
 - SP : Les trois situations professionnelles sont jugées pertinentes et il ne manque pas de situation professionnelle ;
 - Niveaux et AC : le premier niveau est réaliste par contre le second est loin d'être atteint par tous les étudiants (quelques alternants). Interrogation sur la redondance de AC23.03 et AC23.04 avec certains AC de la compétence VERIFIER. Faut-il glisser AC23.04 en BUT3 ? A part l'AC33.01, les AC de BUT3 sont trop ambitieux. Faut-il fusionner AC33.01 et AC33.03 ?
- **Intégrer un système de commande et de contrôle dans un procédé industriel (parcours AII) :**
 - CE : elles sont bien mobilisées en BUT3 mais c'est plutôt mitigé en BUT2. CE4.02 à reformuler en intégrant les problématiques de TEDS. Questionnement sur la suppression de CE4.03 ;
 - SP : elles correspondent aux niveaux de la compétence. Très peu de reformulations à prévoir ;
 - Niveaux et AC : le niveau 1 est plutôt réaliste et les AC correspondent bien au niveau. Le niveau 2 est jugé trop ambitieux. Reformuler tous les AC voire fusionner AC34.02AII et AC34.03AII.
- **Installer tout ou partie d'un système de production, de conversion et de gestion d'énergie (parcours ÉME) :**
 - CE : mobilisation plutôt mitigée en BUT2 et ok en BUT3. Reformuler ou supprimer le « contexte international » ;
 - SP : elles sont trop pointues. Proposition de fusionner les SP deux à deux ;
 - Niveaux et AC : les niveaux sont réalistes. En BUT3, reformuler légèrement AC34.01EME et proposition de fusionner AC34.02EME et AC34.03EME2
- **Planter un système matériel ou logiciel (parcours ÉSE) :**
 - CE : davantage mobilisées en BUT3 qu'en BUT2. Besoin d'une reformulation si on garde les trois CE. Il ne manque pas de composantes essentielles ;

- SP : correspondent aux niveaux à part la première qui serait à supprimer (terme homologation trop fort). Il ne manque pas de situation professionnelle ;
- Niveaux et AC : manque de progressivité dans les niveaux. Le niveau 2 jugé trop ambitieux et atteint que par certains alternants. Tous les AC conviennent mais AC34.03 jugé trop ambitieux pour BUT3.

• Parcours et métiers

- Chaque parcours forme à des métiers différents mais le diplôme reste généraliste car trois compétences sont communes. Les étudiants sont capables de s'adapter professionnellement ;
- Pas de regroupement de parcours envisagé ;
- Avis non tranché sur la communauté de parcours avec d'autres spécialités ;
- Pas de fermeture de parcours car les métiers sont là ;
- A part le parcours ÉSE, les intitulés de deux autres parcours devraient être modifiés :
 - Automatismes et informatique industrielle → Automatismes et Robotique industrielle ;
 - Electricité et Maîtrise de l'Energie → Electrotechnique et Gestion de l'Energie ;
- Pas pertinent de créer un nouveau parcours ;
- Beaucoup de professionnels bien identifiés par compétence.

En conclusion, les composantes essentielles décrivent bien une qualité de la démarche et du résultat mais ne sont pas immédiates en BUT2. Il y a une nécessité de reformuler les CE pour que l'étudiant montre les qualités de son savoir-agir : qualité des démarches, qualité des résultats, qualité des justifications, recul critique et adaptation. Les situations professionnelles correspondent aux niveaux de la compétence. Il y a très peu de reformulations à prévoir. Il serait intéressant de proposer une définition ou un glossaire de certains termes des apprentissages critiques pour une meilleure appropriation. Il y a une nécessité de reformuler et/ou fusionner certains apprentissages critiques ainsi que de contextualiser les apprentissages des compétences VERIFIER et MAINTENIR.



ACD GEII d'Angers, 28-29 novembre 2024

3. ACD GEII de Bordeaux

Lors de l'ACD élargie de Bordeaux les 12 et 13 mars 2025 en présence du Président, du secrétaire et des membres « enseignants » GEII de la CPN GEII-RT, les ateliers ont concerné trois points du dernier questionnaire du GT CCN/CPN : l'adaptation locale, la démarche portfolio et les référentiels de compétences (parcours EME, AII et ESE). Ces ateliers en rotation ont permis à tous les participants de contribuer aux trois thèmes et de confirmer certaines remontées déjà identifiées lors de l'ACD d'Angers et des différents travaux de l'année 2023-2024.

