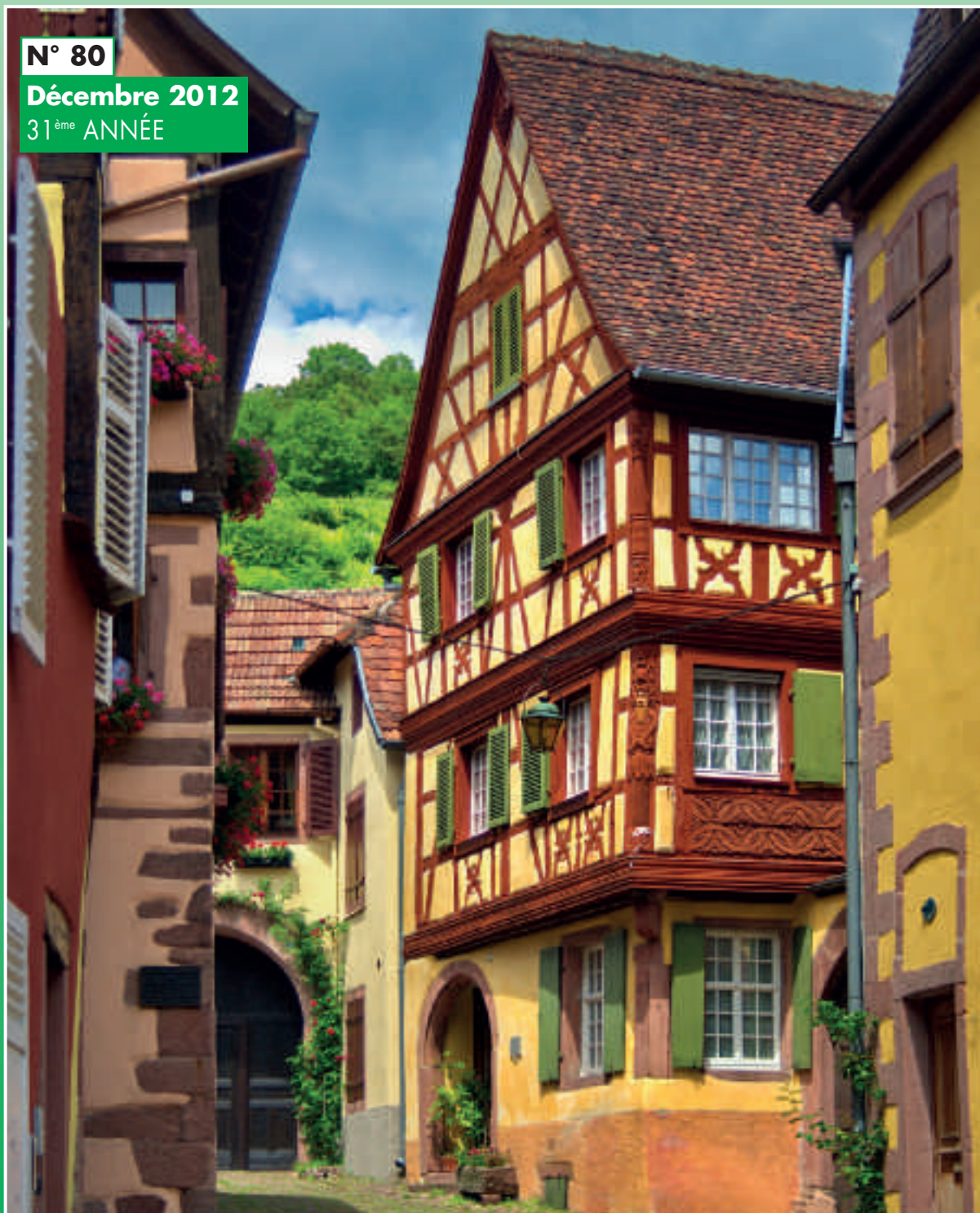


GeSi

Revue des départements de Génie Électrique & Informatique Industrielle - IUT



N° 80

Décembre 2012

31^{ème} ANNÉE

Actes du colloque de Haguenau - 6/7/8 juin 2012



EDITO

Après Haguenau,... ?

Voilà plus de six mois que les congressistes ont quitté le pays des cigognes : il était grand temps que le 80^{ème} numéro du GeSi paraisse pour féliciter encore l'équipe réunie autour de Vincent Frick qui nous a accueillis pour notre 39^{ème} colloque pédagogique. Nos collègues de Haguenau ont eu ce grand talent de regrouper tous les ingrédients pour un colloque réussi ; de leur engagement, de leur travail, de leur accueil, nous les remercions.

Pourtant les choses commencèrent avec quelques difficultés, il fallut le premier jour débusquer les participants indisciplinés, coupables d'avoir garé leur véhicule à moteur sur les pistes réservées aux modes doux. Nous avons oublié trop vite que le vélo était le transport privilégié en ville. Les choses rentrées dans l'ordre, nous avons assisté à une passionnante conférence autour de cette molécule au nom d'ocytocine, où Marcel Hibert, professeur de chimie organique nous a décrypté les mécanismes de l'amour. On se prit soudain à rêver d'utiliser ce philtre d'amour pour réconcilier nos tutelles à leurs IUT.

Les premières consignes pour la mise en place du PPN et un calendrier serré de travail furent données lors de la réunion avec la CPN. Les travaux en commission ont permis alors d'entamer les premières réflexions sur le formatage de notre PPN et d'échanger sur nos pratiques dans les modules liés aux énergies et à l'environnement pour garantir une production et une utilisation de l'énergie plus sûre, plus économe et moins polluante. Quant à la soirée, chacun gardera en mémoire la visite de la petite France sous quelques gouttes de pluie, des abords de la cathédrale et du convivial repas en compagnie de joyeux drilles.

2013, c'est un peu plus à l'ouest que nous nous retrouverons, direction vers la ville fondée par François 1^{er} : Le Havre.

S'il nous apparaît important de marquer le 40^{ème} anniversaire de notre colloque, nous veillerons cependant à maintenir le mode « downsizing » fixé lors du colloque d'Angoulême en 2011. Les collègues du département et les services de l'IUT sont d'ores et déjà mobilisés pour vous accueillir les 5, 6 et 7 juin.

Je vous rappelle qu'à ces dates débutera l'Armada de Rouen. Amateurs de vieux gréements, c'est peut-être l'occasion par ailleurs de prolonger votre séjour en Normandie, région où, comme le chantaient si bien Stone et Charden, les filles aux joues rouges donnent aux hommes de là-bas, donnent aux hommes de l'amour, l'amour made in Normandie...

En attendant de vous retrouver, je vous souhaite une bonne année 2013.

Jean-Robert Delahaye

Chef de département GEII, le Havre



Consultez

• le site Internet de Gesi :
<http://www.gesi.asso.fr>

GeSi

GÉNIE ÉLECTRIQUE SERVICE INFORMATION

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

Directeur de la publication : A. Berthon - Responsable du comité de rédaction : G. Gramaccia - Comptabilité : G. Couturier

Comité de rédaction : Département de GEII - IUT Bordeaux 1 - 33170 Gradignan - Téléphone : 05 56 84 58 20

Télécopie : 05 56 84 58 09 - E-mail : gino.gramaccia@iut.u-bordeaux1.fr

Impression : Imprimerie Laplante - 3, impasse Jules Hetzel - 33700 Mérignac - Téléphone : 05 56 97 15 05 - Fax : 05 56 12 49 00

e-mail : pao@laplante.fr - Crédit photos : Imprimerie Laplante - Fotolia - Dépôt légal : décembre 2012 - ISSN : 1156-0681





S

ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU

- Commission 1 : Comment réactiver l'attractivité du GEII par *Y. Lembeye*p 4
- Commission 2 : Reformatage du PPN par rapport aux futurs bacheliers par *F. Bureau, C. Millet, F. Nebel et T. Suaton*p 6
- Commission 3 : Energie & Environnementp 10

O

M

SCIENCES ET TECHNOLOGIES

M

- Le vélo électrique par *A. Sivert*p 26
- Propagation d'impulsions sur une ligne de transmission par *G. Couturier et M. Tarisien* .p 33
- « LABVIEW » dans les systèmes automatisés par *S. Bouter et R. Decourt*p 39
- Une approche structurée basée modèles et composants des systèmes électroniques numériques complexes par *A. Nketsa et D. Delauzun*p 49

A

I

VIE DES DÉPARTEMENTS

- Le contrat de professionnalisation par *J. Simonnot*p 58

R

VIENT DE PARAÎTRE

- Systèmes électroniques numériques complexes par *A. NKETSA et D. DELAUZUN*

E





ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU

COMMISSION 1 : COMMENT RÉACTIVER L'ATTRACTIVITÉ DU GEII ?

