

Gesi

N°94 // DÉCEMBRE 2019 // 38^e ANNÉE



Actes du colloque de Longwy

CRÉDIT PHOTO : VIRGINIE AVIAN, RESPONSABLE COMMUNICATION - IUT DE LONGWY

édito



Chers collègues, chers amis,

Toute l'équipe organisatrice du colloque de Longwy vous présente ses meilleurs vœux pour cette année 2020.

Nous étions très enthousiastes et très heureux de vous accueillir dans nos locaux pour cet important évènement. La charge de travail fut énorme pour l'organisation du colloque GEII. Mais vos sourires sur vos visages et vos propos très agréables nous ont fait oublier la fatigue et le stress.

J'espère que nous avons été à la hauteur de vos espérances. Que notre petite bourgade a été pour vous l'occasion de découvertes. J'espère aussi que le programme des trois commissions vous a plu.

Dans la continuité du colloque de Nîmes, nous avons réussi à avoir une trentaine d'exposants industriels dans un salon de plus de 220 m² de stands. Nous tenons vraiment à les remercier pour leur confiance. En participant, ils ont pu proposer leurs produits de dernière génération. Plusieurs d'entre eux ont aussi animé des ateliers de présentations de produits, et ont également participé comme intervenants aux deux commissions techniques. Donc merci à eux.

Je veux vraiment rendre hommage aux organisateurs des trois commissions proposées, je pense à :

- Hélène Bonnin et Pierre Olivier Lombarteix qui ont proposé et mené la commission « Pratiques Innovantes de l'enseignement de l'Anglais et en Anglais en GEII ». Ils ont réussi à mobiliser une quarantaine de collègues professeurs d'Anglais en GEII, ce qui est exceptionnel.

- Jean Louis Salvat et Laurent Laval pour la commission « Internet des Objets IOT ». C'était la commission qui a mobilisé le plus de participants, et celle qui aurait pu durer beaucoup plus longtemps que les deux jours prévus, tellement il y avait d'intervenants et une richesse des débats.

- Et, Cédric Delattre (Longwy a également participé à l'animation) et Thierry Glaisner à qui je rends un spécial hommage car c'était sa dernière année avant une retraite bien méritée. Il a accepté malgré cela de tenir ce rôle. Merci à toi pour cette leçon d'investissement pour notre communauté.

Je tiens aussi à remercier chaleureusement tous les participants qui sont venus en nombre nous rendre visite et profiter de notre soleil et de la ballade sur la Moselle. Merci pour votre bonne humeur, pour vos mots gentils, pour ces moments de convivialité et plus généralement pour la bonne ambiance installée par tous.

Enfin, merci à toute l'équipe organisatrice du département GEII et de l'IUT Henri Poincaré de Longwy d'avoir travaillé tout au long de l'année universitaire pour la réussite de cet évènement très cher à la famille GEII.

C'est donc avec le sentiment du devoir accompli que je passe la main à mon collègue Georges Fried et l'IUT de Créteil-Vitry. Bonne chance à toi.

Je suis certain que les collègues du département GEII de Créteil nous offriront un très beau et intéressant Colloque. Je serai vraiment ravi et soulagé d'aller y participer.

Vive Créteil 2020 !

Marouane Alma et toute l'équipe organisatrice de l'IUT de Longwy.



Revue des départements Génie Électrique & Informatique Industrielle des Instituts Universitaires de Technologie
Directeur de la publication : Patrice Guillerm - Responsable du comité de rédaction : Gino Gramaccia - gino.gramaccia@u-bordeaux.fr
Comptabilité : Monique Thomas

Comité de rédaction : Rémy Gourdon, Florence Hénon, Christian Pécoste, Didier Roques, Carlos Valente
Impression : Imprimerie Laplante - 3, impasse Jules Hetzel - 33700 Mérignac - Téléphone : 05 56 97 15 05 - e-mail : pao@laplante.fr
Crédit photos : GettyImages, Adobe Stock - Dépôt légal : Décembre 2019 - ISSN : 1156-0681

sommaire

- **Édito de Marouane ALMA** p 2

ACTES DU COLLOQUE DE LONGWY

- **Commission 1 : Pratiques innovantes de l'enseignement de l'Anglais et en Anglais** p 4

Pierre-Olivier LOMBARTEIX (IUT de l'Indre) / Hélène BONNIN (IUT d'Angers)

- **Commission 2 : Automatismes avancés, Cobotique et Jumeaux numériques** p 6

Thierry GLAISNER (IUT de Ville D'Avray) / Cédric DELATTRE (IUT de Longwy)

- **Commission 3 : Internet des objets – IOT** p 13

Jean Louis SALVAT (IUT de Nice Côte d'Azur) / Laurent LAVAL (IUT de Villetaneuse)

SCIENCES & TECHNOLOGIES

- **Petit retour sur le Festival de Robotique de Cachan 2019** p 19

Hugues ANGELIS (Université Paris-Sud)

- **Plateforme de T.P. SE 1A - K-IUT** p 21

Philippe BUNEL (Université Paris-Est Créteil)

- **Mise en place d'une application basique de l'IOT** p 26

Aliou DIALLO (GEII - IUT Nice Côte d'Azur)

- **Remise des prix du Concours National EEA organisé par le Club EEA « Mon projet en 5 minutes »** p 30

(Paris, Sorbonne Université Campus Pierre et Marie Curie)

Pour tout savoir sur l'histoire de GeSi, consulter le site :

<https://gesi.iut.fr/>

Merci à l'équipe de Brive pour ce beau travail.

ACTES DU COLLOQUE DE LONGWY

Commission 1

Pratiques innovantes de l'enseignement de l'Anglais et en Anglais



Pierre-Olivier LOMBARTEIX (*IUT de l'Indre*)
Hélène BONNIN (*IUT d'Angers*)

Introduction

Lors de sa conférence plénière, la linguiste Henriette Walter a évoqué la ligne Joret, une isoglosse permettant de différencier deux langues vernaculaires en Normandie et par extension, de mieux appréhender les différences pouvant exister entre le français et l'anglais. Même si l'exercice de synthèse est toujours périlleux car subjectif et partial sinon partiel, il semble que cette ligne tracée par la linguiste en préambule aux travaux des commissions puisse parfaitement servir de fil rouge à cette restitution écrite.

Lors du premier atelier proposé par l'équipe de recherche de Grenoble – Alpes INNOVA LANGUES, Marie-Pierre Jouannaud a présenté une ligne elle aussi, la ligne qui délimite les compétences acquises des compétences non-acquises, les seuils, les niveaux entre les apprenants, via son projet collaboratif de recherche baptisé SELF pour Système d'Évaluation en Langues à visée Formative. SELF est une plateforme en ligne permettant d'effectuer des tests de positionnement. D'une durée d'une heure, ce test est un véritable outil permettant la mise en place d'une pédagogie différenciée et centrée sur les besoins langagiers des étudiants. Grâce à son approche communicationnelle, le test permet d'évaluer les différentes fonctions langagières que sont, entre autres, le lexique, la grammaire ou encore la morphosyntaxe. Quatre ans après son lancement, ce test est disponible gratuitement dans de nombreuses universités de France. Sur cette seule année 2019, il a déjà été passé par près de 40 000 étudiants. Mais SELF est aussi un point de départ, une étape vers un outil de certification car il permet un « diagnostic général. » Pour l'heure, cependant, il reste administré et pratiqué dans une optique formative.

Notes et... notes

Mais la ligne c'est aussi l'élément graphique constitutif de la portée musicale, le trait sur lequel on accroche des notes de musique et à ce titre le deuxième atelier consacré aux questions de prosodie et de production orale – centrales dans l'apprentissage et la pratique de la langue anglaise - a proposé un éclairage intéressant sur un aspect central du métier d'enseignant en général et de langue vivante en particulier : la voix. Les notions essentielles à l'anglais que sont l'accent tonique, le rythme et l'intonation sont au cœur de la réflexion menée par Marieke De Koning au sein d'Innovalangues. Son projet THEMPPPO – pour Thématique Prosodie et Production Orale a d'ailleurs été couronné du prix PEPS 2018.

Par une sensibilisation aux différents éléments évoqués précédemment, l'objectif est donc d'améliorer la production orale, en prenant également conscience par exemple des mécanismes entrant en action dans le corps lors de la parole. L'exercice de « voix silencieuse » fut à ce titre très révélateur. Le corps est mis en œuvre, la posture devient centrale, source d'énergie. Cette pleine conscience du corps permet dans un second temps de « libérer » l'énergie. L'expérience d'artiste chorégraphe de l'intervenante apporte une véritable plus value, tant dans l'approche que dans la communication de son message.

Présentiel ou distanciel

Lors du troisième atelier, la ligne est soudain devenue frontière, cette barrière immatérielle semblant dissocier le numérique de l'humain, le présentiel du distanciel. Dressant un pont entre ces deux mondes que tout semble opposer, Séverine Grosselin de l'université d'Orléans est venue présenter un projet de

cours hybride de formation au TOEIC mené par 7 enseignants et enseignants-chercheurs de l'université d'Orléans dont Pierre-Olivier Lombarteix.

Dans ce projet résolument novateur, financé sur trois ans, l'intervenante a illustré comment l'enseignant.e pouvait proposer des activités efficaces et bénéfiques pour les étudiants, sans être présent en proposant un cours hybride d'autoformation à la certification du TOEIC comptant plus d'une centaine d'heures. Conscients des enjeux que soulevait la création de ce cours, l'équipe d'Orléans a toutefois jalonné ce cours en ligne de contenu nécessitant la présence et l'intervention régulière d'un enseignant afin – d'où la terminologie hybride – de tirer le meilleur profit de cette offre de formation en ligne. Notons qu'elle est ouverte à tous les étudiants de l'université, quel que soit leur composante d'origine. Outre la plateforme Moodle (appelée CELENE à Orléans), Séverine Grosselin a également présenté Classilio, un outil permettant de faire classe à distance à un groupe d'étudiants via une application logicielle. La plateforme CELENE est quant à elle essentielle puisque c'est là que sont stockées les ressources pédagogiques déposées par les enseignants à destination de TOUS les étudiants de l'université. Cette approche apporte aussi des pistes intéressantes de réponse quant à l'épineuse et très actuelle question de la place de l'enseignant dans l'université de demain.

Une autre plateforme technique a elle aussi été plébiscitée par les membres de la commission Anglais, il s'agit de celle dénommée PADLET et présentée par Chantal Beaujan de l'IUT de Kourou en Guyane. Son approche basée sur le dépôt de documents en amont, est résolument innovante puisqu'elle permet une approche de type « classe inversée ». Articulée sous forme de « mur », la plateforme est un espace de travail partagé entre l'enseignant et les étudiants. Là encore le frein physique que peut représenter la présence physique de l'enseignant est gommé. Padlet permet également l'intégration d'activités fabriquées dans Quizlet telles que des exercices de vocabulaire, d'orthographe, de prononciation, voire de jeux. Padlet permet également l'intégration de présentations d'étudiants de type Prezi. L'enseignant est alors alerté via une application sur son Smartphone du dépôt de nouvelles ressources par les étudiants. Il est à noter toutefois que c'est la version gratuite, limitée à 3 « murs » qui a été présentée. Une version payante est également disponible. Elle propose des services additionnels et supprime les limitations de « murs » entre autres. Il apparaît évident qu'au travers de ces premiers ateliers la question qui apparaît en filigrane est celle du lien tenu, ou fort, physique ou digital qui relie l'enseignant à ses étudiants.

Tropisme montagnard

Si dans un grand nombre de cas la ligne est frontière, seuil ou barrière et donc par là même horizontale, elle peut également être verticale, figurant un mur, une paroi, un objectif à atteindre. De ce point de vue, le S4 en anglais mis en place par l'IUT d'Annecy peut être comparé à une ascension vers le sommet par une face, une voie non encore ouverte. Au-delà d'un certain tropisme montagnard évident, l'IUT d'Annecy – Mont Blanc Savoie innove en proposant un S4 intégralement en anglais. Notons toutefois que ce S4 en anglais ne relève pas d'un parcours unique et obligatoire pour tous les étudiants GEII d'Annecy, mais qu'il vient plutôt agréablement compléter une offre diverse de trois parcours proposée aux étudiants. Pour ce qui concerne le parcours S4 en anglais, l'ensemble des cours, évaluations et communication interpersonnelle se fait en langue anglaise. L'objectif initial à la base de cette démarche innovante était de permettre l'accueil d'étudiants non-francophones tout en augmentant l'attractivité de la formation via une diversification

des parcours, comme évoqué précédemment. Le groupe de S4 en anglais est à ce jour composé de 16 étudiants. Parmi les facteurs ayant permis la mise en place de ce S4 en anglais, notons le recrutement de collègues maîtrisant l'anglais, un critère prépondérant dans le profil de poste publié, mais aussi la volonté de l'ensemble de l'équipe pédagogique, incarnée par son chef de département. Si les problèmes initiaux peuvent sembler nombreux et insurmontables, (conservatismes, règlement administratif), la volonté et la résolution sans faille de l'équipe pédagogique a été centrale dans la mise en place avec succès de ce S4. Concernant le recrutement et le profil des étudiants intégrant ce S4, on relève la présence d'étudiants étrangers (Grèce, Turquie, Pays-Bas, Allemagne...) mais aussi d'étudiants français, preuve qu'il répond à un besoin, pour l'ensemble de la population estudiantine de GEII Annecy. Les questions de motivation et de sérieux des candidats au S4 en anglais sont essentielles et regardées de très près par l'équipe enseignante. Parmi les matières enseignées nous trouvons, entre autres : Business knowledge, Energy, English Communication, Maths, Physics, Project work, etc. 30 crédits sont alloués à l'obtention de ce semestre qui ne compte pas de cours d'anglais puisque tous les cours sont dispensés en anglais, tout comme les discussions entre étudiants et enseignants. Il s'agit là d'un choix de l'équipe. Le S2 avait été envisagé pour la mise en place d'un tel dispositif avant d'être écarté au profit du S4 pour des raisons entre autres de praticité.

Ligne du robot

La ligne est aussi celle d'une approche relativement novatrice à l'IUT de Ville d'Avray et figurée sous forme d'une piste blanche suivie par un robot. Un concours de robotique a donc été mis en place à l'IUT francilien afin de tisser des liens forts de coopération avec un établissement partenaire situé dans le Kent via les projets tutorés de 2^e année

À chaque étape de ce concours innovant, la communication entre les deux communautés linguistiques est centrale, basée sur l'entraide et la présentation des choix technologiques effectués, via Skype notamment. Le règlement est d'ailleurs établi de façon collaborative entre les partenaires français et anglais. Ce projet débouche sur une finale organisée alternativement en France et Angleterre. Lors de leur séjour outre-Manche, les étudiants français sous la houlette de leur enseignant Xavier Lemaire en profitent pour visiter le campus britannique. Cette entente, entérinée par un accord Erasmus+ en 2015, implique environ 70 étudiants en France et 90 étudiants en Angleterre chaque année, repartis dans des équipes bi-nationales pour le concours. Autre point intéressant présenté par Xavier Lemaire, la tenue d'un blog participatif, documentant chaque phase du projet.

Au cours des travaux de cette commission, Hélène Bonnin a également présenté la semaine internationale organisée à l'IUT d'Angers chaque année courant mai. En tout, ce sont près de 30 enseignants-chercheurs d'universités partenaires venus d'autant de pays qui font cours en anglais dans 3 départements et se retrouvent pour un programme social et culturel riche en découvertes et rencontres...

Une immersion de 5 jours dans un programme de cours et TP en anglais, séances transversales avec des étudiants TC, visites d'entreprises locales et internationales (ACER, AIRBUS, SCANIA, Cointreau...), conférences d'industriels en anglais contribue à la construction du projet professionnel des GEII et à leur ouverture sur le monde et développe leurs compétences interculturelles. La « study abroad fair » permet des échanges directs sur leur projet de mobilité d'étude, stage de deuxième année ou DUETI.

En amont, les invités ont répondu à un appel à contributions et sont ensuite mis en binômes avec un enseignant du département GEII afin de préparer et adapter leurs séances de cours à leur nouveau public, l'objectif étant de favoriser l'interactivité langagière.

Cette expérience se développe chaque année avec un nombre croissant de mobilités d'études et de stages et a mené à la création d'un semestre international en TC et GEII avec des modules transversaux.

Certains des invités, tous financés par une bourse de mobilité E+, sont fidèles et partagent chaque année leurs compétences en vue d'améliorer les performances des robots pour le challenge robotique de Cachan.

L'attractivité de la région angevine, sa ville à taille humaine et son patrimoine historique et culturel sont des atouts de poids dans la pérennisation de cette expérience riche en rencontres et nouveautés pour les étudiants. La ligne du PPN s'efface pendant une semaine mais des liens se créent ou se consolident entre pays, universités et départements.

Enfin la ligne tout à tout, seuil, frontière, horizontale puis verticale, la ligne – lien est devenue circulaire, boucle, à travers la mise en place d'un atelier d'échanges de bonnes pratiques innovantes

intitulé swap shop. Tour à tour plusieurs collègues ont présenté des ressources, approches, et pratiques résolument novatrices mises en place au quotidien dans leur enseignement.

Ainsi les collègues de Rouen, Angoulême ou encore Toulouse (entre autres) ont présenté « clé en main », une activité innovante ou originale utilisée en cours et enrichie par d'autres collègues partageant leur propre expérience et retour d'expérience sur les présentations effectuées ; vidéos grammaticales, Speed Job-dating, chronique radio, ressources ou applications type Kahoot ou Socrative, la diversité et la richesse de ces courtes présentations ont été saluées par l'ensemble de la communauté, heureuse d'avoir participé à un colloque d'une grande richesse en termes de programme et de contenu.

En conclusion, nous pourrions dire que cette ligne abordée et esquissée lors de la conférence plénière, s'est dessinée et renforcée au rythme des ateliers pour finir par apparaître comme un lien, fort, unissant chaque membre de la communauté des enseignants de langues en GEII.