Sur l'adaptation locale, le constat d'une grande disparité dans les départements est confirmé. En effet, l'adaptation locale est très dépendante du bassin industriel, des équipements disponibles, des compétences de l'équipe pédagogique, des intervenants professionnels spécialisés et de facteurs limitants (ressources humaines, financières et matérielles). Selon les départements, l'adaptation locale est utilisée pour :

- Aider à la réussite des étudiants ;
- Renforcer certaines ressources inscrites au PN ;
- Ajouter des ressources ou développer des SAÉ répondant à un besoin territorial.

Le retour d'expérience sur la démarche portfolio a été organisé sous la forme d'un SWOT :

- **FORCES** : réflexion, responsabilisation et mise en confiance de l'étudiant, prise de recul de l'étudiant par rapport à ses compétences, évolution de l'étudiant sur les trois ans ; donne du sens à l'étudiant. Positionnement de l'étudiant au centre de la formation.
- **OPPORTUNITES** : développer une réelle démarche réflexive pour aider les étudiants à développer leurs compétences. Valoriser les étudiants. Proposer de la remédiation.
- **FAIBLESSES** : manque de ressources humaines et financières, non adhésion du terme « portfolio » dans certaines équipes pédagogiques, consignes divergentes des enseignants dans certains départements, difficultés et complexités de l'évaluation ;
- **MENACES** : difficultés à dégager des ressources financières, imposition d'un outil, accès à son portfolio après le BUT, manque de formation des équipes

Le dernier point sur la mise en place de l'APC a permis de préciser et de confirmer les principaux résultats de l'ACD d'Angers sur le changement de nom des parcours EME et AII, sur la confusion de certains apprentissages critiques des compétences VERIFIER et MAINTENIR, sur la nécessité de reformuler certaines composantes essentielles et situations professionnelles de chaque compétence, de revoir l'écriture de certains apprentissages critiques de la compétence MAINTENIR afin d'adapter cette compétence à chaque parcours ainsi que de revoir le niveau de certains apprentissages critiques de la troisième année.

4. Perspectives d'évolution du PN GEII pour la période 2027-2032

Tous les travaux de ces deux dernières années sur le retour d'expérience des trois premières années du B.U.T. GEII ont permis de réagir et répondre efficacement à la toute dernière demande de la CCN-IUT (avant le 15 avril) pour remonter les propositions particulières de modification du référentiel de compétences de chaque spécialité. Dans une volonté d'amélioration continue et d'optimisation de la formation et de mieux répondre aux besoins du marché du travail, notre CPN a ainsi précisé les points de vigilance de la mise en œuvre du PN et le projet envisagé des modifications :

- **Difficultés rencontrées lors de la mise en œuvre du PN** :
 - Identification des parcours et métiers en tension : Certains parcours peinent à attirer les étudiants malgré une forte demande des entreprises pour les métiers associés ;
 - Manque de clarté de certaines composantes essentielles : Des ambiguïtés subsistent, rendant l'évaluation des apprentissages critiques complexe ;
 - Confusions et inadéquations des apprentissages critiques : Des chevauchements entre les compétences «Vérifier» et «Maintenir» ont été constatés, ainsi que des apprentissages critiques jugés inadaptés au niveau Bac+3 ;
 - Complexité et inadéquation de certaines formulations : la simplification de l'écriture des apprentissages critiques, des composantes essentielles et des situations professionnelles est nécessaire, voire leur suppression dans certains cas ;