Yves LEMBEYE, GEII IUT1 de Grenoble

La Commission 1 du colloque de Haguenau a eu pour objectif d'évaluer nos stratégies de présentation mises en place pour améliorer notre attractivité aux yeux des publics lycéens que nous visons.

Le constat est simple : l'attractivité du GEII est en forte baisse ces dernières années ; 500 places étaient vacantes sur Admission Post Bac à l'issue de la procédure de recrutement en septembre 2011. Pourtant, les débouchés de cette formation sont toujours aussi importants et l'offre pléthorique en terme de poursuites d'études. De fait près de 86% de nos étudiants poursuivent des études après un DUT GEII et 50% d'entre eux le font en école d'ingénieur. D'autre part, le DUT GEII accueille près de 50% de bachelier STI dans ces rangs et ces dernières années les filières Génie Electrotechnique et Electronique de ce bac ont vu leurs effectifs baisser fortement impactant durement notre recrutement.

Comme faire face à cette situation paradoxale dans laquelle la demande en sortie du DUT GEII augmente alors que nous n'arrivons pas à remplir nos formations ?

Plusieurs pistes ont pu être présentées, certaines visent à élargir notre public en proposant le DUT à des bacheliers professionnels d'autres visent à placer le DUT GEII comme un passage obligé pour commencer un parcours universitaire L, M ou ingénieur. Pour cela nous avons abordé deux stratégies. La première suggère aux futurs étudiants que le DUT est un tremplin pour des études longues en proposant des parcours bac+5 incluant un passage par l'IUT. La seconde montre que les domaines d'activité du GEII sont larges en proposant des licences professionnelles (ou des licences) construites en partenariat avec d'autres spécialités (mécanique, thermique, commerce ...) des IUT ou des UFR. Enfin, après ce bilan, nous avons réfléchi sur la présentation même de notre spécialité en revenant sur son intitulé.

Elargir notre public :

- ENEPS (IDEFI) – Pierre Billet (IUT1 de Grenoble, Directeur de l'ENEPS)

ENEPS : Ecole Nationale de l'Enseignement Professionnel Supérieur
IDEFI : Initiatives D'Excellences en Formation Initiale

Cette école est née en 2009 de la volonté d'offrir une 2^{ème} chance à des bacheliers professionnels en leur ouvrant les portes de l'Université dans une formation que leur soit adaptée. En 2011 ce projet a été labélisé IDEFI.

Seuls, au sein de l'Université, les IUT sont capables de mettre en œuvre les adaptations nécessaires pour accueillir ces bacheliers. Cette expérience a commencé à l'IUT1 de Grenoble en 2009 avec une première promotion de 13 étudiants préparant le DUT Génie Civil, elle s'est poursuivie en 2010 avec 9 étudiants en DUT GEII et en 2011 avec 8 étudiants en Réseau et Télécommunication. Aujourd'hui, l'ENEPS compte une centaine d'étudiants dont certains poursuivent en école d'ingénieurs ou

école d'architecture. Le taux de réussite est similaire à ce que l'on constate dans les filières classiques, ce, grâce à la mise en place d'adaptations spécifiques aidées par les financements IDEFI. D'autre part, s'appuyant sur réseau d'industriels que l'IUT1 de Grenoble a établi de longue date, l'ENEPS a pu mettre en place des partenariats particuliers avec des industriels français. Ainsi, Vinci, GFC Construction, Spie Batignoles, Schneider Electric et France Télécom ont pris en charge une ou plusieurs des promotions de l'ENEPS en proposant des échanges comme des visites de sites ou autres, en offrant des aides financières sous forme de bourses aux étudiants le nécessitant, mais aussi en proposant des stages. Enfin le CROUS est partenaire de cette école et propose un suivi particulier de ces étudiants ainsi que des chambres universitaires.

Il est clair que ce dispositif est important mais il permet d'accueillir dans de très bonnes conditions les bacheliers professionnels en leur offrant de réelles chances de réussite.

Le DUT GEII, un pied dans les études longues :

- AVOSTTI Jean-François Diouris Polytech Nantes

AVOSTTI : Accompagnement des vocations scientifiques et techniques vers le titre d'ingénieur

IDEFI : Initiatives D'Excellences en Formation Initiale

Le public visé est ici exclusivement les bacheliers STI2D. Les écoles d'ingénieur du réseau Polytech ont mis en place ce dispositif afin de répondre à deux exigences. La première, élargir leur périmètre de recrutement en accueillant plus de bacheliers STI puis STI2D, la deuxième améliorer leur recrutement.

L'idée est ici de créer un parcours sécurisé de bac à bac+5 : DUT – Polytech. Cette expérience a été lancée à Nantes et a été labélisée IDEFI en 2011 sous le nom de AVOSTTI pour Attractivité des Vocations Scientifiques et Techniques vers le Titre d'Ingénieur. Aujourd'hui elle est en cours de généralisation au niveau national. Ainsi les écoles Polytech sont en train de mettre en place des accords avec certains IUT afin de mettre en place ce parcours sécurisé.

Le principe est tout d'abord un concours proposé aux bacheliers STI (STI2D) afin de les sélectionner pour entrer dans le parcours en commençant par un DUT. Durant la formation DUT environ 200h du programme DUT sont organisées en collaboration forte entre l'IUT et l'école Polytech locale. A l'issue de son DUT, si l'étudiant à réussi sa formation et à répondu à tous les critères (qui restent à définir en accord avec les IUT) il est admis de droit dans une des écoles du réseau Polytech.

L'intérêt de ce type de dispositif est clair pour les départements GEII car il de nature à faire venir de bons étudiants dans nos formations. De plus, la formation spécifique (200h) peut se faire en respectant les exigences du PPN. En effet, ces 200h peuvent



ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU

prendre plusieurs formes : projets, ppp, langue, modules complémentaires, ... l'objectif étant, au-delà de préparer les étudiants à devenir ingénieurs et à suivre la formation scientifique nécessaire dans de bonnes conditions, de leur donner l'envie de poursuivre cette formation dans le réseau Polytech.

- FIGURE Vincent Gibiat – UPS Toulouse

FIGURE : Formation en Ingénierie d'Universités de Recherche

FIGURE ou Formation en Ingénierie des Universités de Recherche reprend l'idée d'un cursus bac +5 clairement identifié s'appuyant sur les compétences techniques et scientifiques des laboratoires et des UFR de l'Université. Une nouvelle formation est proposée appelée Cursus en Ingénierie. Cette filière d'excellence à fort caractère scientifique et technique et bénéficiant d'un encadrement enseignant important permet de proposer aux étudiants toutes les formations L et M d'un domaine donné. Des passerelles sont organisées afin de permettre aux étudiants de DUT d'intégrer ce cursus. L'objectif final de ce dispositif étant, d'une part, de répondre aux besoins en ingénieur expert des entreprises et, d'autre part, d'améliorer l'attractivité des filières scientifiques et techniques de l'Université en proposant une structure claire et identifiée. 13 Universités françaises sont impliquées dans ce projet, 7 sont en cours de discussion et 3 Universités ouvrent un cursus en 2012 : UMPC, Poitiers, Toulouse.

Faire ressortir notre diversité et le dynamisme de nos filières

- **Diplôme tri national Bachelor – Francis Braun Directeur IUT d'Haguenau**

- **Licence Pro Conception de Systèmes Électroniques et Optoélectroniques – LP CONsePT – Fabrice Aubépart GEII Marseille**

- **Licence Pro Bâtiment Performant et Energies – LP BP3E – Daniel Hilaire GEII Grenoble**

L'élargissement de notre offre de formation peut passer par un élargissement de nos partenariats. Bon nombre d'IUT proposent des formations en partenariat entre plusieurs départements ou avec d'autres UFR ou d'autres Universités. C'est le cas des 3 formations qui ont été présentées lors de cette commission. L'idée est ici de créer une dynamique susceptible de créer de l'intérêt pour le Génie Electrique auprès d'étudiants qui ne seraient pas venus dans nos départements.