Commission 2

Automatismes avancés, Cobotique et Jumeaux numériques



Thierry GLAISNER (*IUT de Ville D'Avray*)
Cédric DELATTRE (*IUT de Longwy*)

L'industrie du Futur, ou Industrie 4.0 en Allemagne, est aujourd'hui une réalité. De plus en plus de sites de production ont fait le pas. Les nouvelles technologies deviennent donc dès aujourd'hui des préoccupations des IUT GEII, et devront intégrer le prochain PPN afin de préparer au mieux nos étudiants à ces nouveaux environnements numériques et à l'évolution des métiers de l'industrie.

L'an dernier, au colloque de Nîmes, une commission s'était déjà intéressée à cette thématique, mais beaucoup de questions techniques étaient restées en suspens.

Cette année, nous sommes entrés un peu plus dans l'étude des technologies industrielles innovantes en partant d'exemples d'utilisation. Parmi celles-ci, nous nous intéressons à trois domaines qui sont particulièrement dynamiques actuellement :

- les évolutions les plus récentes des automatismes ;
- les jumeaux numériques ou usine virtuelle ;

Le thème de la robotique a été hélas, à peine évoqué dans les présentations. Cet article développera donc uniquement les deux premiers points.

Dans cette commission, des intervenants professionnels nous ont présenté les dernières techniques liées à ces deux

thématiques, et plusieurs collègues ont exposé des exemples d'outils pédagogiques et leurs retours d'expériences. Mais, avant cela, nous commençons par une étude de cas :

Évaluation industrielle 4.0 de l'usine FESTO de Stuttgart

Cédric VANDERMEERSCH, société Festo

La société FESTO fabrique et commercialise des systèmes industriels d'automatisation électrique et pneumatique. Étant un fournisseur de matériel pour l'industrie 4.0, la société FESTO a fait de sa propre usine historique, située à Scharnhausen, près de Stuttgart, un laboratoire de ces nouvelles technologies. En effet, l'usine date des années 60 mais a connu plusieurs modernisations depuis. Dernièrement, grâce à l'outil « VDMA 4.0 » créé par l'association des industries mécaniques allemande (VDMA), ces progrès sont analysés et d'autres sont proposés pour l'avenir.

Ainsi, cette usine a mis en place des innovations caractéristiques de l'industrie 4.0 : un poste de robotique collaborative sûr (validé par les assurances), la maintenance mobile via tablette (gain de temps et donc de productivité), une chaîne de production automatisée modulaire et extensible utilisant la technologie RFID (production flexible de 30 produits différents « à la commande »), une intégration informatique totale des commandes via l'ERP « SAP ME » (lancement automatique de la fabrication, suivi de production, optimisation des temps de cycle), la transparence des consommations énergétiques, un jumeau numérique de l'usine (tests et budgétarisation), gants connectés pour le service logistique, salles de réflexion pour stimuler la créativité.

Ainsi, cette usine a mis en place des innovations caractéristiques de l'industrie 4.0 : un poste de robotique collaborative sûr (validé par les assurances), la maintenance mobile via tablette (gain de temps et donc de productivité), une chaîne de production automatisée modulaire et extensible utilisant la technologie RFID (production flexible de 30 produits différents « à la commande »), une intégration informatique totale des commandes via l'ERP « SAP ME » (lancement automatique de la fabrication, suivi de production, optimisation des temps de cycle), la transparence des consommations énergétiques, un jumeau numérique de l'usine (tests et budgétarisation), gants connectés pour le service logistique, salles de réflexion pour stimuler la créativité.

Enfin, cette usine joue également un rôle d'"usine-école" : formation du personnel aux nouvelles compétences de l'industrie 4.0, définition des futurs métiers (et compétences associées), création d'expériences d'apprentissage. Ce rôle de formation est particulièrement important à cause de la pénurie de compétences nécessaires à l'industrie 4.0.

Liens :

<https://www.festo.com/group/en/cms/10967.htm>

I. Automatismes avancés

Apparus dans les années 1970, les automates se sont répandus progressivement dans l'industrie, grâce aux gains de productivité et de sécurité qu'ils apportent. Initialement voués aux opérations logiques, ils ont intégré de plus en plus de fonctions informatiques : programmation, comptage, temporisation, opérations arithmétiques, adressage des variables, manipulation des données, communication (avec d'autres automates, PC, ou périphériques), serveurs embarqués ... Ces dernières années, les évolutions informatiques, les progrès des télécommunications et les besoins de l'industrie du futur ont fortement influé sur les automatismes et intégrés de nouvelles fonctionnalités.

L'année dernière, lors de la commission « Systèmes technologiques de l'Industrie du futur » du colloque de Nîmes, les automatismes n'avaient guère été évoqués que sous l'angle des nouveaux protocoles de communication. Cette année, de nombreuses présentations leur étaient consacrées : nouveaux matériels, nouvelles fonctionnalités, nouvelles architectures, sans oublier les séquences pédagogiques présentées par les collègues.

IO-Link : standard de communication industrielle

Thierry LECOEUR, société IFM – collectif IO-Link France
Philippe CHATEL, société Lenze – collectif IO-Link France

Aujourd'hui, 80 % des systèmes d'automatisme industriel sont des systèmes distribués, concentrés autour d'un réseau industriel. Or, les composants matériels de ces systèmes sont pour 75 % des modules d'Entrées/Sorties (avec équipements associés : capteurs, connecteurs, câbles...). Les Entrées/Sorties représentent également 48 % des interventions. La réduction des coûts et l'amélioration de la productivité sont donc largement déterminées par le choix des systèmes E/S. Ainsi, ces systèmes évoluent : généralisation des capteurs/actionneurs intelligents (processeurs, données supplémentaires), standardisation de la connectique, centralisation des données entrées/sorties (supervision), et le développement des réseaux sur toutes les couches CIM y compris au niveau capteurs/actionneurs.

Dans ce contexte, IO-Link est une interface communicante multiconstructeurs récente pour capteurs/actionneurs, qui permet d'échanger des données de mesures, mais aussi de services (paramètres de configuration, diagnostic, identification...).

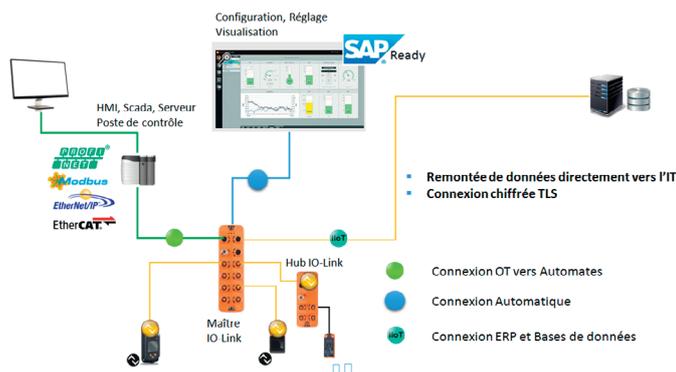
Toolbox Industry 4.0		Industrie 4.0				
Production						
Data processing in the production	No processing of data	Storage of data for documentation	Analyzing data for process monitoring	Evaluation for process planning / control	Automatic process planning / control	
Machine-to-machine Communication (M2M)	No communication	Field bus interfaces	Industrial ethernet interfaces	Machines have access to Internet	Web services (SaaS software)	
Company-wide networking with the production	No networking of production with other business units	Information exchange via mail / telecommunication	Uniform data formats and rules for data exchange	Uniform Data formats and inter-divisionally linked data servers	Inter-divisional, fully networked IT solutions	
ICT infrastructure in production	Information exchange via mail / telecommunication	Central data servers in production	Internet-based portals with data sharing	Automated information exchange in e-order tracking	Suppliers / customers are fully integrated into the process design	
Man-machine interfaces	No information exchange between user and machine	Use of local user interfaces	Centralized / decentralized production monitoring / control	Use of mobile user interfaces	Augmented and assisted reality	
Efficiency with small batches	Rigid production systems and a small proportion of identical parts	Use of flexible production systems and identical parts	Flexible production systems and modular designs for the products	Component-driven, flexible production of multiple products within the company	Component-driven, modular production in value adding networks	

Toolbox Industry 4.0 (outil d'analyse et d'incitation à l'industrie 4.0), créé par le VDMA.

Source : <https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/0/Guideline%20Industrie%204.0.pdf/70abd403-cb04-418a-b20f-76d6d3490c05>

Ces informations sont stockées dans des adresses précises, accessibles via IO-Link. Chaque constructeur organise la mémoire et crée des variables dans ces zones, cette information étant décrite dans le fichier IODD fourni par le fabricant et tous recensés sur le site IODDfinder.

La communication est du type « Maître-esclave » : un esclave est un capteur ou actionneur (analogique ou tout-ou-rien) et communique avec le maître des données sous forme numérique, via un simple câble 3 (ou 5) fils, de longueur maximum de 20 mètres. Un maître IO-Link peut être un module E/S (déporté ou non) ou, plus fréquemment, une passerelle entre un réseau IO-Link et un réseau de terrain (Modbus, Profinet, Ethernet/IP, Profibus, EtherCAT, Powerlink...) ou le réseau IT. Le maître peut être de 2 types : classe A (non alimenté) ou classe B (alimenté en 24V). La communication entre le maître et un esclave se fait en mode « point-à-point » (le maître possédant généralement plusieurs connecteurs). L'esclave peut fonctionner en mode SIO (Standard Input Output), qui consiste à commuter entre deux tensions comme un capteur classique ; ou en communication série (COM1, COM2 ou COM3 suivant le débit) : c'est ce type de communication qui donne accès à toutes les fonctionnalités spécifiques IO-Link. Au niveau applicatif, IO-Link réalise deux formes de transmissions : cyclique pour la transmission des données de process ; acyclique pour la configuration, le diagnostic ou certains événements.



Les 3 niveaux d'intégration d'IO-Link
Source : collectif IO-Link France

Tout en gardant la possibilité d'une interface E/S classique, IO-Link apporte donc un certain nombre d'avantages et de fonctionnalités spécifiques : un câblage et une connectique standard (M12 ou M8), le paramétrage des capteurs à distance, des capteurs « augmentés » qui apportent plus d'informations (diagnostic, maintenance prédictive, gestion du cycle de vie des équipements). Des économies de câblage sont également réalisées, grâce à des switches ou des hubs, ces derniers permettant le raccordement de capteurs standards sur un maître IO-Link. Mais surtout, IO-Link fournit des données E/S numérisées et augmentées à tout niveau de la pyramide CIM, grâce notamment à une communication IoT, permettant une vue d'ensemble du processus (supervision centralisée et/ou à distance), jusqu'à l'intégration « sensor-to-cloud ».

Pour finir, IO-Link est une norme internationale IEC 61131-9 depuis 2013. Plus de 200 constructeurs dans le monde fournissent des équipements IO-Link. En France, le « collectif IO-Link France », qui regroupe 16 sociétés leaders sur le marché, promeut la technologie IO-Link vers l'ensemble des industries françaises.

Liens :

www.io-link.fr
<https://ioddfinder.io-link.com/>

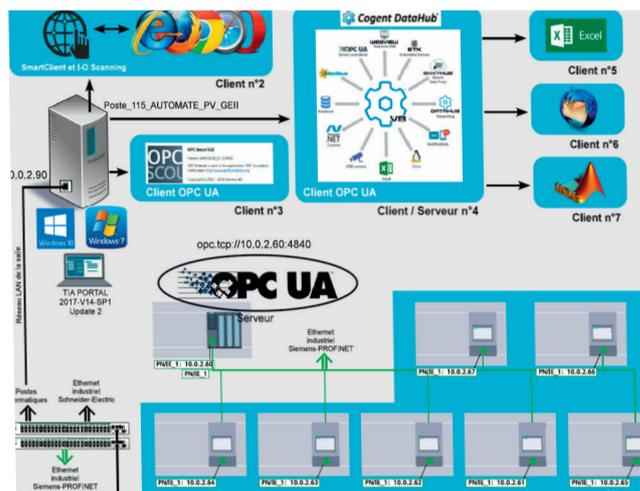
Objets connectés : des exemples de réalisations

Pascal Vrignat, IUT de l'Indre

Ce retour d'expérience pédagogique traite de quatre projets pédagogiques, tournés vers les objets connectés dans un cadre industriel, menés par Pascal Vrignat à l'IUT de l'Indre, mais aussi à l'école d'ingénieurs HEI (tous deux situés à Châteauroux) et à l'INSA Centre-Val de Loire (Licence Professionnelle et 4^e année)

1. Briques technologiques pour l'industrie du futur (IUT de l'Indre)

Un process est géré via un mode de marche et d'arrêt par un automate (S7-1512 de Siemens). Ce procédé comporte plusieurs recettes, et son contrôle-commande peut être effectué par un opérateur « local » via plusieurs pupitres HMI liés à cet automate par un réseau Ethernet industriel (Profinet). Les échanges sont gérés par la norme OPC UA : l'automate possède un serveur intégré, paramétrable via le logiciel TIA Portal. Plusieurs clients OPC UA distants accèdent ainsi aux données de l'automate : les logiciels OPC Scout (Siemens) et UAExpert sont installés sur un PC bureautique qui communique avec l'automate via le VLAN du département GEII de l'IUT. Par ailleurs, il y a aussi le Cogent Datahub, qui est un client OPC UA de l'automate, mais joue également un rôle de serveur OPC UA pour plusieurs autres applications clientes : Excel, qui permet de présenter des données sous forme de tableaux, de courbes, d'histogrammes ; Matlab, pour l'historisation de certaines variables horodatées et l'état de la liaison ; Cogent Datahub permet aussi l'envoi de méls ou de SMS préenregistrés, déclenchés par des événements particuliers du process (paramétrage du pare-feu de l'IUT). On obtient ainsi un outil de surveillance multi-écrans et multi-applications.



Auteur : Pascal Vrignat

Le développement de ces accès de données à distance est particulièrement intéressant pour les méthodes de production KAIZEN, LEAD et ANDON, et permet donc de contrôler et monitorer un processus industriel par des solutions IoT. Au sein de la Licence Professionnelle SAR de l'IUT de l'Indre, un projet tuteuré basé sur ces techniques et encadré par Pascal Vrignat a obtenu en juin 2019 la 1^{re} place ex aequo du concours national du club EEA "Mon projet en 5 minutes".

Bibliographie :

P. Vrignat, M. Avila, B. Roblès, J.F. Millet, F. Duculty, S. Begot, C. Bardet, D. Delouche, T. Aggab, J. Thuillier, F. Kratz, "Des exemples de briques technologiques dans le cadre d'une application pour l'industrie du futur", Revue 3EI, Société de l'électricité, de l'électronique et des technologies de l'information et de la communication, Vol. 92, pp. 48-64, 2018.

2. Challenge : l'industrie du futur, c'est maintenant (mini-projet, école HEI, 5^e année)

Il s'agit d'un apprentissage par projet sous forme de compétition entre 7 équipes de 5 étudiants. L'objectif imposé est de mettre en place un système de contrôle et de supervision pour un processus de plasturgie (fabrication de jetons en polymère) comportant notamment une caméra IP et contrôlé par un automate S7-313 (Siemens). Le matériel et le câblage sont imposés : chaque équipe dispose d'un ILC 151 GSM/GPRS de Phoenix Contact (partenaire du projet) qui est câblé aux entrées/sorties du processus. Cet automate dispose d'un serveur web intégré, d'un port Ethernet et d'une carte SIM. Cela permet aux étudiants de programmer des envois de SMS et méls de reporting, ainsi que des pages web de monitoring (en filaire ou GPRS), à développer sous Java. Les étudiants programment plusieurs interfaces de supervision : un navigateur, mais aussi un fichier Excel. L'aspect « gestion de projet » est également mis en avant : le Gantt est imposé, avec des livrables intermédiaires, une validation finale avant livraison client, et une soutenance en anglais en 180 secondes. Un debriefing final et une remise des prix concluent ce projet. Cette séquence pédagogique a obtenu le prix PEPS "Passion Enseignement et Pédagogie dans le Supérieur" 2019.

Bibliographie :

P. Vrignat, D. Delouche, M. Avila, S. Begot, C. Bardet, F. Duculty, F. Kratz, "Objets Connectés - Mise en œuvre d'un challenge intitulé "Industrie du futur, c'est maintenant !" dans le cadre d'un enseignement pour des élèves ingénieurs", J3EA, Journal sur l'enseignement des sciences et technologies de l'information et des systèmes, EDP Sciences, DOI10.1051/j3ea/20190002, pp. 01-18, 2019.

3. Supervision par smartphone d'un processus d'irrigation (IUT de l'Indre et INSA Val-de-Loire)

Ce projet associe des étudiants de l'IUT de l'Indre (Licence Professionnelle Supervision des Automatismes et des Réseaux) et des élèves ingénieurs de l'INSA Val-de-Loire. Le point de départ est le souhait d'un agriculteur : arroser son champ sans avoir à surveiller en le processus en permanence. Les étudiants ont travaillé sur une maquette à l'échelle : ils ont d'abord automatisé le processus avec des capteurs de défauts et un automate, puis créé une supervision « classique » sur pupitre tactile. Mais surtout, ils ont conçu un système d'alerte par SMS, afin que l'agriculteur puisse être averti chez lui des problèmes du système d'arrosage qui nécessitent son intervention physique sur place.

Ce projet a été présenté au Challenge International Xplore New Automation 2018 - Bad Pyrmont (Allemagne) sous forme d'une vidéo en anglais. Sur 96 candidats, il a été retenu parmi les 24 finalistes.

4. Convention avec le réseau EduNet

EduNet est un réseau universitaire initié par Phoenix Contact : l'entreprise offre du matériel aux enseignants partenaires ; en échange, ceux-ci déposent sur la plateforme EduNet les séquences pédagogiques qu'ils ont conçues avec ce matériel.

En 2017, l'IUT de l'Indre est devenu le premier partenaire français du réseau EduNet. Cela lui a permis de bénéficier de matériels récents pour sa licence professionnelle « Supervision des Automatismes et des Réseaux » : 6 automates avec le logiciel de programmation PCWorx et un switch.

En 2019, L'IUT a également reçu 7 automates AXC F 2152 basés sur la nouvelle technologie « PLCNext ». Cette nouvelle génération d'automates peut être programmée par les langages normalisés IEC 61131-3, mais aussi en C/C++ ou via Matlab. De plus, ces automates proposent de nombreux services comme un serveur OPC UA, un accès web, une passerelle ProfiCloud... Les étudiants de Licence Professionnelle SAR ont pu travailler sur ce matériel dans le cadre d'un projet tuteuré. Ils ont conçu des maquettes de TP intégrant différents services OPC UA. Cette séquence pédagogique a été mise à disposition de la communauté EduNet.