ACD GEII de Bordeaux, 12-13 mars 2025

- Niveaux de compétences : Une réécriture de certains niveaux de compétences est souhaitable pour une meilleure lisibilité de la progression de l'étudiant ;
 - Situations Professionnelles : Certaines situations ne reflètent pas fidèlement les réalités professionnelles rencontrées par les étudiants.
- **Projet envisagé afin de renforcer l'attractivité et la lisibilité des parcours :**
- Proposition de renommer le parcours «Électricité et Maîtrise de l'Énergie» avec l'intitulé «Électrotechnique et gestion de l'énergie». Cette modification vise à clarifier la distinction entre électricien et électrotechnicien, à valoriser les compétences en électrotechnique, très demandées par les entreprises, et à faciliter l'insertion professionnelle et les passerelles avec les BTS Électrotechnique. Par ailleurs, le terme "gestion de l'énergie" vise à ouvrir les champs professionnels vers la supervision et le contrôle d'installations énergétiques, l'efficacité énergétique et la gestion technique du bâtiment (GTB).
 - Proposition de renommer le parcours «Automatisme et informatique industrielle» avec l'intitulé «Automatisme et robotique industrielle». Cette évolution souligne l'importance de la robotique dans l'industrie 4.0, un domaine en forte croissance et en demande de professionnels qualifiés. Elle évite également une redondance avec le terme «informatique industrielle», déjà présent dans l'intitulé du diplôme.
 - Maintien du nom du parcours «Électronique et systèmes embarqués» : Ce parcours conserve son appellation actuelle, jugée pertinente.
 - Modifications mineures d'écriture de certains apprentissages critiques, composantes essentielles et situations professionnelles :
 - Clarifier le référentiel de compétences, facilitant ainsi sa compréhension par les enseignants et les étudiants.
 - Récrire les apprentissages critiques des compétences « Vérifier » et « Maintenir » afin d'une part, de distinguer clairement ces deux compétences entre elles et d'autre part, de les rendre plus applicables à chacun des trois parcours (activités professionnelles différentes). Cela permettra une meilleure compréhension, une meilleure mise en œuvre des SAé et une meilleure évaluation de ces deux compétences.
 - Distinguer clairement les apprentissages critiques des compétences «Vérifier» et «Maintenir».
 - Modifier les situations professionnelles qui ne sont pas toutes les plus emblématiques par rapport aux différents parcours.
 - Intégrer les aspects de transition écologique pour un développement soutenable (TEDS) et d'intelligence artificielle (IA) dans les composantes essentielles.

Les propositions de modifications de noms de parcours ont reçu au début du mois de mai un avis favorable de la part de la CCN-IUT. Les autres points seront encadrés dans la lettre de cadrage définitive dont la présentation des orientations est prévue au cours du mois de mai 2025. Les principes généraux et le calendrier du processus ont été présenté à la fin du mois de janvier :

- **Principes généraux applicables à la révision périodique 2027-2032 :**
 - Référentiel de compétence : ne pas modifier l'architecture globale et procéder uniquement aux ajustements rendus nécessaires par les évolutions significatives des métiers.
 - Intitulé des spécialités : ne proposer des évolutions des intitulés que dans la mesure où cela correspond à une nécessité.
 - Evolutions des orientations et/ou intitulés des parcours : elles sont possibles, dans la mesure où le nombres par spécialité n'augmente pas.
 - Saé : il est nécessaire de veiller à ce que le nombre de Saé soit soutenable, du point de vue de la charge de travail...
 - Volume horaire de la formation : il restera globalement inchangé mais devra intégrer un volume horaire minimal pour les ressources transversales (langues, TEDS, expression écrite et orale, PPP).
- **1^{ère} phase : mise à jour des fiches RNCP (référentiel de compétences)**
 - Mai à septembre 2025 : révision des fiches RNCP par les CPN (29/09/2025 : transmission des fiches RNCP à la CCN-IUT pour validation)
 - Décembre 2025-janvier 2026 : saisie des fiches RNCP par les CPN ; puis relecture et validation par la DGESIP
 - Avril-mai 2026 : vérification de la conformité des fiches par France Compétences
- **2^{ème} phase : révision des référentiels de formation**
 - Novembre 2025-mai 2026 : travail des CPN sur les référentiels de formation.
 - Mai 2026 : livraison des PN à la CCN-IUT.
 - Septembre 2026 : avis de la CCN-IUT sur les référentiels de formation, validation par la DGESIP.
 - Novembre 2026 : publication des PN par la DGESIP
- **Applications :**
 - 1^{er} septembre 2027 : mise en œuvre des nouveaux PN LP-BUT1
 - 1^{er} septembre 2028 : mise en œuvre des nouveaux PN en LP-BUT2
 - 1^{er} septembre 2029 : mise en œuvre des nouveaux PN en LP-BUT3