Depuis la rentrée 2005, l'Institut Universitaire de Technologie de Haguenau propose, en partenariat avec la Hochschule d'Offenburg, une formation franco-allemande en Génie Electrique et Informatique Industrielle. A la rentrée de septembre 2009, cette formation binationale est devenue trinationale. Désormais, les étudiants intégrant le cursus, effectuent leur 3ème année de formation au sein de la Haute École ARC de Neuchâtel (Suisse). L'objectif de la formation est de permettre aux étudiants d'obtenir des diplômes reconnus dans les trois pays et de les préparer à exercer des fonctions de technicien supérieur ou d'assistant ingénieur dans des secteurs variés de l'ingénierie électrique (étude, développement, recherche, production, etc.) Les enseignements sont caractérisés par leur forte orientation pratique : séances de travaux pratiques, projets tuteurés, stage long en entreprise au cours du 6^{ème} semestre, etc. Les licences professionnelles CONsePT à Marseille ou BP3E à Grenoble ont pris le parti d'élargir leur compétences en faisant appel au savoir faire de plusieurs départements partenaires de cette formation. Cette stratégie permet, d'une part, d'élargir le périmètre de leur recrutement et, d'autre part, de répondre aux

multi compétences que demandent des domaines techniques de plus en plus multi physiques et complexes. Les difficultés sont ensuite d'accueillir des publics divers et de coordonner des formations faisant intervenir des enseignants issus de différents départements. Pourtant, les expériences montrent un réel intérêt de nos étudiants pour de formations de ce type.

Changer de nom ?

Le nom de GEII est-il encore attractif ? Evoque t-il encore quelque chose pour les futurs étudiants, pour les employeurs ? Sera t-il toujours à la page avec l'arrivée des STI2D qui communiquent énergie, innovation technologique et développement durable ? Autant de questions qui ont déjà été posées à plusieurs reprises mais qui n'ont toujours pas trouvé de réponse.

Un changement de nom n'est pas une action qui se fait en un claquement de doigt. Il est certain que si le GEII prenait un jour cette voie il le ferait progressivement en, par exemple créant un sous titre à son nom et en glissant progressivement vers le nouveau nom.

La place a été donnée dans cette commission à la réflexion et à la création. Tout ceci a tout d'abord été alimenté par un sondage réalisé auprès des enseignants et des étudiants d'un grand nombre de nos départements. Celui-ci a montré que nous étions partagés sur le besoin de changer de nom car entre crainte et nécessité seule une faible majorité pour le changement est apparue. De même, sur ce que devrait représenter ce nouveau nom nous n'avons pas pu trancher entre « secteur » ou « matières ». L'exercice s'avère donc difficile pourtant, nous avons proposé durant la commission une réflexion en petit groupe qui a fait naître un grand nombre de propositions.

En voici un extrait :

- ESYCom Energie et Systèmes Communicants
- ESICom Energie Systèmes Informatiques Communicants
- IES Informatique et Electronique des Systèmes (prononcer yes)
- Génie des Systèmes Electriques et Numériques
- GEIS Génie Electrique et Informatique des Systèmes
- GESI Génie Electrique et Systèmes Informatiques
- GEII Gestion de l'Energie et Informatique et Innovation
- GEII Génie Energie Information Innovante
- GEI Génie Elec et Info
- GEI@ Génie Elec et Info @appliquée
- SA2 Sciences Appliquées Systèmes Automatisés
- INES Intégration Numérique Energie Et Systèmes Communicants
- SCINE Systèmes Communicants Intégration Numérique Energie
- NuMeLec
- GIN Génie Informatique Numérique (prononcer jean)
- EASI Electrique Automatisation et Systèmes Informatique (prononcer easy)

Que faire maintenant de ce travail ? Pourquoi pas le soumettre à nos étudiants et à nos partenaires pour sélectionner des pistes intéressantes ou en ouvrir d'autres ? Le résultat de vos sondages pourrait faire l'objet d'une communication dans un prochain GESI ... Pour cela faites moi part de vos résultats (Yves.Lembeye@ujf-grenoble.fr)

Yves LEMBEYE

ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU

COMMISSION 2 : COLLOQUE DE HAGUENAU JUIN 2012 : REFORMATAGE DU PPN PAR RAPPORT AUX FUTURS BACHELIERS

Philippe BUREAU (Le Creusot), Christophe MILLET (Nantes), Fabien NEBEL (Tours) et Thierry SUATON (Annecy)

Cette commission avait pour but de faire un état des lieux de la problématique : quelles sont les conséquences sur notre enseignement au semestre 1 provoquées par la transformation des filières STI des lycées en STI2D ? Quelles modifications faut-il apporter à nos enseignements en S1 pour tenir compte de cette évolution ?

Evidemment ces questions sont directement liées à la réécriture de notre PPN version 2013, d'ailleurs beaucoup d'entre nous s'investissent actuellement dans ce travail.

Cet article est donc une photo instantanée de la situation en juin 2012, ce qui constitue une mise en perspective de l'avancée des travaux actuels par rapport à l'état de notre réflexion de cet été.

Pour introduire la commission, Christian DUCROS, enseignant intervenant au lycée Marc BLOCH nous a expliqué la mise en place effective des nouveaux enseignements en 1ère STI2D.

Il nous a rappelé les 4 options disponibles en STI2D et leur dominante :

- ITEC (Innovation Technologique & Eco Conception) : mécanique
- SIN (Systèmes d'Information et Numériques) : électronique (et informatique industrielle)
- EE (Energie & Environnement) : électrotechnique
- AC (Architecture & Construction) : génie civil

Pour élargir ce témoignage, la commission 2 s'est appuyée sur les résultats (35 réponses) d'une enquête préliminaire qui était destinée aux enseignants de lycée en STI2D pour faire le bilan d'une année de fonctionnement de STI2D.

Globalement, il semble que les formations STI2D attirent moins de lycéens que les ex STI. L'objectif initial était pourtant d'augmenter le nombre de bacheliers techniques...

L'option SIN est la plus représentée dans les lycées et semble davantage prisée que l'option EE. L'option ITEC est également attractive.

Les enseignants en STI2D sont globalement assez réservés sur la qualité de leurs enseignements, tant en matière de contenu trop large, et donc survolé, qu'en matière d'aide à la mise en place de cette réforme.

De plus il y a une augmentation de l'hétérogénéité entre les élèves d'une même classe, les uns très motivés par les projets, et d'autres très handicapés par leurs lacunes dans les matières théoriques. La forte diminution des heures, en physique appliquée notamment, amplifie cette tendance.

Quoique déconcertés, les enseignants adhèrent encore aux objectifs fondamentaux de réforme STI2D (transversalité et approfondissement de la culture générale des élèves), une grande majorité travaille dans ce sens.

Les enseignements de spécialité sont de type projets qui sont souvent très appréciés des lycéens.

Voici quelques matériels et maquettes utilisés pour réaliser ces projets :

- Vélo, solex électrique
- Segway
- Voiture, maquette de voiture hybride
- Robots, NAO
- Pompe à chaleur, climatiseur
- Eolienne, panneaux solaires
- Serrure biométrique ou électronique
- Portail électrique
- Drones
- Cafetière, sèche main, aspirateur Inobot
- Station météo

Et quelques logiciels :

- LabView
- Matlab
- Proteus
- Flow Code
- SolidWorks + Meca 3D
- AutomGen
- Profilab
- Arduino
- Xrelais
- PSIM
- Chemskech
- Inventor
- MAPLE Sim
- Kicad
- Isis

Dans une deuxième phase, la commission a pris connaissance des résultats d'une autre enquête destinée aux enseignants des départements GEII pour faire un bilan du fonctionnement actuel du semestre 1 et les modifications à apporter aux enseignements de S1 pour accueillir les nouveaux bacheliers. 38 réponses ont été collectées.

Les résultats de cette enquête ont engendré des débats sur plusieurs thèmes :

Quels sont les éléments attractifs la formation GEII pour un lycéen ?

- Eviter les classes prépa classiques (trop théorique) tout en gardant un objectif de poursuite d'études
- L'informatique
- Les nombreux TP et ER qui conduisent à de véritables réalisations
- C'est le débouché naturel des STI
- Équilibre Théorie- Pratique
- Polyvalence par rapport aux STS
- L'obtention d'un diplôme intermédiaire avant des poursuites d'études
- Le DUT GEII pour trouver un emploi (en particulier en Electricité Industrielle)



ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU

Quels sont les enseignements de S1 particulièrement appréciés des étudiants en S1 ?

Sans surprise, les étudiants affichent une préférence pour les ER, l'ENSL, les TP d'une façon générale, l'informatique, la Culture Communication et les projets tutorés.

Les projets tutorés se déclinent en une grande disparité de modes opératoires qui dépend de la disponibilité des enseignants et de l'historique du département :

1. Un tuteur par projet : rencontres ponctuelles ou régulières avec le tuteur, projets pas forcément techniques

- A Poitiers, tous les enseignants sont mis à contribution (2 étudiants par enseignant). Les mardis après-midi sont réservés aux projets tutorés.
- A Ville d'Avray, les sujets de projets sont proposés en septembre. Les vendredis après-midi sont réservés pour les projets. 3 enseignants sont présents et tournent avec les techniciens sur tous les projets. Tous les projets sont des projets techniques. Les 1ères évaluations ont lieu en novembre. Les étudiants de 2ème année présentent leurs travaux à ceux de 1ère année. Il est à noter que cette façon de fonctionner nécessite un volume horaire à prévoir au PPN.
- Annecy fonctionne comme Ville d'Avray. Cette méthode est plébiscitée par les étudiants et les entreprises. Beaucoup de motivation qui rayonne lors des candidatures en GEII. L'encadrement est nécessaire car le matériel est couteux et dangereux.
- A Cachan 2, la possibilité est donnée de réaliser des outils pédagogiques (question moodle, soft d'aide à l'apprentissage de l'anglais...).
- A Valenciennes, les étudiants participent aux olympiades des métiers et animent la fête de la science.