5. Synthèse

Pascal Vrignat a présenté plusieurs exemples d'objets industriels connectés, dans un cadre pédagogique. On a ainsi vu qu'aujourd'hui, grâce à la norme OPC UA et également grâce à certains matériels spécifiques, un processus industriel peut être supervisé à (grande) distance en utilisant les grands réseaux de communication (internet, téléphonie mobile, ...) et des technologies « grand public » : site web, fichier Excel, envoi de mails ou de SMS.

Les nouvelles fonctionnalités de l'automatisme**Laurent Maillot et Nelly Mikula, société Schneider**

L'industrie du futur s'appuie sur l'évolution des techniques de production, et en particulier des automatismes. La société Schneider nous a présenté les dernières évolutions de ses produits dans les domaines suivants : robotique, connectivité, cybersécurité, sûreté de fonctionnement et réalité augmentée.

En robotique, le pilotage des robots est désormais intégré dans la programmation automate : solutions prêtes à l'emploi, modèles intelligents, bibliothèques et blocs fonctionnels dédiés. Cela permet de simplifier la programmation des robots, et également de simuler voire virtualiser leur comportement. La communication est basée sur les entrées/sorties. Exemple : le logiciel UniVAL PLC pour les robots de marque Stäubli.

Connectivité : Les automatismes intègrent de plus en plus de normes, formats et protocoles afin de faciliter leur connectivité avec le réseau IT, voire avec internet : FTP, SQL, OPC UA, SNMP (gestion de réseau), e-mail, JSON, MQTT... JSON est un format de données très léger, utilisé pour la communication asynchrone navigateur-serveur comme alternative à XML. MQTT est un protocole d'échange de données client/serveur, sous forme de message. Il est léger, ouvert, simple et facile à utiliser. Le client et le serveur communiquent par l'intermédiaire d'un « broker » (=courtier) MQTT. Ces deux technologies sont largement utilisées dans le contexte de l'internet des objets (IoT). Par ailleurs, la digitalisation des machines produit de plus en plus de données. Cette connectivité permet aux constructeurs de machine d'y accéder et donc de gérer leur parc à distance via le cloud, tant au niveau de leur cycle de vie, de leurs performances et de leur maintenance (par ex. la suite logicielle Schneider « EcoStruxure Machine Advisor »).

Cette ouverture demande d'être particulièrement attentif à la **cybersécurité**. La société Schneider prend en compte ce paramètre grâce à 4 actions : liens avec des constructeurs partenaires, spécialisé dans la cybersécurité ; le développement d'un centre de compétences pour l'information des clients ;

proposer les services d'experts en cybersécurité ; et surtout intégrer des objectifs de cybersécurité dès la conception des matériels, grâce au standard SDL . Par exemple, l'automate M580 a été pensé pour être cybersécurisé (norme IEC62443-4, certifications nationales et internationales).

La **sûreté de fonctionnement** est également intégrée dans la conception des appareils. On peut distinguer 3 niveaux de sécurité : sûreté machine, sûreté process, système tolérant aux pannes pour éviter la perte d'exploitation. Le matériel dédié comporte des matériels simples (relais) mais aussi les automates « safety » (niveau 1), la redondance de ces automates (niveau 2) et jusqu'au triplement des CPU et des entrées-sorties (niveau 3).

Enfin, la réalité augmentée appliquée à l'exploitation et à la maintenance apporte également de l'efficacité et du gain de temps : visualisation sur tablette en temps réel des process (via caméra), des variables et d'événements ; procédures d'intervention sous forme de tutoriels (logiciel Augmented Operator Advisor).

Présentation de dispositifs pédagogiques pour la formation aux automatismes avancés

Olivier Di Pillo, *IUT de Longwy*

François Devillard et Eric Ternissien, *IUT de Saint-Dié*

Olivier Di Pillo nous a d'abord présenté un projet dans le cadre du module de réseaux du semestre 3 et de supervision du semestre 4 à l'IUT de Longwy :

Une centrale de mesure relève la consommation d'un équipement électromécanique (moteur à courant continu) à l'aide d'un alternateur. Elle communique ses données à un automate M340 de Schneider par un réseau Modbus RTU. Lui-même est en liaison avec une HMI par un réseau Modbus/TCP. Les étudiants étudient le matériel et les schémas électriques en TD. En Travaux Pratiques, ils configurent les interfaces réseaux de l'automate, programment les échanges, construisent une interface de supervision et l'implante dans la HMI, mettent en service et effectuent la mise au point. Cette séquence pédagogique sensibilise les étudiants à la mesure et à la maîtrise de la consommation énergétique, tout en leur enseignant les compétences liées aux échanges de donnée via plusieurs réseaux (bus de terrain + Ethernet industriel).

François Devillard et Eric Ternissien nous ont présenté la stratégie pédagogique et la plate-forme pédagogique utilisées dans le cadre des TP et projets liés aux automatismes et à l'industrie 4.0 à l'IUT de Saint-Dié. L'objectif étant d'attirer les primo-bacheliers et d'adapter l'enseignement aux exigences de l'industrie du futur. Après une étude exhaustive, l'équipe pédagogique a créé un nouveau parcours « Systèmes intelligent – Industrie 4.0 », en faisant évoluer le contenu de modules existant et en créant de nouveaux modules complémentaires au sein du DUT GEII, mais aussi de la licence professionnelle SARII (Systèmes Automatisés, Réseaux et Informatique Industrielle). Les compétences attendues ont été soigneusement définies, et 200 m² de plateforme pédagogiques sont consacrées à l'enseignement de l'automatisme et des réseaux industriels, mais aussi de la robotique, de la commande d'axe, de la vision industrielle et de l'internet des objets (IoT). Ces maquettes pédagogiques, pour la plupart de fabrication « maison », comprennent notamment une plateforme de certification Siemens, ainsi que les équipements suivants : différents types de réseaux, RFID, mesure et analyse de consommation énergétique, serveur OPC UA, robot 5 axes, partie opérative virtuelle, caméra, services client-serveur IoT,... Ces maquettes mettent en œuvre des équipements permettant de traiter la chaîne complète, de l'actionneur jusqu'au stockage des

données, et placent l'automatisme au cœur de la mutation vers l'industrie 4.0. Cette plateforme sera prochainement complétée par un poste cobotique, des logiciels de simulation numérique (jumeaux numériques), une station météo connectée via MindSphere.

Ces deux présentations donnent des exemples de maquettes de TP permettant aux étudiants de DUT GEII d'acquérir les compétences nécessaires à l'industrie 4.0.

II. Jumeaux numériques

Aujourd'hui, les exigences du marché industriel évoluent de façon importante. L'attente du client est de plus en plus orientée vers un produit personnalisé. Il est nécessaire de réduire les temps de mise sur le marché des produits, de fabriquer avec plus de flexibilité des produits de qualité à des coûts faibles en respectant l'environnement. Le monde industriel, les pratiques de conception, de fabrication et d'exploitation sont bouleversées. Le monde de l'automatisation industrielle est en pleine mutation.

Un des outils permettant de répondre à ces exigences est le Jumeau Numérique. Le Jumeau Numérique est au cœur des nouveaux processus de développement et d'exploitation des automatismes.

L'année dernière, lors du colloque de Nîmes, nous avons déjà parlé de l'Usine du Futur (Usine 4.0) et de Jumeaux Numériques. Il nous semblait important de compléter cette première présentation par des exemples industriels concrets et par un exemple d'expérience pédagogique.

Trois interventions nous ont permis d'approcher un peu plus cette réalité des Jumeaux Numériques.

Nicolas COTTEREAU – MAPLESOFT

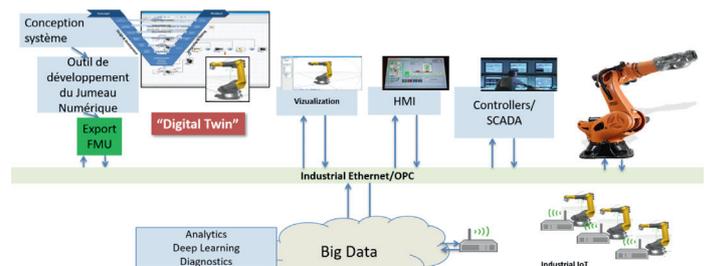
Anne STEINBERG – SIEMENS, Claude BOUCHARD – ACE

Chaker LARABI – IUT de Poitiers, Maître de conférences en GEII

Jumeau numérique et mise en service virtuelle

Nicolas Cottureau, *société Maplesoft*

La première intervention nous a présenté la conception et l'utilisation d'un Jumeau Numérique avant la phase de conception d'une machine ou d'une chaîne de production. La réalisation d'un tel Jumeau Numérique repose sur l'utilisation de modèles (model-driven). Elle permet de répondre à certaines questions importantes : Quel est le meilleur mécanisme pour ce mouvement ? Jusqu'à quelle vitesse peut avancer la machine ? Est-ce que le contrôleur gère les pannes correctement ? Comment peut-on tester le code de contrôle avant de l'exécuter sur la machine réelle ? Quel doit être le gain de mon contrôleur ?



Le Jumeau numérique dans l'écosystème Industrie 4.0 - Source : Maplesoft



Le jumeau numérique au niveau de la machine - Source : Maplesoft

L'intérêt de cette approche est de disposer d'un Jumeau Numérique, donc d'un modèle numérique avant de disposer du système physique.

a. Avec ce Jumeau Numérique, il est possible :

- **De valider des concepts avant le prototypage** : itérations de simulations rapides sur de nouvelles conceptions, comparaison rapide de conceptions concurrentes/alternatives, calcul précis des couples, forces appliquées aux éléments du système en particulier sur les liaisons moteurs/actionneurs, préparations du cadre des tests logiciels de la machine.

- **De développer des programmes machines et de tester du code avant le prototypage** : tests des logiciels et lois d'asservissements avant de les raccorder à la machine physique ; détermination des gains PID des contrôleurs pour les moteurs et les actionneurs ; examen en toute sécurité des scénarios de simulation en injectant des fautes ; test du code en boucle fermée capteur/régulateur, réalisation de débogage visuel (pas seulement avec des courbes et valeurs).

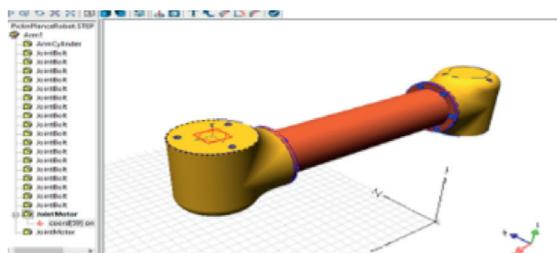
Un exemple d'export vers monde des API est disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=ubVakp545nY&t=3s>

- De valider des fonctionnalités avancées : maintenances et diagnostics prédictifs (comparaison des couples/forces par rapport au modèle) ; tests de machines flexibles (rétroaction directe sur les performances maximales dans de nouvelles conditions de chargement/mouvement en utilisant le modèle) ; visualisation des effets des modifications de paramètres avant de les valider physiquement.

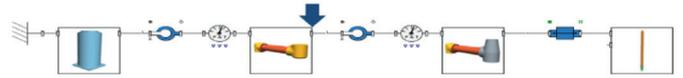
b. Un exemple développé avec le Digital Twin Maplesim : Conception d'une machine de moulage par injection.

L'utilisation du Digital Twin MapleSim et du logiciel B&R Automation Studio a permis de modéliser les dynamiques de la machine et tester les stratégies de lois de contrôle pour garantir le bon dimensionnement des moteurs et des contrôleurs robustes. L'économie sur les coûts a été faite sur le temps passé pour la phase de mise en service physique, la prévention du surdimensionnement des moteurs et l'opération d'essais sous contrainte à l'aide de la mise en service virtuelle.

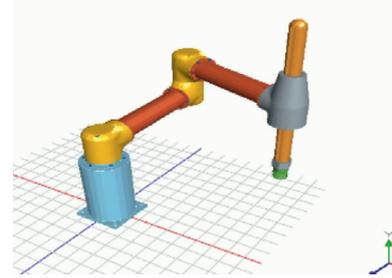
La réalisation du jumeau numérique se fait depuis la CAO par l'import des Liaisons, des Actionneurs / Moteurs, des Librairies physiques, du ou des contrôleurs. Les entrées sont les paramètres, les profils de mouvement et la charge. Les sorties proviennent des capteurs et des sondes.



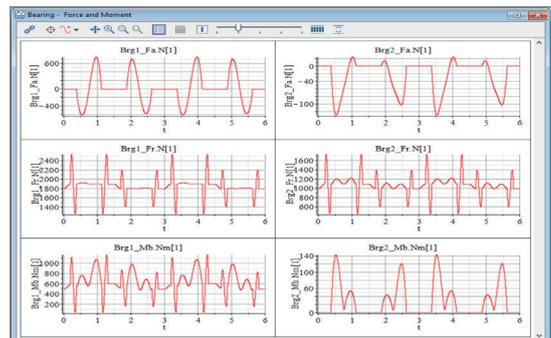
Import CAO - Source : Maplesoft



Ajout des jonctions, actionneurs, contraintes... Source : Maplesoft



Visualisation de l'animation 3D de la dynamique du système
Source : Maplesoft



Visualisation des résultats de mesures - Source : Maplesoft

La simulation a permis l'ajustement des paramètres, la visualisation des dynamiques et l'exploration des résultats détaillés de la simulation.

Vient ensuite une phase d'analyses et d'optimisations

Utilisation des jumeaux numériques dans l'industrie

Anne Steinberg, société Siemens

Claude Bouchard, société ACE

Pour répondre aux exigences du marché, il faut une chaîne de création de valeurs digitalisées. Celle-ci doit intégrer l'ensemble des éléments : la Conception, l'Ingénierie, la Production et le Service.

a. La conception digitalisée donne naissance à la création d'un **Jumeau Numérique du produit** qui permet de le tester et de l'améliorer. Cette simulation du produit est pluri-physique incluant la mécanique, le thermique, l'électronique et le logiciel. Il n'y a donc plus de phase de prototypage physique. Le temps de développement est ainsi réduit et la qualité du produit fini est améliorée en prenant en compte rapidement les retours clients.

b. À partir du Jumeau Numérique du produit, un **Jumeau Numérique de production** est créé pour prévoir la fabrication. Il permet de planifier l'organisation de la production en simulant les actions des opérateurs, des robots et des machines avant tout démarrage de production. Les données créées génèrent les programmes des API qui sont utilisés pour une mise en route virtuelle.

Au cours de la production, le jumeau numérique acquiert des données réelles et permet de simuler des solutions d'optimisation de la production, l'efficacité de la maintenance, la disponibilité des équipements et la fiabilité des processus.

c. **Le Jumeau Numérique de performance** travaille à partir des données générées par le système de production. Il les

analyse et peut ainsi fournir des renseignements exploitables qui permettront d'améliorer les modèles virtuels sur la base des informations obtenues. Il permet également une analyse précise des données opérationnelles et l'amélioration du processus de fabrication et de l'entreprise dans sa globalité.



Le Jumeau Numérique devient l'outil clé de l'amélioration continue.
Source : Siemens

Jumeaux numériques : expérience naissante à l'IUT de Poitiers

Chaker Larabi, IUT de Poitiers

La troisième intervention a présenté une expérience pédagogique réalisée en Projet dans le cadre d'un PAI (Programme d'Appui à l'Investissement) de l'Université de Poitiers en 2017/2018. Le budget est de l'ordre de 30k Euros. Il a permis l'achat de 2 kits de Réalité Virtuelle (PC gamer, HTC Vive, Licence SMV Fardeuse)



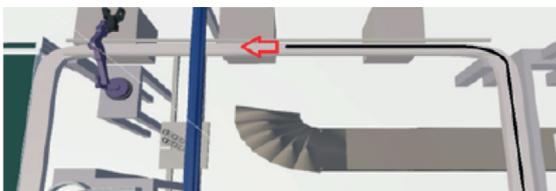
Exemple de configuration du logiciel SMV Fardeuse avec un automate Schneider Electric - Source : dec-industrie.com

Quel est l'intérêt ?

Sans cet investissement en Réalité Virtuelle, il était nécessaire de dupliquer une salle d'automatisme, de déporter des travaux pratiques, de proposer la formation en dehors des locaux ou une Autoformation. L'achat de la RV et son utilisation ont permis d'augmenter l'intérêt des étudiants pour cette matière et la possibilité d'immersion dans la scène avec vérification du fonctionnement.

Fabrication et utilisation du Jumeau Numérique.

Une chaîne physique de conditionnement de comprimés conçue et réalisée dans le département est à disposition. Elle sert pour la formation en automatisme. Elle est composée de 3 tapis, d'un distributeur de comprimés d'un système de vissage de bouchons et de conditionnement, d'un bras robotisé. Elle comprend différents éléments à contrôler et elle est compatible avec différents protocoles. L'objectif était de créer un Jumeau Numérique de cette chaîne en projet.

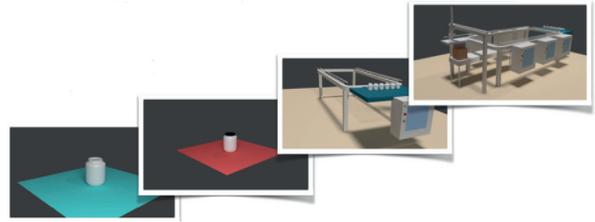


Source : GEII Poitiers

Étapes de conception :

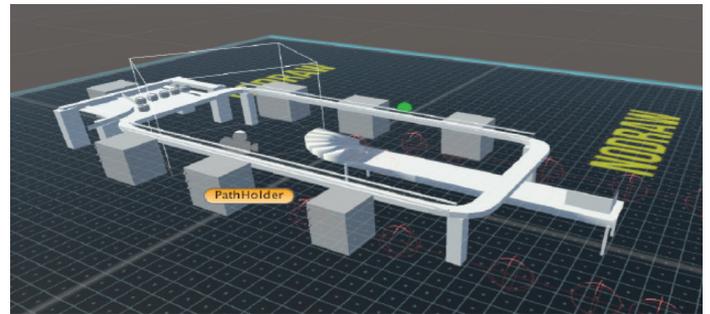
a. Utilisation de Blender pour la modélisation

Réalisation de tous les éléments de la chaîne en utilisant Blender : choix de la forme, de la couleur, de la texture et du matériau.