Retour sur l'Assemblée Générale de l'Association GESI



Thierry CONTARET,
Président de l'ACD GEII

L'AG s'est déroulée le 14 Mars 2025 après-midi, dans les locaux du département GEII de l'IUT de Bordeaux, à la fin de la rencontre de l'Assemblée des chefs de Départements de GEII qui se déroulait les 13 et 14 Mars.

Thierry CONTARET président de l'Association, a ouvert l'Assemblée, et conduit les échanges qui ont examiné, comme le prévoient les statuts, l'activité de l'association à travers les rapport moral et d'activités et rapport financier.

Rapport moral et d'activités : Le secrétaire en titre (Rémy GOURDON) a d'abord rappelé les fondamentaux de l'association (objet, moyens, fonctionnement) avant de citer les éléments marquants de l'année 2024 :

- Le Conseil d'Administration de l'association s'est réuni le 1er Février 2024 (Ville d'Avray), le 30 Mai lors du Colloque de Marseille, le 25 Septembre à Ville d'Avray, à la veille de la rencontre de l'ACD GEII ainsi que le 5 Mars 2025 (en visio).
- Les rencontres de l'ACD en Mars (Rennes), Septembre (Ville d'Avray), et Décembre (Angers), dont l'association soutien l'organisation matérielle, en appui au département où elles ont lieu.
- le Concours Robotique, qui s'est déroulé en Juin à Cachan et qui a mobilisé des étudiants de BUT1 à BUT3.
- Le Colloque de Marseille, fin Mai 2024, dont le GESI N°100 s'est largement fait l'écho. 213 collègues, de 43 départements, y ont participé, et 40 exposants étaient présents. Ce qui a rassemblé jusqu'à 350 personnes !
- La production de deux numéros de la Revue GESI : le N°99 a été livré au début du Colloque de Marseille, avec la présentation de celui-ci, et un dossier dédié aux SAÉ. Le N°100 est paru en Décembre 2024 : on y trouve le retour sur le Colloque de Marseille, ainsi qu'un dossier important consacré à la vie de la Communauté GEII, avec des hommages à deux disparus Marseillais et une rétrospective de 100 numéros du GESI et 50 Colloques.
- Enfin, les actions d'accompagnement des départements se sont traduites en 2024 par l'achat d'une licence "Line Survey" (1 an) pour réaliser des sondages. L'opération "GEII fait sa conf" a été organisée sur le thème «Cybersécurité», par le département de Brest, le 1 Février 2024, avec Brice Augas qui est intervenu gracieusement.

Monique THOMAS, trésorière, a ensuite présenté le rapport financier qui se conclut par un exercice excédentaire de 3289,50 €, sur un chiffre d'affaires de 140 000 €, autrement dit une trésorerie gérée avec précision. Le détail des dépenses et des recettes peut être consulté auprès des Chefs de Département. Il est à noter que l'équilibre est atteint grâce à plusieurs subventions accordées au Colloque ; sans celles-ci, l'exercice aurait été déficitaire. Le budget prévisionnel pour 2025 a été construit et présenté sur les mêmes bases que l'exercice 2024.

En conclusion de son exposé, Monique a rappelé que le GESI fonctionne actuellement avec 2 comptes bancaires : un compte à la Banque Postale qui sert à gérer le fonctionnement courant, et un autre à la Banque Populaire, dédié à la gestion du Colloque et donc remis aux organisateurs. L'utilisation du compte à la Banque Postale étant lourde, ce compte va être fermé. Elle a également recommandé aux chefs de départements de s'assurer du paiement de leur cotisation afin d'éviter de fastidieuses relances.

Après quoi, l'ACD a chaleureusement remercié Monique pour le travail important qu'elle a réalisé bénévolement, et ce, sans avoir de lien particulier avec le GEII.

Soumis à l'avis de l'Assemblée Générale par Thierry CONTARET, les deux rapports ont été approuvés à l'unanimité.