2. Projets techniques ou non, encadrés avec des heures d'encadrement prisent sur les ER ou le PPP.

- A Marseille, les projets techniques sont réalisés en ER. Des heures supplémentaires sont éventuellement prises sur d'autres modules.
- A Valenciennes, les projets tutorés sont réalisés en cours de culture et communication. Les étudiants doivent mener des recherches sur un thème technique actuel. Une présentation avec support ppt leur est demandée. Ces projets servent de support lors des semaines d'entreprise, les accueils de collégiens et d'élèves de primaire, les journées portes ouvertes.
- A Cachan 1, les étudiants ont à préparer un exposé technique en S3 avec soutenance et en S4 ils ont l'obligation de réaliser une visite en entreprise avec compte-rendu au retour.

La volonté de la CCN est de ne plus prendre des heures d'ER pour réaliser les projets tutorés.

3. Pas de projets... : bien souvent se sont des IUT qui ont abandonné les projets tutorés après les avoir testés sans succès ou qui n'ont plus les moyens de les organiser.

Concernant les ER à Chartres les étudiants réalisent un dé électronique (3 séances de 2 heures) dès la première semaine. Cette réalisation est emportée par les étudiants : le but est de présenter le vocabulaire, les fonctions, et aussi d'attirer les étudiants vers la réalisation personnelle (les inciter à bricoler chez eux). Dans ce sens un kit payant (outils, fer à souder) est proposé aux étudiants.

Et enfin **l'informatique en GEII** il convient d'apporter quelques précisions : certains étudiants ont choisi GEII croyant qu'ils y feraient du réseau de PC ou de l'informatique non industrielle. Devant le volume de cours consacré au GE au semestre 1, ces étudiants sont souvent rapidement déçus et se réorientent alors vers les DUT Informatique ou R&T. Une solution serait d'intégrer les nouvelles technologies (type écran tactile, iPad, robot Nao, baie de brassage pour réseau). L'iPad peut notamment être utilisé à un but de commande de procédé (application Wago). Cela permettra d'intéresser ces étudiants à nos cours plus théoriques via des outils qu'ils sont venus chercher.

Il est à noter qu'un étudiant formé en informatique industrielle peut facilement embrasser une carrière d'informaticien, ce qui n'est pas forcément vrai pour l'inverse (il lui manquera toujours les bases du GE). C'est un atout pour le jeune en entreprise et pour notre recrutement. Dans beaucoup de départements, une enquête sur les anciens a révélée que nombre d'entre eux occupent un poste d'informaticien.

C'est peut-être aussi un problème de communication autour de l'informatique. Lors de nos recrutements, il faut bien préciser ce qu'est la formation en informatique en GEII et ce qu'ils pourront en faire en entreprise par la suite (au risque de perdre des candidats).

Certains départements ont pris la liberté avec le PPN de bouleverser l'ordre des modules entre S1, S2 et S3 (exemple : ensl1 au semestre 2, ii2 en S3...). Ce constat ne se fait pas que pour les modules d'informatique. Cette prise de liberté n'est pas marginale, mais est devenue quasi obligatoire vu la rigidité du PPN via le découpage très fin des modules et le niveau des étudiants.

Certains départements critiquent cette façon de faire. Mieux vaut faire remonter les infos à la CPN que de faire son adaptation maison. D'autres sont contraints par Apogee de respecter le PPN mais reconnaissent que le volume du S1 impose une réflexion. Il faut profiter du nouveau PPN 2013 afin de réintroduire de la souplesse ou réorganiser les modules.





ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU

Il y a aussi des enseignements qui passent moins bien en S1.

Voici le tableau récapitulatif concernant les enseignements de S1 :

Données (enquête mai 2012) en %	Ne doit pas changer	A remanier en profondeur	A faire plus tard	Avec certains étudiants seulement	Ne plus faire	Sans opinion
MA11 Fondamentaux d'algèbre et de trigonométrie	45	18	5	5	0	16
MA12 Fondamentaux d'analyse	42	16	8	5	0	16
CC1 S'exprimer pour communiquer	61	3	0	0	0	16
An1 Anglais général	69	5	0	0	0	13
P1 Mécanique - Electromagnétisme	18	29	21	11	3	13
PPP1 Découvrir le milieu professionnel	31	13	21	3	3	13
GE11 Circuits et composants linéaires	50	32	0	3	0	5
GE12 Distribution et sécurité	29	11	21	5	3	16
ET1 Inductances et transformateurs	34	26	11	8	0	11
EN1 Fonctions et composants élémentaires de l'EN	42	34	3	3	0	8
ER12 et ER13	55	18	0	0	0	8
II1 Algorithmique, programmation	47	21	5	0	0	16
ENSL1 Analyse et synthèse des systèmes logiques	55	24	3	0	0	13

Pour les mathématiques il est à noter une dégradation du niveau de mathématique des étudiants à l'entrée en DUT qui risque de s'accroître avec l'arrivée des bacheliers STI2D. Pour beaucoup d'enseignants, il est nécessaire de renforcer ou de diversifier le nombre d'heures en début de formation (via le soutien, les modules d'apprendre autrement...). Les notions à réviser sont basiques mais nécessaires : équation de droite, delta, sinus qui ne sont pas dans le programme. Il ne faut pas néanmoins baisser le niveau des exigences en mathématique afin de satisfaire la demande des étudiants se préparant à la poursuite d'études. Cela peut être organisé avec un module apprendre autrement ou un module complémentaire. Par exemple à Sénart un module complémentaire de mathématique renforcé est proposé aux meilleurs étudiants au milieu du semestre 3.

Des expériences d'apprentissage via la plateforme moodle ont été testées. Mais cette utilisation de TICE ne peut être qu'un complément dont l'apport est difficile à quantifier.

Il est à noter une perte de latitude vu le découpage des modules du programme en MA11, 12, 21, 22 qui impose un rythme soutenu sans possibilité d'initiative à l'enseignant. Il serait plus judicieux d'avoir un volume global avec un programme global sur S1, S2 afin de pouvoir par exemple revenir sur un chapitre quand on en a besoin.

En anglais une étude révèle qu'un élève prend la parole en moyenne 8 mn au total dans sa scolarité de la 6ème à la terminale !!! Il faut donc améliorer les temps de parole des étudiants, notamment entre eux.

Quelques idées afin d'améliorer le niveau d'anglais de nos étudiants :

- Effectuer une heure par semaine de cours technique en anglais (continuité à l'heure supplémentaire de technique en anglais en STI2D).

- Adopter l'anglais comme langue principale en groupe de TP (Texte en anglais, expression en anglais). Cette méthode a été testée à l'IUT de Poitiers (une formation des enseignants s'avère obligatoire). Le retour des étudiants via les évaluations est très bon.

- Présentation en anglais du département à l'intention d'étudiants étranger (sur le web ou autre).

- Parties imposées en anglais lors de toutes les soutenances orales.

- TICE en anglais : le soir après les cours, présence d'un prof sur le web (bureau virtuel) pour aider les étudiants qui ont des questions. Cette approche change le rapport entre l'enseignant et l'étudiant : l'étudiant est chez lui, il adopte une attitude différente. Très bon retour constaté.

Il est à noter que beaucoup d'enseignants notent un changement d'état d'esprit des étudiants envers l'anglais.

Pour Nantes, **le PPP** devrait insister sur la prise de note, la mémorisation, la gestion du temps pour que l'étudiant se positionne par rapport à sa formation.

Dans ce cadre, certains départements pratiquent des ateliers de Méthodologie (Apprendre à Apprendre). (Nantes, Nancy, Rouen...)

Pourquoi et comment installer des cours de méthodologie : après constat de multiples démissions dès la première semaine de cours en première année, mise en place d'une semaine 0 pour travailler la méthodologie.

Sous forme d'ateliers (les étudiants sont placés en îlots, les BAC S et STI sont mélangés), ils apprennent à gérer leur emploi du temps, à gérer le temps, travailler leur mémoire...

Le département GEII de Nantes est prêt à diffuser un document sur cette semaine 0.



ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU

GE11, GE12, ET1 et EN1 :

De grosses différences de niveau existent dans ces matières. Une méthode consisterait à former des groupes de niveau avec un objectif minimum à atteindre (irréalisable pour les départements à petits effectifs).

Il ressort des débats que le découpage GE11, GE12, EN1, EN2, ET2, ET3... est compliqué. Bien souvent l'étudiant ayant terminé un de ces modules considère que la matière a été évaluée et donc qu'il peut passer à la suite en oubliant ce qui a été vu. Il serait préférable peut être de revenir à deux modules (électronique et électrotechnique). Le niveau d'exigence n'est pas forcément remis en cause. Là encore, les intervenants sont assez unanimes pour reconnaître l'obligation de l'apprentissage des bases (lois des nœuds, loi des mailles, diodes, transistors, AOP...). La méthode d'apprentissage peut néanmoins être adaptée (approche par système techniques ou projets).

Pour palier aux difficultés individuelles, les départements font un suivi rapproché des étudiants.

Ville d'Avray organise **des séances de soutien** dès le début d'année avec choix des matières par les étudiants (l'étudiant est acteur de sa formation). Les séances sont très appréciées par les étudiants. La notation se fait sur la progression pour éviter que les étudiants choisissent la matière dans laquelle ils ont le plus de chance de réussir (là où ils sont plus forts).

A St Dié, des étudiants volontaires de deuxième année et LP assurent le soutien des étudiants en S1. Des gros progrès ont été constatés. Villeurbanne qui pratique ce type de soutien fait remarquer qu'il faut faire attention au discours du tuteur parfois pas vraiment académique. Par contre, cette méthode permet une bonne dynamique et un apprentissage de la démarche. Les tuteurs sont rémunérés. Généralement, le soutien s'effectue le jeudi après-midi, en dehors des cours, avec des salles réservées à cet effet.

A Chartres un coach professionnel en entreprise intervient (4 séances de 2 heures) auprès des étudiants. Objectifs : se projeter dans l'avenir. Les résultats sont très positifs. La mise en place de cette méthode nécessite la connaissance d'un coach prêt à revoir à la baisse ces exigences salariales.

D'une façon globale 66 % des départements qui ont répondu procèdent à un enseignement classique en insistant particulièrement sur les bases théoriques nécessaires en GEII (maths, électricité de base,...), 40 % utilisent un apprentissage par projets (les bases théoriques sont abordées pendant le développement des projets), 21 % passent par l'étude de systèmes techniques (les bases théoriques sont abordées pendant le l'étude des systèmes).

Pour étudier les bases du GE sans trop rebuter les étudiants, il faudrait privilégier un enseignement par projet ou développer autour d'une étude de système.

Vers de nouveaux enseignements en S1 :

Des modules complémentaires :

- Un module C2i qui prépare à la certification (Rouen) : Certification informatique (Word, Excel, Powerpoint, internet...). Tous les étudiants suivent cette formation en plus des heures du DUT.
- A Villeurbanne un module complémentaire de marketing est proposé aux étudiants. Ce module est présenté comme une ouverture vers le monde de l'entreprise. Il permet aussi de communiquer sur une très large palette de modules.

Le développement durable :

Le thème du développement durable est abordé par 34 % des départements et 21 % déclarent vouloir traiter cet aspect prochainement.

Il semble généralement admis que le développement durable est plus une attitude qu'un enseignement (démarche qui touche tous les actes de la vie). Pour les ER et les projets tutorés elle peut être liée à des exigences en matière d'éco conception.

Béthune propose (dans un module complémentaire) une analyse du cycle de vie d'un produit en partant de la matière première jusqu'au produit fini : l'impact sur l'environnement est étudié à chaque étape. Par exemple : Etude du cycle de vie d'un moteur en prenant en compte la matière pour le fabriquer, son temps d'utilisation, son rendement...

A Rouen, un intervenant professionnel encadre tout le module de PPP. Son approche est sous forme de thèmes et de discussions autour du développement durable.

De façon plus technique, les énergies renouvelables (panneau solaire, éolienne) et les véhicules électriques sont souvent utilisés pour aborder ce thème.

Dans ce cadre, Vélizy propose à ses étudiants une habilitation agréée quali PV (panneaux voltaïques),

68 % des départements pensent qu'il faut intégrer ces enseignements à l'intérieur des différents modules déjà existants (exercices d'applications en physique, en maths, étude de systèmes,...) 45 % souhaitent les décliner sous forme d'ER et /ou de projets tutorés et enfin certains seraient favorables à l'apparition d'un module transversal sur les énergies renouvelables (Electrotechnique, Physique, Electronique, Automatique)

Et d'autres thèmes prometteurs sont à développer :

- Robot (NAO, Lego...)
- Domotique
- Son et vidéo
- Communication et outils de développement avec Smartphone et tablette (Tours) (Angers) (Valencienne)

Et enfin pour aller plus loin dans la réforme

- 2 grandes tendances à conduire de front : beaucoup de TP, projets (ER) (avec les entreprises industrielles locales) et insister sur les bases (en ne gardant que les fondamentaux) sans perdre la possibilité de poursuite d'études.
- Des options métiers fortes en seconde année (Châteauroux)
- Une pédagogie utilisant davantage les technologies de l'information (support pédagogique et devoir à la maison sur internet, réseaux sociaux, ...) (Salon de P)
- S'inscrire dans une logique de DUT en 3 ans sous forme de licence universitaire technologique. (Tours) (Rouen)
- Valencienne propose même un regroupement avec d'autres départements d'IUT ou tronc commun en 1A et spécialisation en 2A... un peu comme en STI2D.

et les précautions à prendre :

- Ne pas morceler les enseignements en modules de 30h.
- Réduire le nombre de cours en amphithéâtre.



ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU

COMMISSION 3 : ENERGIE & ENVIRONNEMENT

Dominique RAULY (Grenoble 2), Jean-Pierre TOUMAZET (Montluçon), Taha BOUKHOBZA (Nancy), Yves LEMBEYE (Grenoble1)

Introduction

La formation en IUT dans les disciplines du GEII se trouve de nos jours confrontée à un contexte environnemental en pleine mutation. Cette dernière se situe tant sur le plan du **public étudiant** à former, notamment avec l'arrivée des nouveaux programmes de baccalauréat, que sur celui de nos **partenaires universitaires et industriels**, qui accueillent nos diplômés en poursuite d'études ou en insertion professionnelle.

Pour ce qui concerne le nouveau public entrant, il apparaît que le concept regroupé derrière l'appellation « Génie Electrique et Informatique Industrielle » ne restera évocateur et attractif que s'il se trouve complété par des concepts plus transversaux, comme **l'Energie et l'Environnement (E&E)**.

On peut supposer que le phénomène sera atténué après un passage de plusieurs années en IUT, mais il en subsistera toujours une certaine coloration dans l'esprit de

nos diplômés, laquelle devra être prise en compte par nos partenaires universitaires.

De même cette approche plus **transversale** est susceptible de se manifester lorsque nos partenaires industriels _ceux qui embauchent nos diplômés, ceux qui les accueillent dans des cycles de formation en alternance ou ceux qui souhaitent recevoir des formations qualifiantes_ vont définir et décrire de **nouveaux métiers**. Là encore l'Energie et l'Environnement sont deux aspects importants à considérer.

L'objectif de cette commission est de fournir des éléments pour répondre à cette nouvelle donne, dans le cadre des formations en IUT. Il s'agira également de mettre en partage, au niveau national, des expériences pédagogiques et des solutions, tant sur le plan pédagogique, que sur celui des moyens et des partenariats.

1- Quelle pédagogie autour de l'Energie et de l'Environnement ?

Solutions dans le cadre du PPN et/ou Interdisciplinaires

1.1 Travaux Pratiques du module ET5 « Energies renouvelables » : Cellules solaires photovoltaïques (J.C. Guignard, GEII Angers).

L'objectif de ce TP de deux heures consiste à faire manipuler aux étudiants un module solaire PV, dans le cadre du module complémentaire « Énergies renouvelables ET5 ».

La contrainte principale est le coût du matériel qui doit être très faible pour plusieurs raisons :

- Budget très limité
- Six maquettes pour TP non tournants, par binôme, ce qui permet de donner des explications communes au groupe de 12 étudiants.

Autre contrainte importante : ces TP peuvent être placés dans l'emploi du temps, aussi bien le matin que l'après-midi, en automne, hiver ou printemps, saisons où la lumière du soleil n'est donc absolument pas assurée. De plus, ils ont lieu dans une région géographiquement située entre « Le château d'eau de la France » et la Bretagne. La présence d'un éclairage de 1000 W/m² est donc loin d'y être permanente... Bien que cette région soit réputée pour sa douceur, réaliser ces TP à l'extérieur, ne serait que modérément apprécié par les étudiants comme par l'enseignant...