Source : GEII Poitiers

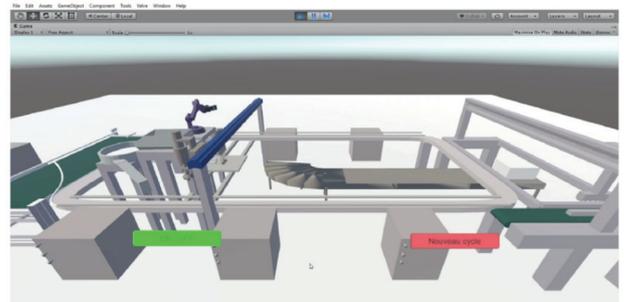
b. Utilisation de Unity pour l'animation, la définition des mouvements et de Unity/SteamVR pour la coordination



Source : GEII Poitiers

c. Le résultat

Une visualisation de l'animation du système virtuel.



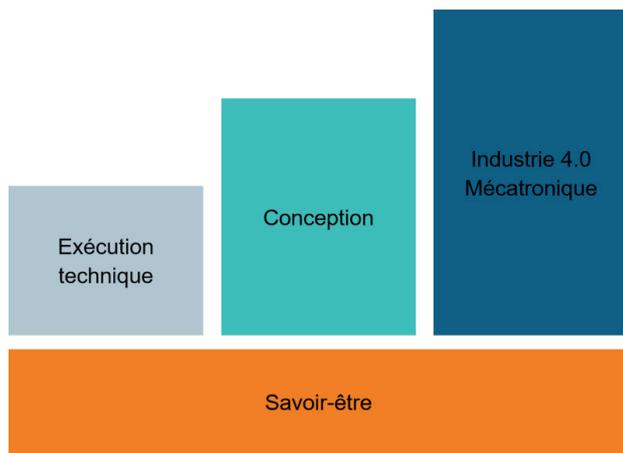
Source : GEII Poitiers

d. Conclusion

- Au niveau du Jumeau Numérique il y a à la fois la conception et l'utilisation.
- C'est un projet stimulant pour les étudiants : utilisation de différents langages/logiciels et acquisition de compétences en informatique et en automatisme.
- A ce stade le projet est incomplet. Il est nécessaire d'ajouter du réalisme à la chaîne et son environnement, d'ajouter les scripts permettant d'échanger avec les automates (en simulation ou en réel), de déployer la solution pour l'apprentissage de Unity-pro par exemple.

III. Conclusion : compétences

En vue de la rédaction du prochain PPN, nous avons demandé aux intervenants de définir les compétences attendues dans l'industrie pour des étudiants de DUT GEII.



Source : GEII Poitiers

Elles sont divisées en quatre blocs :

- Exécution technique : monter/câbler, maintenir un système, mettre en service un équipement.
- Conception : concevoir un système complexe, réaliser une étude fonctionnelle, intégrer de nouvelles fonctions.
- Industrie 4.0, Mécatronique : maîtriser la convergence IT/OT (réseaux), mettre en œuvre des solutions de cybersécurité, concevoir et simuler les systèmes, exploiter les données.
- Et des compétences socles de savoir-être : curiosité, polyvalence, adaptabilité...

L'industrie du futur, en particulier, demande des compétences nouvelles. Les systèmes de production engendrent davantage

de données. En outre, ces données, exploitées à distance, circulent sur le réseau d'entreprise et sur internet, sont stockées sur le Cloud... Les systèmes automatisés ont donc modifié leurs communications et augmenté leur connectivité : architecture multi-réseaux, nouveaux protocoles de communication orientés web (MQTT, IO-Link...), serveurs embarqués (web, OPC UA,...), accès au réseau de téléphonie mobile par carte SIM (envoi de SMS préenregistrés), centralisation des données et leur exploitation multi-écrans et multi-logiciels grâce aux hubs de données (Data Hubs) basés sur la norme OPC UA. Cette connectivité accrue entraîne en outre un besoin de technologie de cybersécurité. Par ailleurs, les API aujourd'hui contrôlent les robots industriels par motion control, et les équipements de plus en plus sûrs évitent la perte d'exploitation. La personnalisation de masse est permise par l'intégration informatique, depuis la commande jusqu'à la fabrication, et grâce à la technologie RFID. Enfin, l'usage de la virtualisation et des jumeaux numériques permet un gain de temps et d'argent dans la conception et le test des systèmes de production.

Tous ces nouveaux matériels et ces nouvelles fonctionnalités demandent des compétences particulières, en particulier en réseau et informatique, à intégrer dans le nouveau PPN. Le débat est lancé, afin de déterminer quelles compétences seront intégrées dans le tronc commun, lesquelles dans les modules complémentaires,... et, éventuellement, quels enseignements actuels seront réduits.

De nouvelles perspectives d'enseignements, de toute évidence de nouvelles pratiques pédagogiques, dont nous avons eu plusieurs exemples lors des présentations de retour pédagogique. Mais c'est à ce prix que nous formerons les professionnels de demain.

N'est-ce pas notre BUT ?

Commission 3

Internet des objets – IoT



Jean-Louis SALVAT (IUT de Nice)
Laurent LAVAL (IUT de Villetaneuse)

I. Introduction

L'Internet des Objets (IdO) ou Internet Of Thing (IoT) impacte de nombreux secteurs (Cf figure 1), en plus du domaine grand public. Il propose des solutions innovantes pour les professionnels, notamment dans la maintenance et la maîtrise de l'énergie (deux secteurs où les objets connectés sont en forte expansion). Grâce à l'ajout d'informations à faible coût (température, humidité, localisation, luminosité,...), à leur visualisation et à leur analyse sur le « cloud », des nouveaux usages apparaissent.

Depuis 2010, le marché des objets connectés est en forte croissance, avec une accélération depuis 2015. Dans le tertiaire ou dans l'industrie, les objets connectés arrivent en force :

en 868 MHz, Connit a développé pour Engie une solution permettant de mesurer les températures dans les bâtiments (Sigfox). On peut aussi parler du BOSCH Parking Lot Sensor qui permet de détecter la présence d'une voiture sur la place de parking (LoraWan) mais aussi les solutions en 169 MHz du protocole MBus Wireless utilisées dans les bâtiments pour transmettre les informations des compteurs d'énergie. Nous pourrions aussi parler de la « silver economy » (solutions technologiques pour le maintien à domicile par exemple), de la médecine connectée (utilisation des nanotechnologies pour de nouveaux comprimés connectés ABILIFY MYCITE 2018), ou encore des fameux « smart » (smart grids et smart cities) qui ont pour objectifs l'optimisation des réseaux d'énergie et la création de nouveaux services aux habitants des villes.

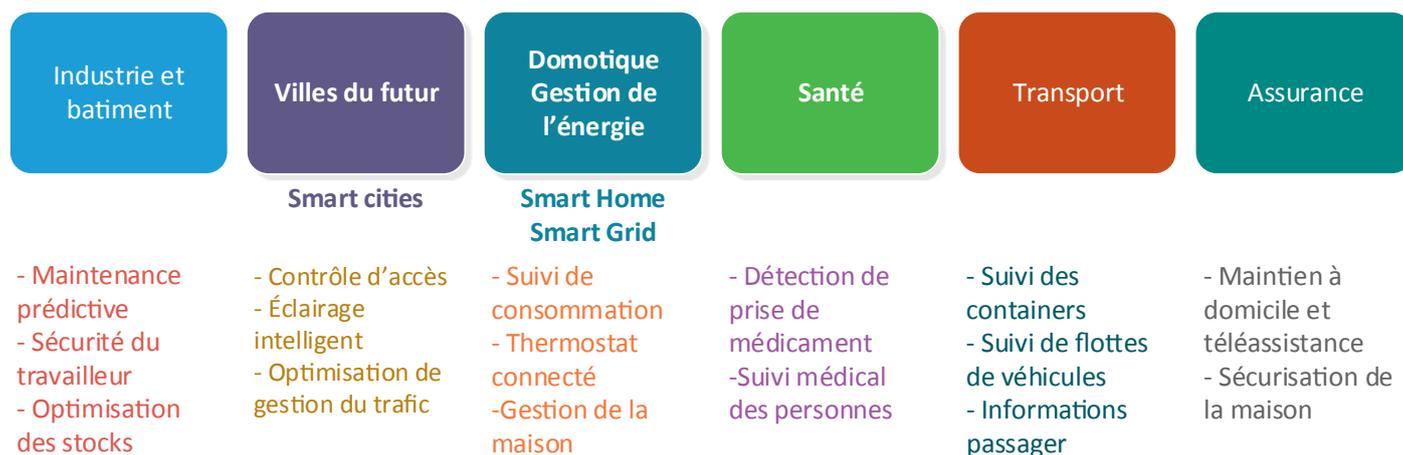


Figure 1 : les différents domaines de l'IOT
Auteur : Jean-Louis Salvat

Pour le Smart grids, tout le monde connaît le compteur Linky et les nombreuses polémiques associées (35 millions d'installations prévues en 2021). Citons aussi les nouveaux compteurs d'eau intelligents de Veolia développés par Gridz en technologie Lorawan. Quant au smart city et son objectif d'optimiser l'énergie consommée, citons la ville de Dijon et ses 43 000 lampadaires connectés Lumi'IN ou bien Prioribus, un système de signalisation connecté qui donne la priorité au bus (à Lyon) mais aussi les 64 capteurs connectés de surveillance du Golden Gate bridge à San Francisco.

Bref, qu'on le veuille ou non, les objets connectés (entre 30 et 80 milliards prévus en 2020 dans le monde) font partie de la révolution numérique déjà enclenchée depuis quelques années avec le « big data » et l'intelligence artificielle.

II. Les standards

Avant d'aller plus loin, il est important de présenter les standards de communication regroupés en catégorie ou usage :

- WPAN (Wireless Personal Networks) : les standards utilisés sont le RFID, Bluetooth, zigbee, Z-wave, Lora mais aussi tout réseau ISM 2.4GHz, 868 MHz ou 433 MHz (Smart Home) tels que le NRF24L01+, RFM69, simpleLink de Texas Instrument ou les circuits de la famille SI10xx de Silicon Labs. Ces standards ou protocoles propriétaires sont utilisés principalement dans les habitats (indoor) avec un accès au « cloud » au travers d'une passerelle. Petite exception à la règle : le bluetooth (et BLE) associé au smartphone (utilisé comme passerelle) permet une utilisation indoor et outdoor (montre connectée, lunettes connectées, capteur de pouls...). Ces capteurs sont en général sur pile et ont une consommation très faible (inférieure à 50mA en émission et quelques uA en veille).
- WLAN (Wireless Local Area Networks) ou Wifi : à la différence avec le WPAN, l'objet connecté a directement accès au « cloud » après configuration (nom du point d'accès et passphrase). Ces capteurs sont en général branchés sur secteur car le wifi est gourmand en énergie (autour de 250 mA en émission) et sont à l'intérieur des bâtiments (indoor). Ils couvrent beaucoup d'usages : smart TV, smart assistant, smart home, smart control,
- LPWAN (Low-power Wide Area Networks) regroupe les technologies les plus récentes Lorawan, Sigfox, NB-IOT ou LTE-M (LTE Machine). Ce secteur est en pleine expansion et utilise principalement la bande ISM 868 MHz pour LoraWan (Orange et Objenious filiale de Bouygues Telecom) et Sigfox

(associé à SFR) ou bien la bande 800 MHz (bande 4G) pour les nouveaux standards NB-IOT (SFR Business) et LTE-M (Orange). Pour faire fonctionner ces objets connectés, il est nécessaire de payer un abonnement sans carte SIM (pour LoraWan et Sigfox) ou avec carte SIM pour NB-IOT et LTE-M. Cette catégorie est très récente puisqu'elle date de 2015 et est en forte croissance. L'objet connecté est sur pile avec une utilisation indoor ou outdoor. La consommation Sigfox et Lorawan est à peu près identique à la consommation des radios WPAN alors que NB-IOT et LTE-M sont quatre fois plus énergivores.

- Cellulaire, catégorie englobant la 2G/3G/4G. Cette technologie est complémentaire au LPWAN puisqu'elle offre une plus grande bande passante mais demande une puissance plus grande (courant de pointe de 2A en émission). Le GSM et GRPS ont été à partir du milieu des années 2000, les principales solutions techniques disponibles pour le M2M et l'IoT. Par contre, le coût de ces objets connectés et la puissance consommée ne permettaient pas de répondre à tous les cas d'usage. L'arrivée des LPWAN a changé cela.
- Filaire : l'objet connecté est relié à un câble. On retrouve de nombreux standards tels que TCP/IP, KNX, Modbus, CANopen ou IO Link, utilisés dans l'industrie ou le bâtiment. Ces standards sont plus anciens et ne permettent pas de répondre à des nouveaux usages de capteurs très peu chers, sur pile et simple à utiliser et à installer (tels que les LPWAN ou les WPAN).

Plusieurs paramètres permettent de caractériser un standard de communication :

- La fréquence du standard (bande ISM ou bande 2G/3G/4G), sachant que plus la fréquence est faible et plus la distance de communication et la taille de l'antenne ($\propto \sqrt{\lambda}$) augmentent.
- La puissance d'émission, inférieure à 100 mW pour Enocean à plusieurs Watt (en pointe) pour la 2G/3G ou 4G. Bien évidemment, plus la puissance d'émission est importante, plus la distance de communication augmente ainsi que le courant consommé.
- La vitesse de communication ou débit en bps (bits par seconde) ou kbps (kilo bits par seconde) voire Mbps (Mega bits par seconde) : de 100 bps pour Sigfox à 150 Mbps pour le Wifi ou la 4G. Plus le débit est faible, plus la distance parcourue est grande avec un temps d'émission augmenté (ce qui augmente la consommation).
- La distance d'émission : cette dernière est reliée aux trois autres grandeurs. Facile à évaluer en champs libres (avec des distances de plus de 1000 km pour Sigfox et 700 km pour LoraWan pour des objets en altitude et des stations au sol),

¹ Lora peut être associé à une passerelle dans un réseau WPAN (ensemble de capteurs connectés dans une usine) ou bien au travers d'un opérateur et du protocole Lorawan devenir un objet connecté indoor ou outdoor. C'est l'un des avantages de Lora par rapport à ses concurrents.

cette distance l'est beaucoup moins en ville ou à l'intérieur d'un bâtiment. La figure 2 donne quelques ordres de grandeur de distances parcourues en milieu urbain ainsi qu'une estimation des courants de pointe consommés en émission pour les différents standards afin de comparer les différents standards entre eux.

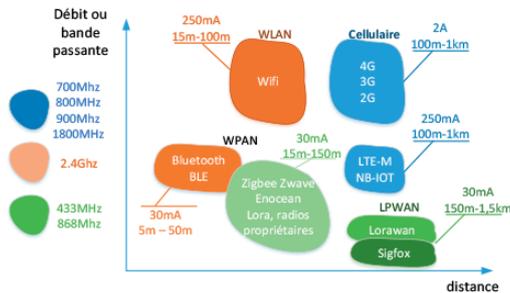


Figure 2 : comparaison des différents protocoles de communication
Auteur : Jean-Louis Salvat

Petits rappels : en France, c'est l'ANFR associée à l'ARCEP qui gère les bandes de fréquences en fonction des usages (militaire, aviation, téléphonie, satellite, radio FM, télévision TNT,...). Le tableau national de répartition des bandes de fréquences (TNRBF) est un document unique mis à jour régulièrement par l'ANFR dans lequel on trouve les règles d'utilisation des fréquences de 0 kHz à 3000 GHz. Dans tout le spectre de fréquences, certaines plages ont été volontairement laissées libres mais réglementées (Cf figure 3), c'est-à-dire sans demande d'autorisation auprès de l'ARCEP et surtout gratuites. On parle des bandes ISM (Industriel, Scientifique ou Médical), en 169 MHz, 433 MHz, 868 MHz et 2.4GHz : elles ont été utilisées ces dernières années pour l'IdO sur de nouvelles applications que le Cellulaire ou le Wifi ne pouvaient pas proposer : la très basse consommation voire l'ULP (Ultra Low Power). Nous ne parlerons pas ici des bandes basses fréquences dédiées au RFID qui est un marché à part dans l'IdO, ni des fréquences hautes 5 GHz et 24 GHz encore peu utilisées.

Chaque bande de fréquence possède ses avantages : pour la bande des 169,4 MHz (Mbus Wireless), la puissance d'émission (500 mW) associée à la fréquence va permettre la connexion d'objets connectés placés dans des caves (compteurs de gaz par exemple) quant aux bandes de fréquences 433 MHz et 2.4GHz, elles ont l'avantage d'être mondiale. La bande 868 MHz (915 MHz en Amérique) a été jusqu'en 2010 la moins utilisée et donc intéressante pour les nouveaux standards. Chaque bande de fréquences est limitée dans sa puissance d'émission (Cf figure 3) et dans son temps d'utilisation (1 % dans la bande de fréquence utilisée par Sigfox et Lorawan). La bande 863-870 MHz est limitée à 25 mW dans la majorité de la bande, avec quelques exceptions à 500 mW (865, 6-865, 8 MHz, 866,2-866, 4 MHz, 866, 8-867, 0 MHz et 867,4-867,6 MHz et 869,4-869,65 MHz).

Remarque : La puissance des émissions peut aussi être donnée en dBm ou milli décibel (0 dBm=1 mW, 10 dBm=10 mW, 13 dBm = 20 mW, 20 dBm = 100 mW).



Figure 3 : puissance d'émission généralement utilisée dans l'IdO (bande ISM)
Auteur : Jean-Louis Salvat

Actuellement, la bataille fait rage et chaque standard propose ou travaille sur des solutions basse consommation : la version 5 en 2017 du BLE (augmentation x4 de la portée), la nouvelle norme wifi 802.11 ah en 2016 (bande 868 MHz, 100 kbps) et pour le cellulaire les nouveaux standards NB-IOT et LTE-M (fin 2016) ainsi que le nouveau concept de e-sim (carte sim embarquée) sans oublier l'arrivée prochaine de la 5G et de son volet IdO prometteur. Les opérateurs ont l'avantage du réseau 4G, et sa très bonne couverture réseau, qui est capable avec une mise à jour logicielle des stations de bases de supporter les nouveaux standards Low power. En revanche, ils ont cinq ans de retard sur Sigfox et LoraWan et ont mis du temps à s'organiser.