Il a été enfin procédé, comme cela doit se faire tous les 2 ans, au renouvellement du Conseil d'Administration de l'Association, qui fait également office de Comité de Rédaction de la revue GESI. Plusieurs membres sont sortants, comme annoncé : Rémy GOURDON (Secrétaire), Monique THOMAS (Trésorier), Christian PECOSTE, David LE TORIELLEC, ainsi que Carlos VALENTE (invité, voir ci-dessous) Béatrice DELEAU.

Trois nouveaux membres sont proposés à l'Assemblée Générale : Benoit DELPORTE (Valenciennes) s'est proposé pour assurer la fonction de secrétaire, en remplacement de Rémy GOURDON, Cédric LACHARMOISE (Villeurbanne) s'est proposé pour assurer la fonction de trésorier en remplacement de Monique THOMAS et Florent ARNAL (Bordeaux) s'est proposé pour assurer le lien avec l'imprimerie Laplante, fonction précédemment assurée par Christian PECOSTE. Les 3 candidats sont élus à l'unanimité.

Perspectives à 5 ans : en conclusion de cette AG, Thierry CONTARET a proposé de faire un point d'étape sur les chantiers qui avaient été présentés à l'assemblée il y a un an, et repris dans le GESI N°99 (page 31). L'état des lieux est le suivant :

- Évolution de l'Association GESI : elle concernait le remplacement de Monique Thomas, Christian Pécoste, et Rémy Gourdon. Avec la mise en place du nouveau CA, cette action est terminée.
- Politique éditoriale de la Revue GESI : à partir du Numéro 100 (fin 2024), les deux parutions annuelles seront orientées vers la pédagogie dans le numéro de l'automne après le Colloque, et vers la technologie au printemps avant le Colloque.
- Politique de diffusion de la Revue GESI : Le "vademecum diffusion" destiné au Chef de département a été préparé et présenté aux Chefs de Département GEII lors de l'ACD de rentrée en Septembre. Ce document précise ce qu'est le GESI (association + revue), ce qu'on peut en faire et ce qu'on peut en attendre. Cette action sera renouvelée à chaque rentrée.
- Mise à jour de la disponibilité numérique de la Revue GESI : il est prévu d'optimiser l'accès numérique aux contenus de la revue, le format PDF n'étant pas toujours le plus performant. Quelques tests ont été effectués, mais il reste à : finaliser le format retenu, définir la procédure de diffusion.
- Mise à jour de la disponibilité papier de la Revue GESI : En cours, en fonction de la demande des départements ou de l'ACD.
- Convergence Site BUT-GEII/GeSi : Avec cette convergence, l'idée était de centraliser l'information sur la formation. Ces dernières années, le site BUT-GEII a été développé pour informer sur la formation elle-même. Il a été proposé de l'élargir en ouvrant une fenêtre sur la communauté GEII qui réalise les formations. Dans cette fenêtre (à enrichir avec des informations du l'ACD et des ressources partagées), les visiteurs trouvent désormais les archives PDF de la revue GESI, qui constituaient l'essentiel du site gesi.iut.fr. Ce site a été géré par Carlos VALENTE et Didier ROQUES de l'IUT de Brive depuis le début des années 2000 : encore un grand MERCI à eux deux pour le travail accompli.

En conclusion, les chantiers ouverts ont été, pour l'essentiel, menés à leur terme, ce qu'on peut voir comme un (nouveau) signe de la capacité de la communauté à mener son destin.



Réseaux sociaux : chacun sent bien la nécessité d'une identité BUT-GEII sur le réseau LinkedIn. Elle reste à développer, ce sera le travail de la nouvelle équipe du GESI