Il fallait donc remplacer le soleil (1 kW/m²) par une autre source : EDF !

Maquette solaire photovoltaïque

La maquette est constituée d'un cube d'environ 33 cm de côté, composé de cinq faces en bois aggloméré et monté sur quatre pieds. La sixième face, le dessus, est constituée du module PV Phébus 4 au silicium amorphe.

Deux types d'éclairages sont mis en oeuvre :

- Trois maquettes sont éclairées par une ou deux lampes fluocompactes de 230 V, 27 W chacune qui peuvent être alimentées séparément,
- Trois maquettes sont équipées d'une lampe halogène de 230 V, 300 W avec un variateur à triac.

Le confinement d'une telle puissance impose une ventilation. Elle est assurée par un ventilateur de 3 W, 12 VDC, 9 x 9 cm, alimenté par un module intégré de 230 VAC, 12 VDC, 0,3 A, avec sortie isolée.

Afin d'avoir un flux laminaire plus homogène, le ventilateur fonctionne en aspiration : une partie de l'air entre par des trous percés dans le fond pour refroidir la source lumineuse, une autre entre par des trous dans les flancs, juste au-dessous du panneau PV qui dissipe aussi sa chaleur par sa face supérieure.

Afin d'éviter que la source lumineuse puisse fonctionner sans ventilation, le ventilateur est alimenté dès que la maquette est branchée au secteur. L'expérience a montré que, sans ventilation, une maquette alimentée par sa source halogène réglée à 300 W se transforme assez rapidement en boîte à fumée...





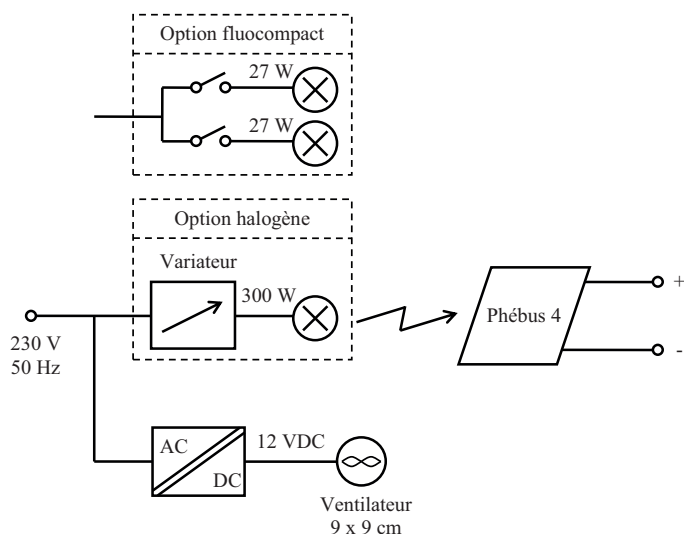
ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU

Afin d'améliorer le couplage lumineux entre la source et le panneau PV, l'intérieur du cube est tapissé de papier d'aluminium (type Albal).

Les modules Photovoltaïques ont été commandés chez un fabricant de clôtures électriques qui en utilisait d'assez grandes quantités. Ils sont de type amorphe, donc peu coûteux, mais leur rendement n'est que de 6 à 7%.

Sept ans après sa conception, si cette maquette était à refaire, elle serait réalisée à partir d'un module monocristallin dont le prix est devenu nettement plus abordable. À puissance égale, elle serait sensiblement plus petite ; l'éclairage halogène serait abandonné au profit du fluocompact, voire à LED (essais à faire).

Ce type d'éclairage ne permet pas d'avoir un rendement optimum : le courant maximum fourni par le panneau PV éclairé par la lampe halogène de 300 W, n'est que de l'ordre de 1/5 du courant nominal obtenu au soleil. Avec l'éclairage fluocompact de 2 x 27 W, il n'est que de 10%. En revanche, ces valeurs sont tout à fait reproductibles quelles que soient les conditions météorologiques.



Préparation du TP panneau solaire PV

Elle consiste principalement à étudier la spécification du module Phebus 4 à éclairage nominal de 1 kW/m².

1. Rechercher la valeur des paramètres : Voc, Isc, Wp (MPP) et Vp. Donner leur signification en anglais et en français. En déduire la valeur de Ip
2. Étudier l'influence d'une élévation de température donnée sur : Voc, Vp, Isc, Ip et Wp
3. À partir de la surface utile du module, déterminer le rendement de son matériau pour un éclairage de 1 kW/m²
4. À éclairage nominal, proposer un modèle de Norton pour la cellule utilisée dans la zone $V < V_p$, où I varie peu et un modèle de Thévenin dans la zone $V > V_p$, où c'est la tension qui varie peu
5. Étudier l'évolution des paramètres Voc, Vp, Isc, Ip et Wp quand deux modules sont montés en série ou en parallèle. Même étude si la surface est doublée en doublant le nombre de cellules ou leur surface

6. Schéma du montage pour relever la caractéristique $I = f(V)$ du module

Remarque :

Pour pouvoir relever cette caractéristique, afin de descendre à une valeur de courant relativement faible, le rhéostat de charge doit avoir une résistance assez élevée. Cependant, il doit aussi pouvoir supporter le courant de court-circuit qui est assez fort. Le modèle choisi est de type bobiné de 4,7 kΩ. Une autre solution moins coûteuse consisterait à utiliser deux potentiomètres : un de faible valeur pour les courants forts et un de valeur élevée en série avec une résistance fixe interdisant au courant d'atteindre une valeur dangereuse pour la survie de sa piste (résistance dite « student proof »...).

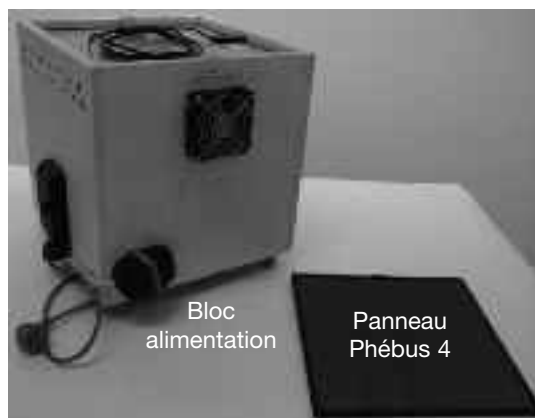
Partie manipulation du TP panneau solaire PV

1. Réaliser le montage pour relever la caractéristique $I = f(V)$ à éclairage maximum puis médian
2. Tracer les courbes $P = f(V)$ et en déduire le MPP. Par comparaison avec W_p à 1 kW/m², déduire la puissance rayonnante équivalente reçue par unité de surface
3. En déduire le rendement de la cellule fonctionnant dans ces conditions, comparer avec le rendement nominal et justifier les pertes
4. Fonctionnement en charge :
 - Résistance faible donnant un point de fonctionnement en zone courant constant
 - Résistance élevée donnant un point de fonctionnement en zone tension constante
 - Calcul de la résistance permettant de fonctionner au MPP
 - Batterie au plomb de 12 V chargée à tension constante de 14 V
 - Convertisseur DC/DC permettant de fonctionner au MPP, quel que soit l'éclairage

5. Application

Évaluer approximativement la puissance moyenne maximum d'un électrificateur de clôture fonctionnant 24 / 24 h, de mars à octobre, sachant qu'il est alimenté par une batterie au plomb de 12 V, chargée par ce panneau PV de 4 W, orienté vers le sud et incliné de 45° par rapport à l'horizontale. Cette application est située dans le sud de la France (remarque : au nord de la Loire, cet électrificateur est vendu avec un panneau de 6 W).

Variateur



Bloc
alimentation

Panneau
Phébus 4

Contact :

Jean-Claude Guignard
Département Génie Electrique et Informatique Industrielle
IUT de Angers - Site de Belle-Beille
4, Bd Lavoisier - BP 42018 49016 Angers Cedex
Tél. : 02 44 68 88 17 - mail : jean-claude.guignard@univ-angers.fr





ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU

1.2 Calcul de la « vitesse généralisée »

(J.C. Guignard, GEII Angers).

Dans le cadre de l'enseignement du module ET5, ce petit calcul simple est facile à introduire, par exemple au moment où l'on étudie les énergies fossiles, en particulier le pétrole qui fournit plus de 4 Gtep par an, soit 36% de la consommation globale d'énergie primaire et surtout 96% de l'énergie des transports.

J'ai trouvé ce calcul dans un vieux livre d'Ivan Illich : il l'appliquait aux pays sous-développés pour montrer l'aberration de la situation.