III. Comparatif non exhaustif des technologies

Chaque technologie répond à un besoin spécifique :

- Pour Sigfox : ses caractéristiques très bas débit (100 bps) soit 140 messages montants (uplink) de 12 octets maximum par jour (soit un message toutes les 10 mn), le prix de vente de ses objets (modem WSSFM10R1 à 2 euros), le prix de l'abonnement (entre 1 et 9 euros par an) ainsi que le nombre de pays couverts (65) permettent de répondre à un marché mondial de niche. Quelques exemples : suivi de colis, suivi de coureurs (diagonale des Fous 2019), sécurité sacs Vuitton. Dans ces applications, la puce est en veille la plupart du temps et très peu de données doivent être envoyées.
- Pour LoraWan : concurrent de Sigfox (on parle de réseau 0G), avec une taille maximale de message de 143 octets et un débit variable (de 250 bps à 11 kbs) en fonction de la distance au relais est proposé par 2 opérateurs (Orange ou Bouygues) mais reste plus cher (Bom list et abonnement) que Sigfox (wireless MCU CMWX1ZZABZ-091 à 10 euros) et ne permet pas le roaming sur plusieurs pays à la différence de Sigfox. Par contre, il est possible dans certaines limites d'avoir une action sur l'objet (lien descendant ou Downlink) avec un temps de latence de l'ordre de la minute. Orange propose une place de marché Lorawan : <https://market.datavenue.orange-business.com/>. Lora est basé sur les circuits radio de Semtech, il est tout à fait possible de créer son propre réseau d'objets connectés sans passer par un opérateur, ce que ne permet pas Sigfox.
- Les solutions NB-IOT et LTE-M répondent à des besoins auxquels ne peuvent répondre Sigfox et LoraWan. Les débits proposés sont supérieurs (20 kbps pour NB-IOT et 200 kbps à 1 Mbps pour LTE-M avec la possibilité de faire passer de la voix) à ceux de LoraWan et sont bidirectionnels avec un temps de latence plus faible et une meilleure couverture du réseau. Par contre le prix des objets est important (modem SIM7000E à 30 euros) et plus complexe à mettre en œuvre avec nécessité d'intégrer une carte SIM dans l'objet et une consommation plus importante.

Le choix d'une technologie se fait sur plusieurs critères : le coût de la BOM list et éventuellement de l'abonnement, la simplicité d'utilisation de la technologie, la bande passante ou le débit, la fréquence de fonctionnement (qui va engendrer la taille de l'antenne), le type d'utilisation indoor ou outdoor, la consommation. Ce dernier critère est l'un des paramètres importants dans le choix d'une technologie. On peut résumer très approximativement cette caractéristique dans le tableau de la figure 4.

² En 2015, des fréquences dans la bande des 700 MHz, précédemment allouée à la TNT ont été vendues aux opérateurs téléphoniques et en 2018 la bande des 915 MHz-921 MHz précédemment allouée à l'usage militaire a été proposée pour notamment être utilisée pour dans l'IdO. Toutes ces modifications gouvernementales sont mises à jour dans le TNRBF.

Type d'énergie	Puissance d'émission	Standard de communication	Durée de la batterie
 Batterie Lipo 3V7	Courant d'émission >200mA	Wifi 2G 3G 4G	De 1 jour à 1 mois
 2 piles 1.5V AA 1 pile bouton 3V	Courant d'émission <60mA	BLE EnOcean Z-Wave Zigbee Sigfox Lora	De 6 mois à 10 ans

Figure 4 : choix de la batterie en fonction du standard de communication choisie.
Auteur : Jean-Louis Salvat

À cause de la taille de ses antennes, la bande 169 MHz est peu utilisée dans l'IdO grand public. Elle possède cependant un avantage important par rapport aux autres fréquences : sa capacité à émettre loin (ou à traverser le béton) grâce à sa fréquence plus faible et sa puissance d'émission plus grande. C'est une bande de fréquences principalement dédiée au comptage d'énergie (standard MBus W et Wize) avec des compteurs souvent placés en sous-sol.

Jusqu'en 2010, c'est la bande 433 MHz qui a été le plus utilisée par les systèmes d'alarme sans fils, mais aussi l'ouverture à distance des voitures, les baby phones et autres applications grand public. Cette bande a l'avantage d'être mondiale et reste très utilisée.

Depuis 2010, la bande de fréquence 868 MHz (915 MHz aux États Unis), qui était peu utilisée jusque-là, est devenue la nouvelle bande plébiscitée par les nouvelles normes de communication telles que Sigfox, Lora (433 MHz en Asie), EnOcean, Zigbee (qui est aussi utilisé en 2.4GHz) et Z-wave. Cette bande est maintenant fortement sollicitée.

Pour ces trois bandes de fréquences on parle de bande Sub GHz (en dessous du Giga Hertz).

En ce qui concerne le 2.4Ghz, cette bande de fréquences est aussi très utilisée puisqu'elle accueille le Wifi, le Bluetooth et BLE (Bluetooth Low Energy) ainsi que le Zigbee.

IV. Qu'est-ce qu'un objet connecté ?

Il existe plusieurs définitions associées aux objets connectés et plus généralement à l'IdO (Internet des Objets) que l'on peut résumer en une phrase : « un objet connecté doit être capable de transmettre ou de recevoir des données sur Internet ». Ces données transmises seront issues dans la plupart des cas de capteurs intégrés dans l'objet connecté. Même si le marché des objets connectés est majoritairement associé à des applications de transmission de données vers internet (du capteur vers le Cloud), il existe évidemment des objets connectés bidirectionnels capables d'interagir sur leur environnement à partir d'ordres venant du Cloud (volet roulant connecté, lampe connectée...).

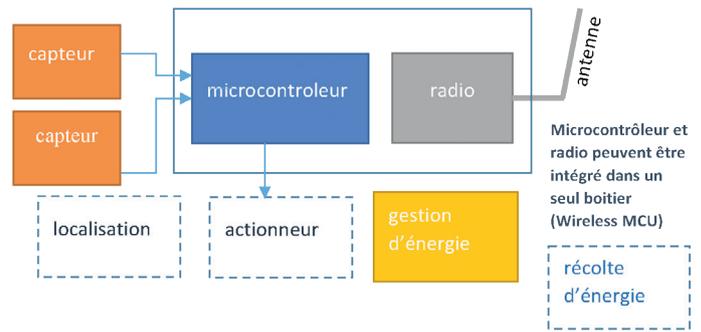


Figure 5: schéma de principe d'un objet connecté.
Auteur : Jean-Louis Salvat

Voyons ensemble les éléments essentiels qui constituent un objet connecté (Cf Figure 5) :

- les capteurs sont en général des capteurs MEMS (Microelectromechanical systems) qui, grâce à leur miniaturisation, permettent une consommation minimale (TMP75, SI7021, LIS3D, LIS3M, LSM6DS3, CCS811, VL53L,...)
- un microcontrôleur (MCU, Microcontroller Control Unit) en général 32 bits
- une radio (ou transceiver) qui effectue différentes opérations parmi lesquelles la modulation/démodulation, l'ajout d'un préambule et CRC (couche 1 et 2 OSI) et la gestion du protocole (Lora, Sigfox, Zigbee, ZWave, propriétaire). Le microcontrôleur communique avec la radio en général en SPI ou via son UART.
- un module de gestion d'énergie. L'objet connecté est généralement sur pile ou sur batterie mais peut aussi être sur secteur.

Dans la majorité des applications, l'électronique de l'objet connecté est constituée de ces 4 éléments (rectangles en ligne continue sur la Figure 5) mais si l'on veut être complet, il faut ajouter 3 autres briques électroniques (rectangle en ligne discontinue) qui sont :

- un circuit de localisation que l'on retrouve sous forme de puce électronique capable de renvoyer en général la position issue du signal GPS (américain) mais aussi d'autres constellations plus récentes comme Galileo (Européen), Beidou (Chinois) ou Glonass (Russe).
- un ou plusieurs actionneurs (actuators), mais la majorité des objets connectés sont des capteurs connectés avec un transfert de données de l'objet vers le cloud (Uplink)
- un circuit de récolte d'énergie. Ce dernier élément est donné ici à titre d'information puisque l'on ne trouve que très peu de solutions autonomes en énergie. Citons par exemple le bouton connecté ENOCEAN qui utilise l'énergie fournie lors de l'appui sur le bouton-poussoir pour transmettre l'information vers une passerelle. Il existe aussi des solutions à base de panneaux solaires ou de modules Peltier utilisant la différence de chaleur entre 2 milieux. Ce domaine (harvesting en anglais) est l'objet de nombreuses recherches.

Remarque : depuis quelques années, des modules tout-en-un, microcontrôleur et module radio aussi appelé wmcu (wireless microcontroller) sont apparus permettant de miniaturiser encore plus l'objet connecté.

V. La commission IOT

Il est difficile de résumer la commission IOT. Vous avez accès à tous les supports de présentation sur le site du colloque <https://colloquegeii.iut.fr/commission-iot/> ou sur <http://bit.ly/2otZMYd>. Nous allons ici résumer chaque présentation et conclure sur les enseignements de cette commission.

5.1 Introduction aux objets connectés (Jean-Louis Salvat IUT de Nice)

Depuis 2010, le développement des MEMS (miniaturisation des capteurs et donc diminution de la consommation), le développement de nouveaux standards basse consommation (Lora, Sigfox, BLE pour ne citer que les plus connus) et plus généralement les progrès continus en termes de consommation et de puissance de calcul ont permis l'émergence d'un nouveau marché : l'internet des objets. Nous avons aussi assisté à la montée progressive de l'open hardware et de l'open source et à l'arrivée de nouvelles plateformes (Arduino, mbed, raspberry) qui permettent actuellement de se lancer sur n'importe quelle technologie rapidement (utile pour les « proof of concept » dans le monde industriel ou pour nos étudiants). Ainsi envoyer des données capteurs sur un serveur peut prendre seulement quelques heures (utilisation d'un ESP32 vers TTN, IFTT ou EasyThings en Wifi, utilisation de mysensors et de domoticz pour afficher des données capteurs sur son smartphone, utiliser un modem Sigfox ou Lora avec Arduino ou mbed et visualiser ces données sur internet). Le nombre de solutions techniques proposées est en continue augmentation et des sites comme <https://projetsdiy.fr/>, <https://www.sparkfun.com/>, <https://www.hackster.io/> ou <https://www.adafruit.com/> pour n'en citer que quelques-uns, sont une véritable source à idées et d'auto-apprentissage.

5.2 Introduction à Lora et Lorawan (Markus Nike de Semtech)

Cette présentation a permis de montrer les caractéristiques techniques de Lora, et notamment le principe du SF (Spreading Factor) utilisé par Lora, mais aussi les concepts du LoRaWAN et de la gestion de l'ADR (Adaptative Data rate), les 3 classes d'usages Lora (A,B et C) et la gestion de la sécurité. Pour plus d'informations, il existe un ensemble de cours gratuits sur le site www.LoRaWANAcademy.com (Cf figure 6). Il est possible d'acheter des kits de développement Arduino ou mbed pour un coût compris entre 20 et 40 euros afin de tester cette technologie. Un très bon article résumant les caractéristiques de Lorawan est aussi disponible sur educsol <http://bit.ly/2Jxf3Pa>.

lora-developers.semtech.com/resources/lorawan-academy/courses/

Introduction

Getting Started

Module 1: Introduction to IoT and LPWAN

Welcome to module 1

Introduction to the Internet of Things

History of Wireless Communication

Figure 6 : cours disponibles sur Lora et Lorawan

5.3 Sigfox (Nicolas Lesconnec de Sigfox)

L'intervention de Sigfox s'est faite en 2 parties : la première phase, en amphithéâtre, a été la présentation de la technologie et des usages, et la deuxième, sous forme de workshop en salle TD avec l'Arduino MKRFOX (carte Arduino Sigfox) où les collègues ont pu tester la facilité d'utilisation de cette technologie. En résumé, Sigfox est en UNB Ultra Narrow Band (100 Hz de bande passante, 100 bps) alors que Lora a une bande passante de 125 kHz et utilise la technique d'étalement de spectre. Sigfox utilise 192 kHz de bande passante (868,0 à 868,2 MHz) et peut donc avoir théoriquement 1920 objets connectés émettant en même temps. L'envoi d'un message dure 6 secondes (envoi de 3 messages de 12 octets encodés sur 3 canaux différents). Pour plus d'informations : <https://www.sigfox.com/en/sigfox-iot-technology-overview>. Pour Lorawan, le temps d'émission est autour de 40ms en SF7 (5,5 kpbs) et de 800ms en SF12 (250 bps) pour 12 octets envoyés avec 8 canaux de transmission à 125 kHz disponibles (867 à 868 MHz).

5.4 Silicon Labs (Cycil Carsalade)

Silicon Labs est un acteur important de l'IdO au même titre que Texas Instrument, Nordic, Microchip, NXP ou Espressif. Silicon Labs propose un outil de développement gratuit (Simplicity Studio) ainsi que des kits de développement pour ses microcontrôleurs 8 bits EFM8 ou 32 bits EFM32. Il propose aussi un Wireless microcontrôleur l'EFR32 capable de communiquer en Zigbee, BLE ou HF propriétaire avec un niveau de sécurité avancé (crypto intégré). L'idée est de rendre l'objet connecté interopérable au vu du nombre de standards actuellement sur le marché. Silicon Labs propose un kit de développement à 33 euros, le SLTB004A intégrant un EFR32 et un ensemble de capteurs intégrés (accéléromètre, gyroscope, pression, qualité d'air, lumière, température et humidité) ainsi que des exemples de code utilisant notamment le BLE comme sur la figure 7.

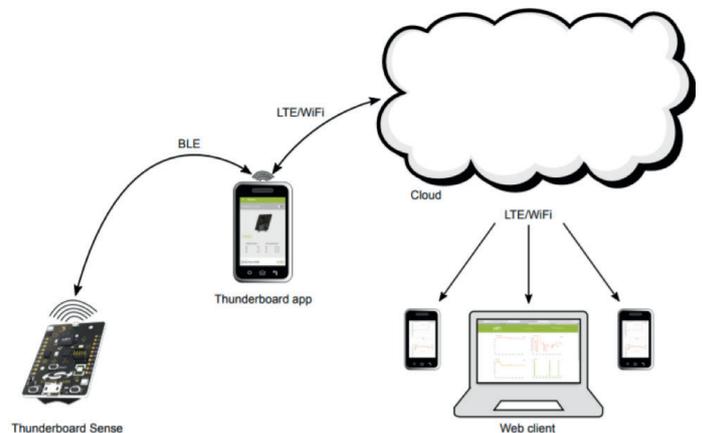


Figure 7 : exemple d'utilisation de la carte SLTB004A de Silicon Labs.

5.5 Des expériences pédagogiques autour de l'IdO

Après avoir balayé une partie des technologies de l'IdO, trois expériences pédagogiques ont été présentées lors de ce colloque :

- ESP32, Mongoose OS et Google Cloud Plateform (Olivier Lourme – IUT de Lille) : Google Cloud Platform au même titre que AWS IOT d'Amazon, Azure IOT de Microsoft ou Bluemix d'IBM, fournit un ensemble de technologies permettant de gérer un ensemble d'objets connectés. Ces plateformes ont l'avantage de fournir un grand nombre de services (base de données, affichage, traitement, services web,...) et un niveau de sécurité important.

Par contre l'utilisateur confie ses données à un GAFAM. Dans le cadre de projets de LP SARIL, Olivier Lourme a utilisé MONGOOSE OS qui intègre un interpréteur micro-javascript (25 ko flash 1 Ko RAM) téléchargé dans l'ESP32. La programmation se fait en javascript (mais aussi en C) et de nombreux exemples permettent de connecter son objet au cloud de Google ou d'Amazon par exemple. On pourra voir la vidéo de présentation d'un push-button connecté sur le cloud d'Amazon : <https://www.youtube.com/watch?v=nA3tGsSFngc>.

- LoraWan et TTN (Aliou Diallo IUT Nice) : Dans le cadre des ER4, Aliou Diallo propose l'utilisation d'un kit de développement B-L072Z-LRWAN1 (40 euros) utilisant le module CMWX1ZZABZ-091 de Murata (STM32 + SX1276) pour envoyer à une gateway Lorawan (Sentrus RG1xx) les informations capteurs vers le Cloud TTN (The Things Network). Les données du cloud sont ensuite récupérées en local au travers de Nodered puis affichées sur le PC de l'étudiant avec Grafana et influxdb. Lors de ce module de 30 heures, l'étude d'un design d'antenne PCB est aussi abordée avec possibilité pour les plus rapides de fabriquer leur objet connecté.
- Communication Wifi vers Thingspeak et communication NRF24L01+ vers base Bananapi (Jean-Louis Salvat IUT de Nice) : toujours en ER4 (avec les apprentis) une introduction aux IOT a été faite utilisant 2 technologies WLAN et WPAN. La première à base d'ESP8266 ou ESP32 permet de remonter des informations capteurs vers un serveur de données gratuit Thingspeak (durée 5h, programmation Arduino, API REST). La deuxième, plus longue à mettre en œuvre, consiste à faire une communication entre une carte promini et sa radio (nrf24L01+) vers une gateway linux (bananapi) et un nrf24L01+ (communication 2.4Ghz). L'étudiant va alors programmer la partie capteur sous Arduino puis, après une prise en main du banana pi et de la bibliothèque wiringPi, programmer la partie gateway et renvoyer ces informations vers Thingspeak. Un exemple de projet à base de raspberry et Lora : <https://www.linuxembedded.fr/2017/12/introduction-a-lora/>.