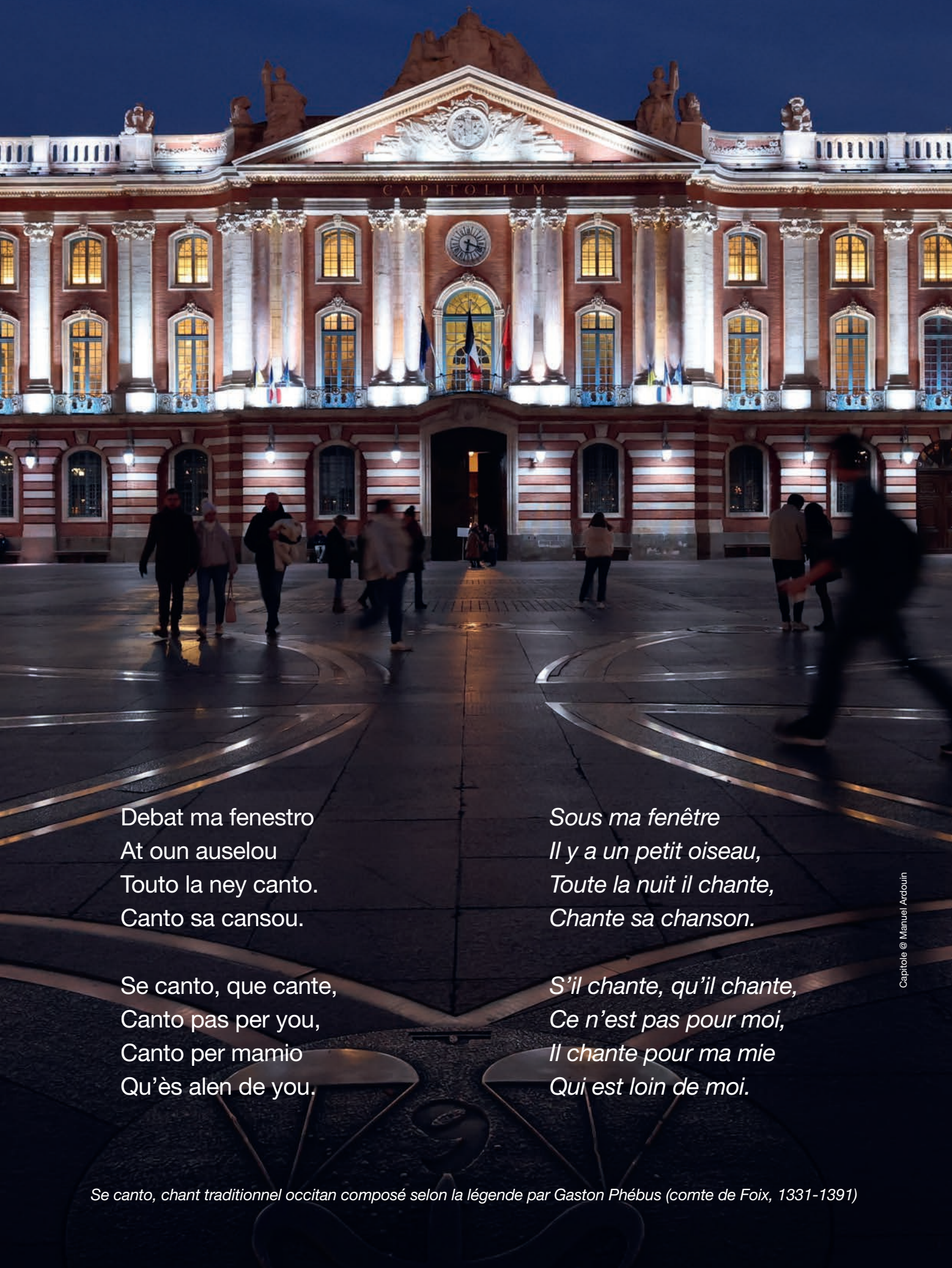


Fin De Partie :

L'essentiel de l'ancien et du nouveau CA du GESI au soir de l'AG (de gauche à droite, en ne mentionnant que les élus :

Thierry Contaret,
Monique Thomas,
Christian Pécoste,
Rémy Gourdon,
Florian Cassol,
Philippe Lavallée,
Benoit Delporte)





Debat ma fenestro
At oun auselou
Touto la ney canto.
Canto sa cansou.

Se canto, que cante,
Canto pas per you,
Canto per mamio
Qu'ès alen de you.

*Sous ma fenêtre
Il y a un petit oiseau,
Toute la nuit il chante,
Chante sa chanson.*

*S'il chante, qu'il chante,
Ce n'est pas pour moi,
Il chante pour ma mie
Qui est loin de moi.*