Pour le faire comprendre et surtout le retenir, je l'ai appliqué à un exemple simple, dans les conditions économiques actuelles.

Soit un parcours de 100 km effectué, en voiture, par un smicard seul.

Si le voyage est en province, on suppose qu'il est effectué à 100 km/h (ce chiffre élevé intervient assez peu dans le résultat).

Ce déplacement nécessite du carburant, une voiture, son entretien, etc. Ceci représente un coût dont la valeur moyenne est donnée par les revues automobiles. Pour une voiture moyenne, il est de l'ordre de 0,5 €/km.

Le coût d'un parcours de 100 km est donc de 50 €.

Le SMIC étant d'environ 9 €/h, le gain de cette somme demande plus de 5,5 h de travail. Au total, pour effectuer ce déplacement, il aura donc fallu plus de 6,5 h. Cette durée permet de calculer la vitesse généralisée :

$100/6,5 \approx 15$ km/h c'est-à-dire à peu près celle d'un cycliste !

La situation peut être améliorée :

- L'automobiliste peut ne pas être smicard : un salaire de deux fois le SMIC porte la vitesse à plus de 25 km/h...
- Le covoiturage : avec 4 smicards la vitesse dépasse 40 km/h
- Une voiture amortie, consommant peu, permet aussi d'atteindre des vitesses assez inégalables, surtout si on a un salaire élevé : cas d'un enseignant richement payé circulant dans une vieille 2CV (cas peu fréquent à mon avis mais pas à cause de la 2CV...)
- À noter le cas de la plupart des étudiants qui utilisent une voiture payée par le travail de leurs parents...

La situation peut aussi être bien pire. Par exemple, en région parisienne où la vitesse moyenne des déplacements ne dépasse guère 30 km/h en grande banlieue, pour se réduire à moins de 20 km/h au coeur de Paris. Dans ce cas, même un salaire de ministre ne suffit pas pour aller plus vite : il faut en plus les motards associés au portefeuille...

On peut aussi imaginer à quelle vitesse on se déplace dans certains pays en voie de développement où, pour qu'un individu circule en voiture, il faut le travail de plusieurs personnes pour produire ce qui devra être exporté afin de payer l'importation de la voiture et de son carburant. Ils iraient souvent bien plus vite en poussant le véhicule...

Une augmentation de la vitesse peut conduire à allonger la durée du trajet !

En 2008, le prix du pétrole à 147 \$/bbl a causé une augmentation brutale des carburants à 1,5 €/L. Une expérience a alors été réalisée sur une autoroute de l'Est de la France où la vitesse a été limitée à 110 km/h au lieu de 130 km/h, dans le but d'économiser l'énergie. Des mesures effectuées par les journalistes de la revue Auto Plus ont montré que, pour une voiture moyenne, l'économie était de l'ordre de 1,5 litre pour 100 km.

À 110 km/h un parcours de 130 km demande 1h11mn.

À 130 km/h il ne faut qu'une heure, mais aussi 1,5 x 1,3 soit près de 2 litres de carburant supplémentaires. À raison de 1,5 €/L, cette dépense atteint 3 €. Avec un salaire de 9 €/h, il faut travailler 0,33 h, soit 20 mn. Au total, il aura donc fallu 1h20mn, c'est à dire 9 mn de plus qu'en roulant à 110 km/h !

Notons qu'un salaire double conduit à une durée sensiblement identique.

Contact :

Jean-Claude Guignard
Département Génie Electrique et Informatique Industrielle
IUT de Angers - Site de Belle-Beille
4, Bd Lavoisier - BP 42018 49016 Angers Cedex
Tél. : 02 44 68 88 17 - mail : jean-claude.guignard@univ-angers.fr

1.3 Plateforme Pédagogique Solaire

Tournesol : un projet multidisciplinaire

(V. Grennerat, E. Chamberod, JM Boggetto, P. Xavier, GEII2 Grenoble).

Depuis septembre 2011, le département GEII2 de Grenoble a mis en place un ensemble de 8 trackers photovoltaïques, disposés sur une plateforme extérieure mais entièrement pilotables depuis les salles de travaux pratiques. La commande se fait via différentes interfaces numériques et les mesures via quelques boucles de courant et/ou via des interfaces numériques (C.f. GESI N°78 de décembre 2011 pages 18 & 19).

Une vue en direct de la plateforme est accessible à : <http://webcam-tournesol.ujf-grenoble.fr>

Dans le cadre du module complémentaire MC-ET5 traitant des éléments constitutifs d'une chaîne de production d'énergie électrique, les modules photovoltaïques de la plateforme TOURNESOL sont utilisés et caractérisés. Ces modules seront appelés PV par la suite.

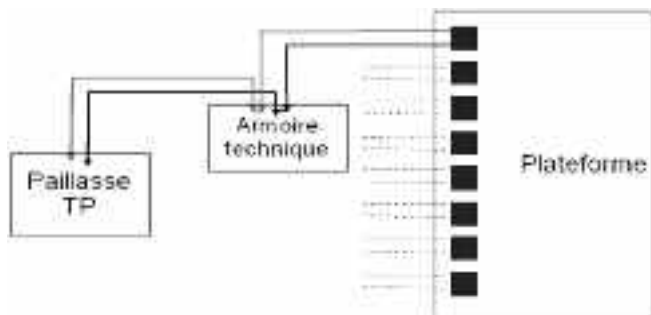
Cette caractérisation présente l'intérêt de se faire in-situ, ce qui génère avantages et inconvénients. Ainsi, parmi les avantages, les PV sont à l'extérieur (→ pas de nécessité d'achat de lampes à spectre type solaire et mise en situation conforme à la réalité), et les contraintes sont identiques à celles rencontrées dans les structures domestiques ou industrielles installées (en particulier l'impact du câblage). De plus, l'électronique embarquée dans les TOURNESOLS permet une mesure numérique des grandeurs intéressantes dans le cadre du MC-ET5 (courant et tension du PV, mais aussi possibilité d'obtenir la température, l'irradiance, etc ...). Notons que les inconvénients de cette configuration sont les pendants des avantages, à savoir notamment que l'exploitation des travaux pratiques est partiellement conditionnée aux conditions climatiques. En cas de temps couvert ou pluvieux notamment, les variations de courbes en fonction de la position des PV peuvent être significatives.

Les spécificités du câblage, dont un schéma simplifié est donné ci-contre, permettent de charger chaque PV depuis 2 endroits : soit l'armoire de brassage, soit la paillasse de TP de l'étudiant. Cette particularité permet d'identifier isolément les différentes parties du câblage.





ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU

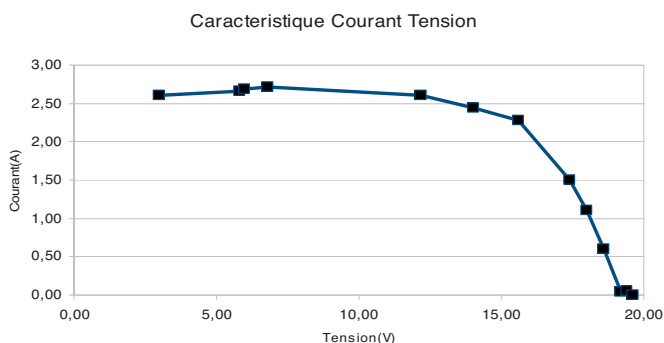


Pédagogiquement, les notions exploitées ont une double portée :

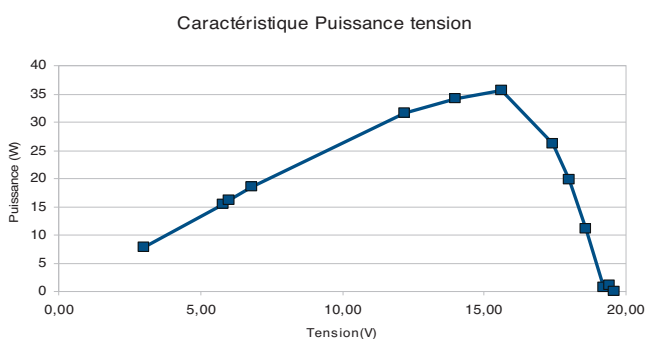
1 – les premières mesures peuvent être faites dès la 1^{ère} année, dans le cadre du module GE11 : mesure à vide, en charge et en court-circuit des courants/tensions des modules.

De même, les résultats des mesures dynamiques faites dans le cadre du MC-ET5 peuvent être donnés aux étudiants de 1^{ère} année de manière à établir un simple schéma électrique global d'installation à base de résistances et d'inductances. Un calcul simplifié des pertes en ligne peut-être établi, grâce à la définition des puissances.

Le relevé manuel de la courbe I(V) du module photovoltaïque est réalisable depuis la salle de TP, avec ou sans prise en compte du câblage. Un exemple relevé par un étudiant est donné ci-contre.