5.6 La domotique Open Source pour rendre plus accessible l'apprentissage des IoT (Christophe Malavolta projetdiy.fr)

Le dernier intervenant de cette commission est animateur du site projetdiy.fr, site qui propose un ensemble de tutoriels en IdO, domotique et impression 3D. Un grand nombre de sujets sont abordés : microcontrôleurs Arduino (ESP32 et AVR), mini-PC (Raspberry pi et Orange Pi), programmation en C et python, utilisation de Node-red, grafana mais aussi présentation des technologies MQTT, web socket ainsi que les framework domotique (Jeedom, Domoticz,...) et mysensors. Ce site privilégie les solutions open source, open hardware et low cost (associé au site Chinois Aliexpress). Il est destiné aux « makers » et peut être une source d'inspiration pour les projets d'étudiants. Parmi la multitude de projets, deux articles de synthèse sont proposés sur les objets connectés <http://bit.ly/2VZhvFA>. Ce site est à découvrir puisqu'il a l'avantage d'être en français et animé par un passionné des métiers du GEII.

VI. Conclusion

Ces dernières années, nous avons assisté à un ensemble de changements forts dans nos domaines du GEII avec la montée en puissance des microcontrôleurs 32 bits Wireless (ESP32, STM32 + BLE, STM32 + Lora, EFR32, nrf51 et nrf52) avec une prise en charge de ces nouveaux WMCU par les frameworks mbed (ARM) et Arduino (ARM et Espressif), ce qui rend le développement d'application Wifi, BLE, Lora ou Sigfox abordable par nos étudiants en deuxième année. De plus, l'arrivée de la

Chine sur le marché de l'open source et leurs méthodes pour le moins agressives ont accéléré la chute des prix des kits et autres modules de développement clé en main, ce qui rend maintenant possible l'achat du matériel pour des projets IOT ou de domotique pour une somme comprise entre 2 et 40 euros. N'oublions pas non plus le phénomène raspberry pi qui peut amener les étudiants à l'aise avec l'informatique embarquée à programmer en C ou en python des E/S et/ou intégrer à leur projet une caméra, un joystick, une clé USB ou tout autre matériel nécessitant un OS.

L'IdO englobe un grand nombre de matières du GEII, de la programmation de microcontrôleur aux capteurs, de la gestion d'énergie aux antennes jusqu'à l'informatique (mqtt et web socket) et peut être utilisé en domotique notamment, sujet qui intéresse nos étudiants. Par contre, au vu des technologies mises en jeu, il reste compliqué à mettre en œuvre auprès de nos étudiants puisqu'il faut éviter l'écueil recette de cuisine ou recopie de code sur internet mais des solutions pédagogiques existent au sein de nos départements ; nous en avons vu trois au cours de cette commission, mais il en existe bien d'autres. Quant aux solutions Sigfox et Lorawan qui sont actuellement en pleine expansion, il existe des kits de développement abordables avec des abonnements pour un an.

Terminons sur quelques réflexions et idées de mise en œuvre de l'IdO : coté capteur, utiliser des capteurs I2C ou SPI Mems et les associer à des capteurs analogiques avec mise en forme (LM335, LDR, CTN,...) permet d'associer physique, SE et INFO2 sur un projet commun. En ER ou en INFO2, l'utilisation de kits de développement mais aussi de circuits radio à connecter (SPI ou UART) au microcontrôleur, sur labdec par exemple, sont tout à fait envisageables sur une ou deux séances. L'association capteur/microcontrôleur/radio/batterie va montrer les problématiques de gestion d'énergie fondamentales dans l'IdO, cela peut être introduit sur une séance de TP, ou bien amener à un projet avec, pourquoi pas, une mise en boîtier de l'objet connecté. Enfin, pour la partie informatique, difficile dans l'IdO de ne pas parler MQTT, API Rest et web services, mais l'utilisation de serveurs web, clés en main, permet d'obtenir un résultat rapidement, avec un tracé de courbe, sans nécessairement entrer dans les détails de ces technologies. Ainsi quels que soient les points abordés de l'IdO, l'enseignant devra borner ses séances et préciser ses objectifs face à la myriade de solutions et de technologies disponibles.

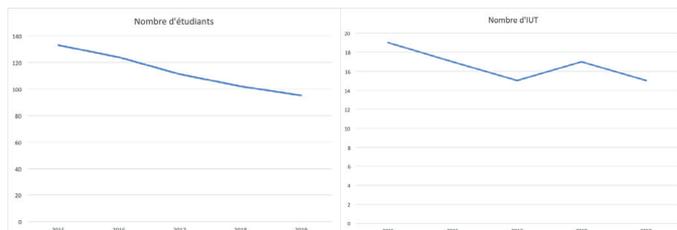
SCIENCES & TECHNOLOGIES

Petit retour sur le Festival de Robotique de Cachan 2019



Hugues ANGELIS (PRAG à l'IUT de Cachan)

La 5^e édition du Festival de Robotique de Cachan vient de s'achever sur un résultat mi-figue, mi-raisin, d'un côté, on a un beau succès de participation, l'événement commence à être réputé dans toute la région et le public vient en nombre (plus de 2 000 visiteurs cette année, 1 800 l'an passé et 1 500 en 2017) mais le constat reste amer, car l'événement emblématique de ce festival : la coupe robotique GEII, est en train de périlcliter doucement.



Si on analyse ces courbes on se rend compte que l'érosion de la participation est une droite décroissante et monotone, même si le nombre d'IUT fluctue un peu plus. Pour rappel, ce regain correspond avec le passage du concours de « l'évitement d'obstacle », au « jeu de tennis », mais est-ce l'effet du changement des règles ou la communication autour de ce changement qui a amené les IUT à participer ? Je pencherai pour l'effet de la communication (colloque, GESI, mails). Néanmoins jamais dans l'histoire de la compétition nous n'avons eu aussi peu d'étudiants que cette année !

D'où cela vient-il ? Pour moi, la réponse à cette question a été évidente : il y a trop peu de renouvellement. Rare sont les IUTs qui décident de rentrer dans la compétition et hélas, le temps et l'usure aidant, certains IUT décident de ne plus venir faute de profs, d'étudiants ou des deux à la fois. Lors de la dernière coupe, un seul enseignant avait moins de 40 ans. Il n'y a pas de relève et c'est, je le crois, la seule vraie cause de cette lente diminution. J'ai de plus pleins arguments pour repousser toutes les autres explications (changement de règlement, difficulté, etc.).



Le diagnostic étant fait, comment lutter ? D'une part, je n'ai que peu de leviers. Communiquer plus et tâcher de diffuser l'information dans les IUT est la seule chose que je puisse faire. Pour autant les informations que je donne sont-elles relayées jusqu'aux collègues et aux étudiants ? Je serai curieux de savoir combien d'étudiants connaissent cette compétition dans les 51 dépt. GEII de France ?

Alors comment la rendre visible ? Eh bien, les seuls acteurs de cette compétition, c'est vous ! Bertrand Manuel (organisateur principal du Festival) et moi, nous ne sommes que des metteurs en scène. Les acteurs de cette pièce, ce sont les IUT, et à ce titre, les seuls à pouvoir maintenir cet événement en vie, en relayant notre communication auprès de vos collègues ou de vos étudiants car sans la connaissance de cette compétition, impossible d'avoir envie d'y participer.

Si vous souhaitez le maintien de cette compétition : relayez notre communication, parlez-en à vos étudiants, donnez leurs les informations et nous verrons bien !



Car il est fort probable que si la courbe continue sa lente décroissance, cela ne peut signifier qu'une chose : la coupe de robotique n'a plus d'intérêt pour les IUT et alors se posera la question de sa continuité.

Le seul point vraiment positif de cette édition 2019, c'est le CRASH (le hackathon de robotique), qui lui suit une pente croissante de participation. De 4 robots (et 3 IUTs) en 2017, on est passé à 11 robots (et 8 écoles) cette année (3 écoles d'ingénieurs, dont 2 étrangères, une licence pro et des IUT).

Ce concours, remporté par l'IUT de Nice, est ouvert à tous et ne nécessite pas de préparation puisque les robots sont fournis tout montés aux participants, qui n'ont « plus » qu'à les programmer à partir des bibliothèques, fournies elles aussi.

De plus, les robots sont quasiment open source et open Hardware : tous les éléments nécessaires à leur construction (électronique et mécanique) sont disponibles sur le site internet du festival (www.festivalrobotiquecachan.fr) ou sur mon blog (couperobotiquegeii.wordpress.com), seuls les capteurs doivent être achetés et pour ceux qui le souhaite Bertrand peut vendre des parties mécaniques (en kit).



En 2019 le thème était : Les robots font le ménage : Les robots devaient aspirer, en 90 secondes, sur une piste (de 8m sur 4), préalablement parsemée, le plus de riz possible. Les stratégies ont été nombreuses et certaines très efficaces, le spectacle était amusant et le public nombreux dans les gradins...

On peut noter que l'IUT de Rouen n'a participé cette année qu'au hackathon et que les trois étudiants de l'équipe S'ven ont brillamment atteint les quarts de finale (félicitations à vous) sans être encadrés par un enseignant.

Il va sans dire que cette piste de développement est très prometteuse puisque dans un contexte où il y a de moins en moins de professeurs d'IUTs pour encadrer la participation des étudiants aux coupes de robotique, le hackathon ne nécessite que des étudiants motivés. C'est donc probablement une réponse à l'érosion des participations à la coupe, mais ce n'est pas pour autant la panacée, car la mise à disposition de robots ne peut pour l'instant se faire qu'au compte goûte (4 de plus par an) : la conception, la mise en œuvre, l'assemblage et la maintenance des robots représentent plusieurs semaines de travail pour l'organisation.

Nous attendons donc votre support en répondant présent à la compétition 2020 qui aura lieu du 4 au 6 juin, à Cachan, avec vos robots, vos étudiants et vos enseignants, pas dans les tribunes, mais sur la piste ! Toutefois, pour vous faire découvrir cet événement, nous explorons actuellement des pistes pour profiter de la présence du colloque GEII à Créteil pour vous faire visiter le festival !



Il n'est pas trop tard pour vous y mettre. Le nouveau règlement (édition 2020) est disponible sur mon blog (voir plus haut ou plus bas pour l'adresse).

Le règlement a été simplifié pour permettre une participation accrue, les bases mécaniques ouvertes (plus d'obligation d'utiliser les moteurs ou le châssis des robots). Sur mon blog, vous trouverez aussi des cartes électroniques complètes et testées, développées pour le CRASH, qui vous permettront de concevoir un robot basé sur une carte NUCLEO (et dont les bibliothèques des capteurs et des actionneurs existent déjà sur le site Mbed avec le mot-clé FRC-Hackathon).

Vous avez donc tout pour pouvoir participer... Gagner nécessite un investissement plus lourd, mais participer est à la portée de tous.



Crédit Photo : Gilles Gougeon – MCF à l'IUT Grand Ouest Normandie (Cherbourg).
Blog de la coupe robotique : <https://couperobotiquegeii.wordpress.com>

Plateforme de T.P.

SE 1A - K-IUT



Philippe BUNEL (Université Paris-Est Créteil)

Introduction

Cet article présente la maquette support pour les Travaux Pratiques de Systèmes Électroniques de première année développée au sein du département GEii de l'IUT de Créteil-Vitry. Cette maquette remplace la quasi-totalité des maquettes de T.P. du département. Son développement est le fruit de la collaboration de l'équipe pédagogique avec le service électronique du département et tout particulièrement Benoit BEGHEIN.

Les personnes impliquées dans le développement de cette maquette sont six enseignants encadrant les T.P. pour les trois groupes d'étudiants de première année et trois BIATSS constituant le service électronique en ayant chacun en responsabilité : les achats, la maintenance électronique, la maintenance informatique.

La maintenance recouvre à la fois la maintenance curative et le développement de nouveaux sujets et outils adaptés.

Sur un semestre, les séances de TP SE durent trois heures par séance, pendant six semaines (donc six sujets différents) plus une séance consacrée à l'évaluation des étudiants, avec tirage au sort du sujet d'examen.

Les T.P. de SE

Les Travaux Pratiques du module Systèmes Électroniques suivent les recommandations des PPN. Ils sont donc régulièrement mis à jour et modifiés. Les sujets sont étudiés par l'équipe pédagogique et développés par le service électronique du département. Cette procédure permet de réduire les coûts de fabrication. Le service dispose d'une machine à gravure chimique pour réaliser des petites séries de cartes électroniques. Les séances de TP étant réalisées par groupe de 14 binômes, la jauge de fabrication est normalement de 15 exemplaires (quatorze plus une unité en cas de maintenance curative), ce qui reste de la petite série. La question qui se pose alors est l'investissement financier de la fabrication de 15 exemplaires pour un module qui n'est utilisé que pour trois groupes pendant trois heures par an. Pour éviter des TP tournants réalisés en un exemplaire (coût minimal) mais qui nécessite 14 sujets différents à gérer par séance, ce qui n'est pas viable pour l'enseignant, l'équipe a opté pour un ou deux sujets par séance. Le service électronique réalise donc 15 ou 8 exemplaires du même sujet.

Jusqu'à présent, les sujets réalisés étaient indépendants, mis en boîtier et stockés en salle de TP. La photo suivante montre les deux armoires utilisées pour stocker ce matériel. Une armoire par semestre est donc nécessaire.



Illustration 1 : Armoire de stockage TP SE 1A

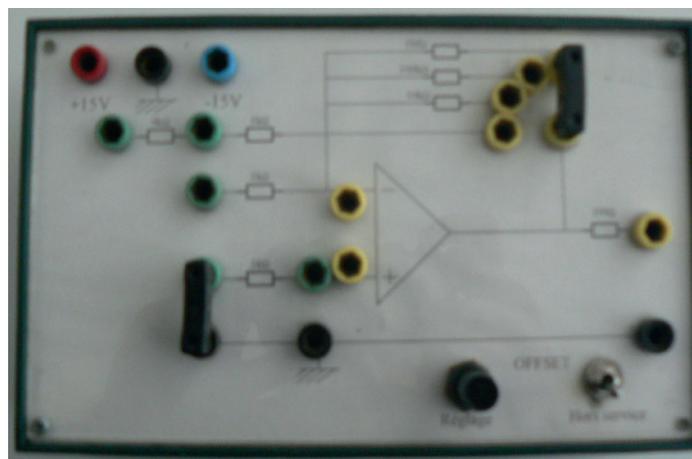


Illustration 2 : TP Amplification et gain

Problèmes récurrents

Il est apparu au fil du temps, trois problèmes qui impactent la gestion des T.P. de SE

a) Encombrement du matériel : les armoires débordent !

Malgré une adaptation des tailles de boîtiers à la fonction et / ou au composant étudié, les matériels prennent une place certaine.

Nous veillons donc régulièrement à retirer les modules qui ne sont plus utilisés de ces armoires (remarquez les cartons au-dessus des armoires).

b) La non-homogénéité des modules.

Les composants étudiés ne sont pas tous alimentés de la même

manière, les signaux d'entrée et de sorties ne sont pas identiques. Cette variabilité ne devrait pas poser de problème, mais le niveau de compréhension des étudiants étant, au début de la première année, faible (en particulier par le fait qu'il n'y a quasiment plus de TP en lycée), les étudiants "bloquent" sur les branchements.

Créer et régler une alimentation symétrique, brancher les entrées / sorties, visualiser les signaux avec les bons câbles, font perdre du temps aux étudiants.

c) Coût de fabrication des modules

Chaque nouveau sujet de T.P. nécessite la réalisation d'un circuit imprimé, l'installation dans un boîtier, l'installation de la connectique (alimentation + signaux) et la réalisation de la face avant. En multipliant le coût unitaire par le nombre d'exemplaires nécessaires, nous arrivons à des coûts fixes importants.

Objectifs

Nous avons longuement réfléchi à une solution matérielle qui puisse être facilement mise en place et dont les collègues et étudiants pourraient s'emparer sans difficulté. Nous avons ainsi développé une plateforme "universelle" permettant de résoudre les problèmes évoqués.

Présentation

Le cahier des charges a été volontairement choisi très simple :

- Réaliser une plateforme de T.P. la plus simple possible permettant de réaliser une interface identique pour la majorité des modules étudiés en T.P. de SE.
- Séparer la base et les cartes d'application des sujets de TP.
- Configuration dynamique des E/S en fonction des sujets de TP.
- Inclure dans la base l'essentiel des fonctions génériques (alimentation, sécurité, connectique, affichage),
- Simplifier la connectique avec les appareils du banc de mesure,
- Simplifier la connectique entre base et carte d'application,
- Sécuriser le fonctionnement et la protection des composants,
- Assister les étudiants par une information clairement affichée,
- Réduire l'encombrement du stockage des modules,
- En respectant le critère de l'économie financière globale.

Réalisation

Après différents échanges entre l'équipe et le service électronique, plusieurs prototypes ont été développés pour arriver à la version actuelle de la plateforme : la K-IUT.

La photo suivante montre cette réalisation.



Illustration 3 : Plateforme avec son circuit imprimé support

Réalisation de la plateforme en deux parties

a) le circuit imprimé support "universel" fixe et contenant toutes les fonctions nécessaires (alimentation, entrées/sorties, protections, affichage, support de la carte d'application)

b) la carte d'application propre à chaque sujet de T.P. qui se connecte toujours de manière identique à la carte support.

1. La carte support

Le schéma blocs est fourni ci-après. Les choix qui ont été prépondérants pour cette partie sont les suivants :

Support ergonomique de la plateforme :

Le choix s'est porté sur un support disponible chez un marchand de mobilier d'origine suédoise, modèle Bråda, dimensions 42 x 31 cm, en plastique rigide permettant de supporter le circuit imprimé et les différentes liaisons et connexions. Pour un montant très faible (de l'ordre de 5 euros par support). L'inclinaison du support facilite son utilisation.



Illustration 4 : Le support de la plateforme

Alimentation symétrique + et - 15 V

Elle permet de ne pas intégrer une alimentation à partir du secteur, et limite par cela le coût de la maquette. Pour simplifier et éviter des erreurs d'interprétation, les bornes d'alimentations ont été placées à l'arrière du support. Repère Balim sur le schéma bloc.

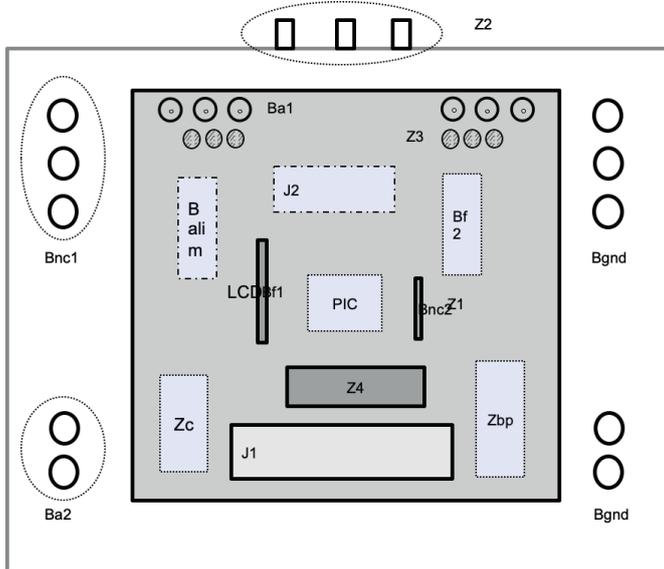
Pour tous les modules, l'alimentation reste donc la même. De

plus, un régulateur a été installé pour fournir du + 5V. Les bornes d'alimentation +/- 15V et +5V sont protégés par des fusibles (1 A)

Bornes d'entrées et sorties disponibles en fiches bananes et BNC

Les entrées sorties utilisables pour connecter le module de T.P. au banc de mesures sont au nombre de 12 : 6 fiches bananes et 6 BNC (Ba1 et Ba2 pour les bananes, Bnc1 et Bnc2 pour les BNC sur le schéma bloc). Elles ne sont pas reliées entre elles, ce qui permet, au niveau de la carte d'application de réaliser les connexions en fonction des besoins du module. La disponibilité des deux types de connexion permet de faciliter la liaison avec les différents appareils : les BNC pour l'oscilloscope et le générateur de fonction, les bananes pour les multimètres et les éventuels composants externes (boîte à décades par exemple). En fonction des caractéristiques de la carte d'application, elles peuvent être configurées en entrées ou en sorties.

Quatre bananes ramènent la tension de référence sur la plateforme, repérées Bgnd sur le schéma bloc



Protection des Entrées et Sorties

Toutes les entrées et sorties (Bananes et BNC) sont protégées par des fusibles. Pour faciliter la maintenance, le choix s'est porté sur des fusibles intégrés pour montage sur circuit imprimé.

Repérés Bf1 et Bf2 pour BNC et Z2 et Z3 pour Bananes sur le schéma blocs.



Illustration 5 : Fusibles pour CI

Interface utilisateur : BP et écran LCD

Trois boutons-poussoirs (BP) sont disponibles sur la carte et peuvent être utilisés pour les T.P.

Un écran LCD a été inclus sur la plateforme. Il possède deux fonctions principales :

- À la mise sous tension (MST), afficher le nom du T.P. pendant quelques secondes, permettant la vérification du sujet et du bon fonctionnement par les étudiants.
- Après la MST, affichage en continu des mesures réalisées par le CAN du PIC, pour vérifier le bon fonctionnement de la carte d'application.

C'est le micro-contrôleur inclus sur la carte support qui gère cet afficheur et les BP

Autres Entrées / Sorties

Le micro contrôleur disposant de plusieurs E/S configurables, il a été décidé de les rendre accessibles à la carte d'application.

- Quatre entrées CAN (dynamique 0 +15V) permettant d'afficher des tensions sur l'écran.
- Huit E/S binaires configurables

Programmation du microcontrôleur

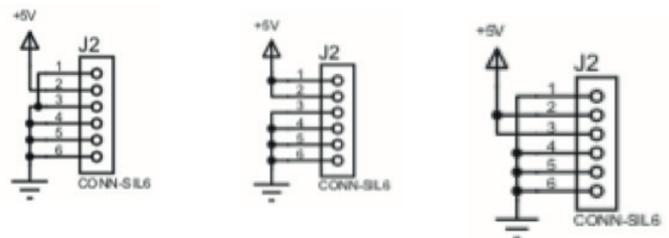
Une interface de programmation a été intégrée, permettant de modifier in situ la programmation du microcontrôleur. Par exemple, en cas de développement d'un nouveau sujet de TP et de sa carte d'application.

Une liaison RS232 C rapide (115,2 kbauds) a été également intégrée permettant d'interfacer la plateforme avec Labview ou Java. Un instrument virtuel VI Labview a été développé.

Détection de la carte d'application

Pour détecter la carte, il a été décidé d'utiliser un décodage binaire tout ou rien par l'intermédiaire de six entrées binaires du PIC. Sur la carte d'application le codage va être différent pour chaque sujet de T.P. Ce code est disponible sur le connecteur J2 de la plateforme. Le sous-programme correspondant implanté dans le PIC va être lancé à la mise sous tension et permettra d'afficher le nom du T.P. puis l'application propre à chaque sujet.

Les illustrations suivantes montrent trois branchements utilisés pour différencier trois sujets de T.P. (Mesures Impédances Entrées et Sorties, Mesures de Gain et Amplification, Filtrés du 1^{er} Ordre).



2. La carte d'application

La carte d'application porte le montage qui va être étudié en T.P. Par exemple filtre, amplificateur, mesure de gain, étude d'une diode zéner.

Toutes les cartes possèdent les mêmes caractéristiques principales suivantes :

Alimentation symétrique +/- 15V

Cette alimentation est fournie par la carte support par l'intermédiaire du connecteur J1.

Connexion à la carte support

La connexion de cette carte sur la carte support s'effectue par l'intermédiaire des deux connecteurs J1 (signaux, E/S/ et alimentations) et J2 décodage du numéro de carte.

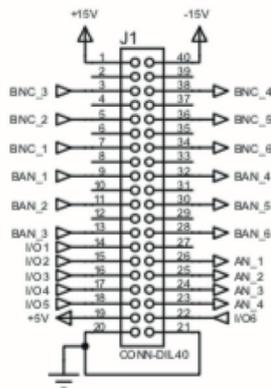


Illustration 6 : Connecteur J1

Le schéma suivant présente le connecteur J1. Il fait le lien entre la carte d'application et le PIC. On retrouve les branchements des Entrées et Sorties (Banane et NBC). On dispose également de six E/S internes I/O1 à I/O6 reliées au microcontrôleur et de quatre convertisseurs CAN. On trouve également les tensions d'alimentation +/- 15V et +5V. Le connecteur de 40 broches utilisé permet un maintien mécanique de la carte d'application sur la carte support.

Exemple de T.P.

Nous allons présenter un exemple de T.P. : Mesures de Gain et d'Amplification.

Objectifs du T.P.

Ce T.P. a pour but principal de faire apprendre aux étudiants à mesurer le gain d'un montage amplificateur en utilisant un décibel-mètre, à mesurer le déphasage entre deux signaux et à tracer un diagramme de Bode (en gain et phase).

Les mesures sont faites au départ sur trois montages indépendants puis en les mettant en cascade, à mettre en évidence l'association de plusieurs montages.

Le schéma de la carte d'application est alors le suivant (page suivante) :

On peut remarquer que dans cette application :

- Les bananes 1 à 3 ne sont pas utilisées
- Les BNC sont associés en paires Ve - Vs, ce qui facilite leur mise en cascade
- Les bananes 4 à 6 sont utilisées pour brancher des millivoltmètres en décibel-mètre.

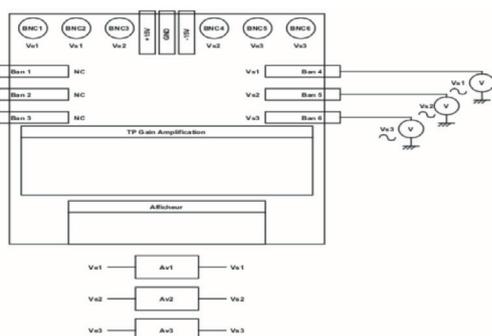


Illustration 7 : Carte application : Mesures de Gain

Les trois montages indépendants qui ont été choisis sont les suivants :

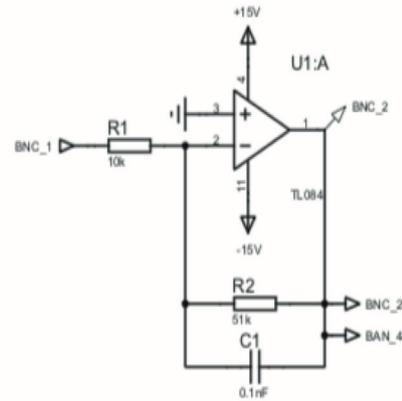


Illustration 8 : Montage 1

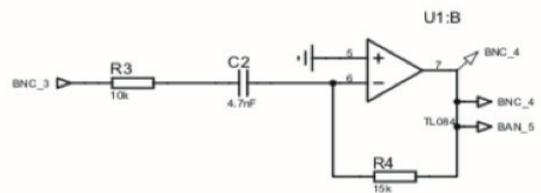


Illustration 9 : Montage 3

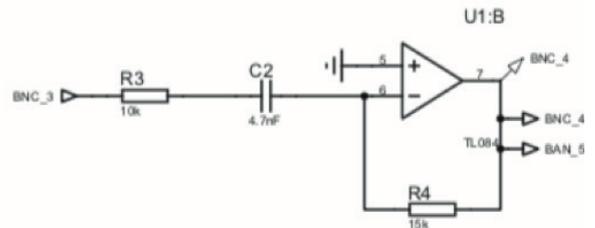


Illustration 10 : Montage 2

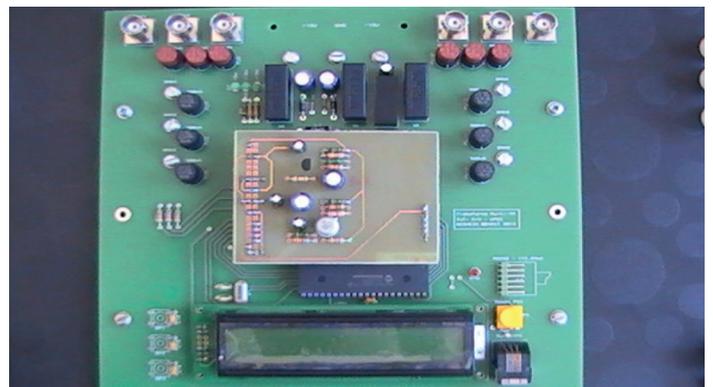


Illustration 11 : Carte support et une carte d'application

Ce qui donne le branchement suivant de la carte d'application sur la carte support :

Les cartes d'application

Plusieurs TP ont été réalisés en utilisant le format de la carte d'application.

La plateforme est ainsi utilisée pour les TP de SE des semestres 1 et 2.

En semestre 1 :

- Application des théorèmes de Thévenin et Norton,
- Amplification et Gain

- Étude de l'AOp
- Circuit du 1er Ordre

En semestre 2 :

- Etude de la diode zéner
- Montage différentiel
- Filtres passifs du deuxième ordre
- Modulation / Démodulation d'amplitude
- Filtres actifs du deuxième ordre

Mise en place

Plusieurs documents ont été réalisés en parallèle avec le développement matériel.

a) Documents étudiants

Dans le polycopié de T.P., les étudiants trouvent le schéma de branchement des E/S bananes et BNC, telle que reproduite dans l'illustration 6, et le montage électronique correspondant (illustrations 7 à 9).

b) Documents enseignants

En plus des schémas, des courbes résultats peuvent être fournies, avec éventuellement, quelques mesures clés.

La plateforme a été installée en TP SE depuis trois ans.

Résultats

Les objectifs visés ont été atteints :

Les étudiants comprennent très rapidement le fonctionnement et le branchement de la plateforme. Une notice d'utilisation de la plateforme a été réalisée. Elle présente la plateforme et son fonctionnement. Elle est disponible sur l'ENT accessible par les étudiants avant le début des séances et en version papier dans

la salle de TP. Le gain de temps sur les manipulations est réel.

Du côté des enseignants : gain de place, facilité de changements des sujets, simplification des explications de début de séance.

Perspectives

Après que cette plateforme de TP ait été installée en première année et après observation de ses intérêts, le responsable de deuxième année a demandé au service électronique de développer une version plus puissante pour les T.P. de deuxième année. La mise en application est en cours depuis l'année dernière.

Remerciements

Le département GEii de Créteil Vitry remercie tout particulièrement Benoit Beghein, qui a été à l'origine de la réalisation de cette plateforme, et qui est maintenant technicien au département GEii de Montluçon.

Pour avoir des informations techniques sur cette plateforme, contacter Messieurs Laurent Fryziel (fryziel@u-pec.fr) ou Georges Fried (fried@u-pec.fr).

Crédit Photo : Philippe Bunel



Autumn day on Semois river in village near Longwy Belgium © Gettymages

Mise en place d'une application basique de l'IoT



Aliou DIALLO (GEII- IUT Nice Côte d'Azur)

Introduction

L'internet des objets en développement depuis 2008, est de plus en plus présent dans notre société et est voué à s'étendre massivement dans les années à venir. Avec lui nous avons assisté à l'émergence de nouvelles technologies, de nouveaux réseaux et d'une nouvelle manière de penser l'Internet. C'est ainsi qu'ont été développées des technologies associées à l'IoT comme LoRa et Sigfox offrant des alternatives à bas coût, basse consommation et bas débit et fonctionnant sans licence sur des bandes de fréquences ISM libres (868 MHz en Europe et 915 MHz aux USA). Ces technologies offrent une solution adaptée aux objets banalisés, comme les capteurs fonctionnant sur piles et transmettant peu de données.

La Technologie LoRa et le réseau

LoRaWAN

La technologie radio LoRa (Long Range) [1] développée par la startup française Cycléo, rachetée en 2012 par le fondateur américain Semtech est une solution ouverte (contrairement à Sigfox) qui se distingue par sa capacité à réaliser des réseaux locaux (LoRaWAN), c'est-à-dire une sorte de WiFi de l'IoT, ouvrant ainsi un champ d'application immense de réseaux privés dans les campus et les villes intelligentes. C'est un format de modulation radio qui repose sur une technique à spectre étalée faible amplitude mais spectre large (Fig.1) avec codage d'erreurs (CR) et offre une portée plus longue que la modulation FSK simple (Figure 1).

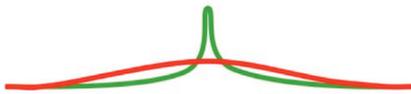


Figure 1 : Exemple d'étalement de spectre

Source - Conférence débat du 10 juin 2015, organisée par le Groupe Réseaux et Services de Telecom Paris-Tech Alumni : "Quels réseaux pour l'Internet des Objets ?" Présentation de Franck Moine (Bouygues Telecom)

Le taux de codage CR (LoRa error Coding Rate) fait référence à la proportion des bits transmis qui transporte effectivement des informations (les autres étant des bits de correction d'erreurs). Sur chaque suite de bits à transmettre est rajoutée une autre suite de bits de redondance, ce qui permet de retrouver le bon signal à la réception dans un environnement bruité.

$CR = 4/(4+CR)$ où $CR = 1, 2, 3, 4$

La technique à spectre étalée appelée Chirp Spread Spectrum (CSS), avec une très forte sensibilité (jusqu'à -140 dBm) permet d'assurer la longue portée de pénétration en indoor.

$$SF = \log_2 \frac{R_c}{R_s}$$

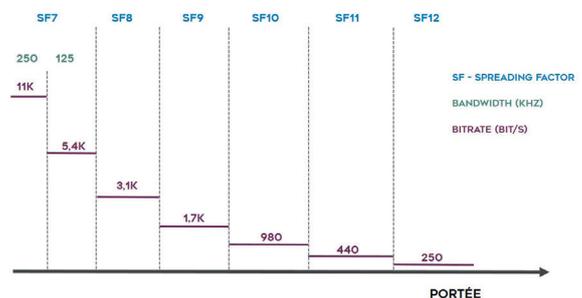
R_c = débit du message à transmettre
 R_s = débit du message transmis

La portée d'une communication est déterminée par la bande passante, la puissance de sortie du signal ainsi que par le facteur d'étalement utilisé – Spreading Factor (SF).

D'après ces paramètres, il est possible de définir le débit utile R_b (Bitrate) par la formule suivante :

$$R_b = SF \frac{BW}{2^{SF}} CR$$

Le tableau suivant donne le bitrate en fonction de SF, BW pour $CR = 4/5$.



Source : <https://www.frugalprototype.com/>

LoRaWAN est une spécification de protocole basée sur la technologie LoRa développée par LoRa Alliance. LoRaWAN cible les besoins de base de l'utilisation de LoRa pour l'IoT en fournissant l'adressage, le routage et la sécurité.

La topologie d'un réseau LoRaWAN comprend plusieurs éléments (Figure 2).

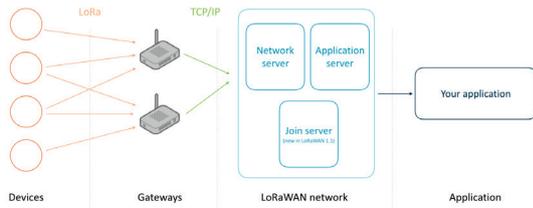


Figure 2 : Topologie d'un réseau LoRaWAN
Source - The Things Network <https://thethingsnetwork.org/>

Les **nœuds finaux** (objets connectés) sont des éléments tels que des capteurs, généralement situés à distance et qui communiquent (en utilisant la technologie LoRa) avec les **Gateways** (passerelle) qui agrègent des données et les communiquent à un **serveur de réseau** central via des connexions IP standard. Ce serveur de réseau LoRa agit pour éliminer les paquets en double, gère la sécurité et les débits de données. Parmi les serveurs de réseau LoRa, on peut citer le serveur Open Source (donc gratuit) **The Things Network (TTN)** [2]. Dans le serveur **réseau TTN**, on trouve le serveur d'application interne **Cayenne** [3] qui permet de décoder une trame (payload).

Cayenne LPP permet à l'appareil d'envoyer différentes données de capteur dans différentes trames. Pour ce faire, chaque donnée de capteur doit être précédée de deux octets :

Canal de données : identifie de manière unique chaque capteur de l'appareil sur plusieurs images.

Type de données : identifie le type de données dans la trame, par exemple. "Température".

Payload structure

1 Byte	1 Byte	N Bytes	1 Byte	1 Byte	M Bytes	...
Data1 Ch.	Data1 Type	Data1	Data2 Ch.	Data2 Type	Data2	...

Un nœud final doit être activé avant de pouvoir communiquer avec le serveur de réseau. Il existe 2 méthodes pour activer un composant dans un serveur LoRaWAN : la méthode OTAA (Over-The-Air-Activation) et la ABP (Activation-By-Personalisation) [2].

OTAA (Figure 3) est la méthode d'activation préférée car elle fournit le moyen le plus sûr de connecter des périphériques finaux à un serveur réseau. Ici les clés de chiffrement sont obtenues par un échange avec le réseau, contrairement à l'ABP (Figure 4) pour laquelle les clés de chiffrement sont stockées dans les équipements.

Avant l'activation, l'objet connecté doit connaître et stocker (dans un fichier .json) ses DevEUI (identifiant du composant), AppEUI (identifiant de l'application ; une application peut contenir plusieurs devices) et AppKey (clé de sécurité de l'application) fournis par le serveur réseau lors de l'enregistrement du composant. Ces identifiants seront utilisés par le serveur pour identifier l'objet lors de la communication.



Figure 3 : Activation par OTAA
Source - The Things Network <https://thethingsnetwork.org/>



Figure 4 : Activation par ABP
Source - The Things Network <https://thethingsnetwork.org/>

Les serveurs réseaux comme The Things Network ne stockant pas des données, il est préférable donc de passer par des serveurs d'application externes comme Node-Red pour récupérer les données, les stocker dans une base de données (ex : InfluxDB) et pouvoir les visualiser en temps réel (ex : Grafana).

Ainsi dans le cadre du module ER4, pour familiariser les étudiants avec l'Internet des Objets, on peut leur demander de construire et déployer une architecture LoRa (Figure 5) allant de l'objet connecté (nœud final), à la visualisation des données en temps réel en utilisant des outils existants.

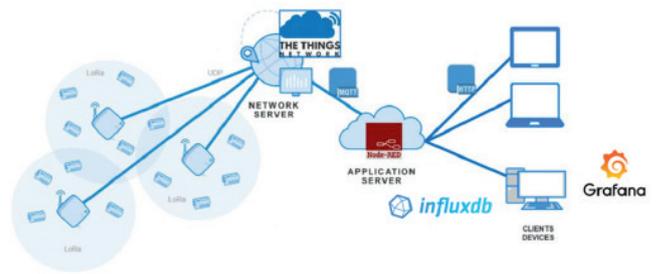


Figure 5 : Vue générale de l'application basique LoRaWAN

L'objet connecté

L'objet connecté, ou nœud final, est un ensemble comprenant la carte de développement DISCO-L072CZ-LRWAN1 (Figure 6.a) sur laquelle est connecté un capteur de température et d'humidité (HTU21D).

La carte DISCO-L072CZ-LRWAN1 [4] est un outil pour l'apprentissage et le développement de solutions basées sur les technologies LoRa et FSK / OOK.

Cette carte repose sur un module RF CMWX1ZZABZ-091 de Murata (Figure 6.b), dans lequel est intégré (Figure 6.c) un microcontrôleur STM32L072CZ et un transceiver SX1276. Ce transceiver est équipé du modem longue portée LoRa, qui permet une communication à spectre étendu ultra-longue portée.



Figure 6.a : DISCO-L072CZ-LRWAN1 Figure 6.b : Module CMWX1ZZABZ-091

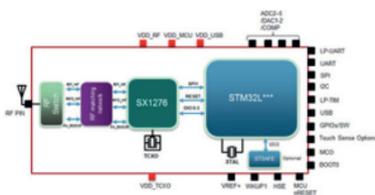


Figure 6.c Schéma interne du module CMWX1ZZABZ-091

Sur cette carte, est connecté le capteur HTU21D (Figure 7) qui repose sur une communication I2C et permettant de récupérer les données de température et d'humidité d'une pièce. La bibliothèque du HTU21D ainsi un programme simple peut être téléchargé sur le site MBED.

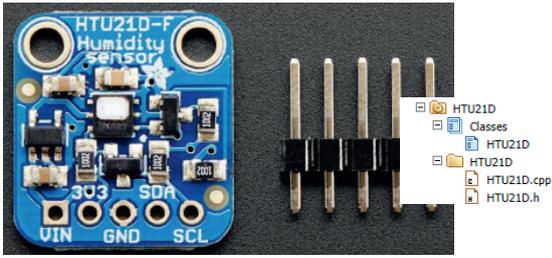


Figure 7 : Capteur HTU21D

Le câblage du capteur (Figure 8), ainsi que l'exécution du programme d'exemple permettent d'afficher sur une console les valeurs de température et d'humidité de la pièce.

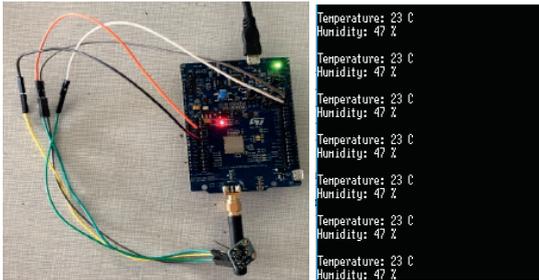


Figure 8 nœud final

Envoi des données sur le serveur réseau TTN

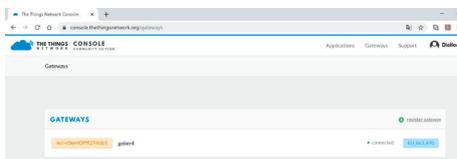
Pour transmettre les données sur le serveur de réseau LoRaWAN et les exploiter, une gateway modèle **Sentrius RG1xx** [5] (Figure 9) est utilisée comme passerelle.



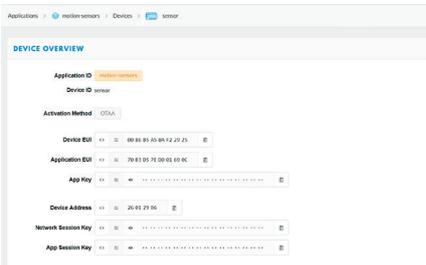
Category	Feature	Specification
Chipset	LoRa®	Semtech SX1301/SX1272
	Bluetooth®	Cambridge Silicon Radio CSR811 A08
Wi-Fi	Qualcomm Atheros CX3000	
	Qualcomm Atheros CX3000	
Wireless Characteristics	WiFi Spatial Streams	2x2 MIMO
	WiFi Frequency	2.4 and 5 GHz operation
	Conducted Maximum Transmit Power	30 dBm
	Note: Transmit power on each channel varies according to individual country regulations. All values for lowest data rate in channel. x/2 dBm. Others are +/- 2.5 dBm	
	802.11a (UNII-1)	17 dBm
	802.11b (UNII-2A, UNII-2C) or CH 12 - CH 13	17 dBm
	802.11g (UNII-2)	17 dBm
	802.11n (40 MHz)	17 dBm
	802.11n (20 MHz)	17 dBm
	802.11ac (160 MHz)	17 dBm

Figure 9 : Gateway Sentrius RG1xx

Après configuration, cette gateway doit être enregistrée dans un serveur réseau gratuit comme **The Things Network (TTN)**.



Puis des applications et « devices » peuvent être créées. Le serveur TTN attribuera des « clés » qu'il faudra recopier dans le fichier .json du programme MBED, ce qui permettra d'activer et d'identifier l'objet connecté.



Une bibliothèque d'exemple peut être téléchargée à partir du lien suivant :

<https://os.mbed.com/teams/mbed-os-examples/code/mbed-os-example-lorawan/>

Le fichier .json devra être complété avec les **device-eui**, **application-eui** et **application-key** fournis par TTN lors de la création de l'application et du device.

```
28 "target_overrides": {
29   "**": {
30     "platform.studio-convert-newlines": true,
31     "platform.studio-baud-rate": 115200,
32     "platform.default-serial-baud-rate": 115200,
33     "lora.override-ai-activation": true,
34     "lora.duty-cycle-on": true,
35     "lora.phy": "EU868",
36     "lora.device-eui": "( 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00 )",
37     "lora.application-eui": "( 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00 )",
38     "lora.application-key": "( 0x00, 0x00 )",
39   }
40 }
```

On pourra rajouter dans la bibliothèque, la librairie du capteur HTU21D et lire les données du capteur avant de construire la trame à envoyer dans le main.cpp.

Cette trame pourra être construite en utilisant le format Cayenne (manuel ou en utilisant la bibliothèque Cayenne LPP), ce qui permettra au serveur TTN de décoder la trame.

```
153 {
154   //uint16_t packet_len;
155   int16_t retcode;
156   int sample_ctemp;
157   int sample_humid;
158   CayenneLPP tx_buffer(30);
159   sample_ctemp = tempHumid.sample_ctemp();
160   sample_humid = tempHumid.sample_humid();
161   printf("Temperature: %d C\n\r", sample_ctemp);
162   printf("Humidity: %d %%\n\r", sample_humid);
163   /*Format Cayenne*/
164 }
165 tx_buffer.addTemperature(1, sample_ctemp);
166 tx_buffer.addRelativeHumidity(2, sample_humid);
167 }
168 //packet_len=sizeof(tx_buffer);
169 }
170 }
171 retcode = lorawan.send(MRKL_CONF_LORA_APP_PORT, tx_buffer.getBuffer(), tx_buffer.getSize(),
172 MSG_UNCONFIRMED_FLAG);
173 }
```

Après compilation, voilà ce qu'on observe sur le serveur réseau TTN.



Mais ces données ne sont pas stockées sur le serveur ; il faudra donc à partir d'un serveur d'application externe comme **Node-Red** récupérer les données pour pouvoir les stocker dans une base de données.

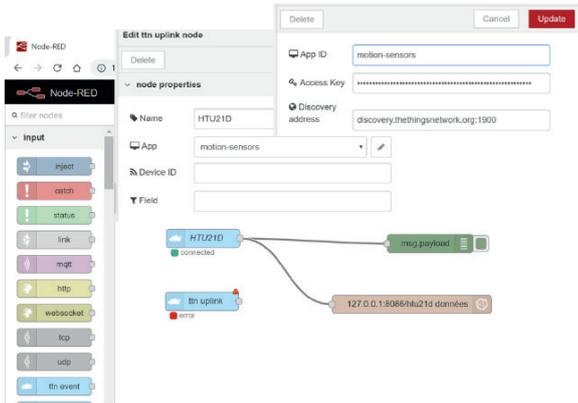
Récupération et stockage des données

Node-red [6] est une solution logicielle open source développée par IBM et permettant la création de chaînes de traitement dans un environnement Web.

Avec le développement de l'IoT, des composants TTN ont été rajouté dans les palettes Node-Red.

Ainsi la construction d'une simple chaîne de traitement sous Node-Red, permet de récupérer les données se trouvant sur le serveur réseau TTN et les stocker par exemple dans une base de données qu'on peut créer à partir d'un autre outil existant, **InfluxDB**.

Node-Red et InfluxDB sont installés ici en local sous windows, mais l'idéal serait d'installer InfluxDB en cloud.



Ainsi toutes les données fournies par le capteur sont automatiquement stockées dans une base de données créée sous InfluxDB et appelée « ht21d ».

```

C:\Users\Aliou Diallo\Documents\Enseignement_GE\IER4\influxdb-1.7.3-1
Connected to http://localhost:8086 version 1.7.3
InfluxDB shell version: 1.7.3
Enter an InfluxQL query
> CREATE DATABASE ht21d
> SHOW DATABASES
name: databases
name
----
internal
aliou_essai
aliou_essai2
essai
fred
jeanlou
home_assistant
mon_capteur
mon_capteur2
try
htu21d
fabien_sensor
ess
phillip
appli
stress
essai3
>

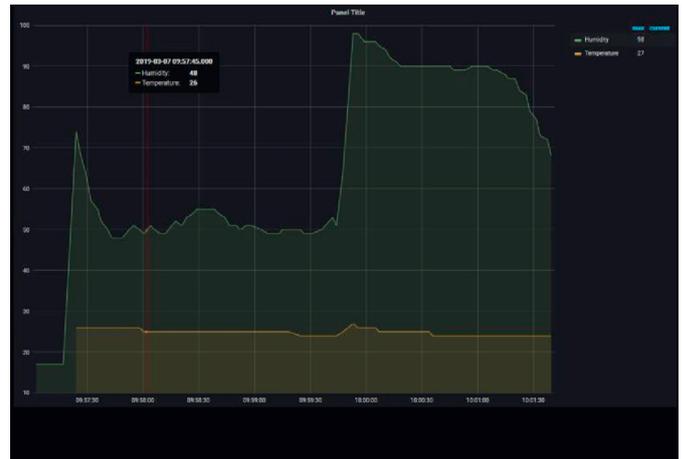
```

Ces données peuvent être visualisées sous forme graphique et en temps réel en utilisant par exemple Grafana [8].

Visualisation en temps réel avec Grafana

Nos données une fois stockées grâce à InfluxDB vont pouvoir être utilisées par Grafana, qui en hébergeant un serveur sur notre ordinateur va nous permettre de les afficher sous formes de Dashboards qui sont des tableaux pouvant prendre différentes formes.

Sur ce graphe on peut voir les données de température et d'humidité issues du capteur HTU21D s'afficher en temps réel. En soufflant par exemple sur le capteur, la valeur de l'humidité change de façon instantanée.



Conclusion

Les objets connectés envahissent progressivement notre paysage et nous fournissent des informations dont leur collecte et leur traitement restent un problème épineux. C'est pourquoi, les acteurs majeurs continuent sans cesse de développer des outils permettant la création rapide de nouvelles applications ou services de l'IoT.

Dans ce papier, on a montré les différentes étapes de création d'une application basique de l'IoT à partir d'outils existants pour familiariser les étudiants avec l'Internet des Objets,

particulièrement le réseau LoRaWAN.

Références

- [1] <https://www.ebds.eu/app/download/28464795/EBDS+-+PDF+Livre+Blanc+LoRA.pdf> IoT Alliance Australia "Spectrum available for IoT" Work stream 4 11 May 2016.
- [2] <https://www.thethingsnetwork.org/>.
- [3] <https://github.com/myDevicesIoT/cayenne-docs/blob/master/docs/LORA.md>.
- [4] https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/user_manual/group0/ac/62/15/c7/60/ac/4e/9c/DM00329995/files/DM00329995.pdf/jcr:content/translations/en.DM00329995.pdf
- [5] <https://www.lairdconnect.com/wireless-modules/lorawan-solutions/sentrius-rg1xx-lora-enabled-gateway-wi-fi-ethernet>.
- [6] <https://nodered.org/>
- [7] <https://www.influxdata.com/>
- [8] <https://grafana.com/grafana/dashboards>

Remise des prix du Concours National EEA

organisé par le Club EEA « Mon projet en 5 minutes »



Paris, Sorbonne Université Campus Pierre et Marie Curie, le 17 Octobre 2019

Dans le cadre de ses activités d'animations scientifiques et technologiques, le Club EEA propose un concours national destiné à l'ensemble des établissements académiques depuis 4 années. Ce concours a pour vocation de valoriser et de récompenser des projets étudiants tuteurés dans les domaines de « l'Électronique », « l'Électrotechnique », « l'Automatique », du « Signal » et de « l'Image ». Le concours « Mon projet en 5 minutes » permet à des étudiants de tout niveau universitaire (L1 à M2) de présenter un projet effectué durant leur cursus. Une fiche de présentation accompagnée d'une vidéo de 5 minutes permettent ainsi de valoriser le travail accompli. Pour la deuxième fois, c'est une équipe de l'IUT de l'Indre (Licence Professionnelle Supervision des Automatismes et des Réseaux), composante de l'Université d'Orléans qui remporte le concours. Lors de cette deuxième victoire, les indriens terminent exæquo avec une équipe de la formation Master EEAll de l'Université de Reims. L'équipe était constituée de Alae-eddine MAITAL (Étudiant), de Benjamin RESENDIZ-FUENTES (Étudiant), de Charles NKOLO (Étudiant) et de Pascal VRIGNAT / Maître de Conférences.



De gauche à droite : Charles, Pascal, Benjamin, Alae-eddine

Ce 17 octobre est une nouvelle date qui restera dans les esprits avec la remise des prix sur le site de la Sorbonne, Université Campus Pierre et Marie Curie.

Crédit Photos : Alexandre Philippot



Remise des prix le 17 Octobre 2019

Après deux victoires, Pascal VRIGNAT (Enseignant - Chercheur du Laboratoire PRISME) intègre le comité d'organisation du concours avec Pascale MARANGE (Enseignante - Chercheur) de l'Université de Lorraine (Centre de Recherche en Automatique de Nancy).

La vidéo est consultable à partir du QR Code ci-dessous ou sur le lien : <https://youtu.be/8GfqtNxgFEg>

L'industrie du futur au service des méthodes
LEAN, ANDON, KAIZEN



Toutes les informations pour l'édition 2020 sur : <http://laris.univ-angers.fr/fr/vieunite/concours-eea-2020.html>



**Club des Enseignants et des Chercheurs en
Electronique, Electrotechnique et Automatique**
Electronique and Information Engineering

**5^{ème} EDITION
du Concours
National du club
EEA
« Mon projet en
5 minutes »
Grande Finale
Juin 2020
Valenciennes**

Vous êtes un groupe d'étudiants,
réalisant un projet durant cette
année universitaire 2019-2020
en automatique, informatique
industrielle, productique ou
robotique, ...
traitement du signal, électronique,
énergie électrique, ...

Vous voulez gagner le Concours
National
du meilleur projet 2020 décerné par le
club EEA

... alors **C**andidatez

■ Le Concours est également ouvert aux projets
étudiants 2018 - 2019.

Prix du meilleur projet

500€

Site Internet pour le règlement



Contactez les organisateurs au plus vite !

pascale.marange@univ-lorraine.fr

pascal.vrignat@univ-orleans.fr

<http://laris.univ-angers.fr/fr/vie-unite/concours-eea-2020.html>

Ouverture du Concours : 30 Octobre 2019
Pré-inscription : 27 Mars 2020
Clôture de la réception des dossiers : 12 Mai 2020
Notification des finalistes retenus : 22 Mai 2020
Finale à Valenciennes : 10 Juin 2020

Invitation au voyage de Longwy à Créteil...