De la courbe ci-dessus est extraite la courbe de puissance du module photovoltaïque.



L'étudiant peut alors comparer la puissance délivrée par le PV aux pertes en ligne et en déduire des règles de bases abordées dans le module GE12 (comme la nécessité de diminuer le courant et élever la tension dans le cas du transport d'énergie). Le câblage mis en place présente une résistance en ligne d'environ 1Ω . Sur les courbes ci-dessus, on voit clairement qu'au maximum de puissance le courant est proche de 2A. Les pertes sont donc de 4W pour une puissance du module valant 35W. Ainsi, dans ce cas précis, le câblage fait chuter le rendement global de l'installation de plus de 10%.

Dans le module d'enseignement GE12 peut-être établi par la même occasion le schéma global de la protection de ces équipements (fusibles pour l'électronique et fusibles pour les moteurs).

2 – ces mêmes mesures sont reprises en 2^{ème} année (plus rapidement et à titre de rappel) de manière à montrer tout d'abord la notion de MPP (maximum power point) et de différencier l'optimisation électrique (MPP) de l'optimisation optique (tracking). Le câblage est alors réintégré dans les mesures et son influence calculée. L'accent est mis, en particulier, sur l'essai en court-circuit depuis la paillasse de TP de manière à montrer que cet essai ne provoque pas un vrai court-circuit du PV (cf courbes ci-avant).

De manière à établir le lien évident avec le module ET3, tout en intégrant la nécessité des commandes numériques des hacheurs (modules relatifs à l'informatique industrielle), 2 hacheurs réalisés par les enseignants sont étudiés : un hacheur piloté en MPPT et un hacheur série destiné à réaliser un relevé automatique de courbes (à base de PIC 16F886, retour des informations par liaison série).

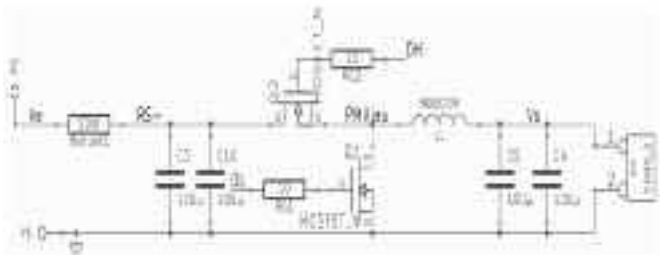
Ce dernier hacheur est pédagogiquement particulièrement intéressant. En effet, tout d'abord, le but atypique de sa présence est vu avec l'étudiant (ce hacheur sert de résistance variable électroniquement, et dont la valeur dépend du rapport cyclique et de sa propre résistance de charge). La résistance chargeant ce hacheur est calculée de manière à ce que la totalité de la courbe I(V) puisse être relevée (sa valeur est très faible : proche elle aussi de 1Ω).

Ce convertisseur de l'électronique de puissance met en œuvre un capteur de courant (MAX4172), un PIC (16F886) pilotant le hacheur en PWM et remontant les informations tension/courant sur une liaison série. Les problèmes de conditionnement de signaux (adaptation des niveaux de tension images du courant et de la tension issus du PV) sont mis en évidence, ce qui permet d'étudier au mieux ce hacheur dans son contexte, permettant à l'enseignant de montrer aux étudiants comment justifier des choix technologiques et leurs limites.

La partie puissance de ce hacheur est présentée ci-contre. La structure choisie est un « redresseur synchrone » (hacheur série à 2 MOSFETs) nécessitant la mise en œuvre d'un driver bootstrap (MAX15013) étudié dans le module ET3.



ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU



Si le temps le permet, une étude plus amont est menée sur l'intérêt des traqueurs sous nos latitudes grâce à une campagne de mesures de la puissance en fonction de la position pour un éclairement donné. La notion de rendement global du système est alors abordée (le calcul complet dépendant grandement de la mécanique associée, seule une approche est menée).

Autant dans le module ET3 les hacheurs étaient étudiés avec une source de tension d'entrée constante, autant dans le module MC-ET5 les hacheurs série et parallèle sont vus associés à une source dont la tension dépend du courant. L'impact de cette spécificité (particulièrement présente avec les PV) sur le dimensionnement de ces hacheurs est abordé.

Contact :

Vincent Grennerat
Département Génie Electrique et Informatique Industrielle 2
IUT1 de Grenoble
151 rue de la Papeterie - Domaine Universitaire
BP 67 38402 St Martin d'Hères Cedex
Tél. : 04 76 82 53 71 - mail : Vincent.Grennerat@ujf-grenoble.fr

1.4 Mise en œuvre d'un projet pluridisciplinaire autour des énergies renouvelables : Partenariat d'établissement GEII – GTE. (JP Toumazet, GEII Montluçon)

L'objectif de cet article est d'expliquer comment le développement de thématiques d'enseignement autour des aspects « énergie renouvelable » peut offrir l'opportunité de concevoir des projets communs entre les départements GEII et GTE. Si cette synthèse est le fait d'un seul auteur, il est clair que ce travail de mutualisation est le fruit d'une collaboration entre plusieurs interlocuteurs. Je tiens donc à remercier en premier lieu le Conseil de l'IUT d'Allier et plus particulièrement son Président, M. Jean-Paul VIDAL et la directrice, Mme Cécile CHARASSE, pour le soutien et l'impulsion qu'ils ont su donner à ce projet, Pierre LEBARS et Francis GARY, respectivement ancien et actuel chef de département GEII, et plus généralement les collègues de GEII et GTE qui ont participé à l'élaboration du cahier des charges. J'adresse un remerciement tout particulier à Jean-Yves LARONDE et Juan José DIAZ, qui ont participé activement à la phase de mise au point de cet équipement.

Comme beaucoup de départements GEII en France, celui de l'IUT d'allier s'est lancé dans l'enseignement des énergies renouvelables, conscient de l'intérêt de former des personnels compétents sur ces secteurs clé. Le contexte montluçonnais reste toutefois particulier. Le site comporte en effet également un département GTE. Historiquement et jusqu'au début des années 2000, il s'agissait d'un petit département (55 étudiants) comparé

au département GEII (225 étudiants). Cette situation s'est ensuite totalement inversée, pour aboutir, à l'heure actuelle à 170 étudiants au total en GTE et 85 en GEII, licences professionnelles comprises.

Le département GTE s'est fortement orienté vers l'aspect développement durable. Il y a donc une concurrence forte localement, en particulier en terme de recrutement. La politique de notre établissement est, dans ce contexte, de ne pas s'inscrire dans une démarche concurrentielle stérile, mais au contraire de favoriser la synergie entre les deux départements.

Cette option a été grandement facilitée par les bonnes relations qu'entretiennent les deux départements, et par les pratiques de collaboration existantes, puisque certains enseignants de GEII interviennent en GTE (et inversement) et que notre département accueille dans ces bâtiments certains des enseignements de Génie Thermique et Energie.

Suite à un appel à projet lancé par l'Université et relayé au sein de l'IUT, nous avons donc fait la démarche de constituer un dossier d'équipement concernant une plateforme éolien / photovoltaïque construit dans l'optique d'une mutualisation GEII / GTE. Cette démarche a été l'occasion de formaliser et de mettre en avant les spécificités de chaque formation.

Ainsi, la vision GEII est plutôt orientée vers les aspects production et transformation de l'électricité, en permettant d'appréhender la technologie des alternateurs, génératrices (Electrotechnique), la technologie des convertisseurs d'énergie (Electronique et Electronique de Puissance) et la stratégie de conversion et/ou de stockage de l'énergie (Tout le GEII).

A contrario, la philosophie d'approche de GTE est plutôt orientée vers les principes de production de l'énergie et la comparaison des différents types de panneaux solaires, d'éoliennes, les aspects liés aux économies d'énergie en relation avec les problèmes de conception, mais aussi les énergies renouvelables autres qu'électriques (pompe à chaleur, géothermie, solaire thermique, etc.).

Le cahier des charges concernant la définition du matériel pédagogique a donc dû tenir compte de ces particularités. Le projet portait sur deux bancs d'étude modulables permettant la simulation d'installations autonomes. Les contraintes que nous avons imposées étaient les suivantes :

- Les sources d'énergie devaient être de différents types, pour pouvoir comparer leurs performances et satisfaire ainsi les exigences du département GTE.
- Différents types de charges électriques devaient être présentes, de façon à comprendre les différents modes de fonctionnement pour mettre en évidence, entre autres, le stockage d'énergie.
- La chaîne de transformation de l'énergie devait être complète (régulateur, stockage, onduleur) et paramétrable afin d'illustrer les différents domaines du Génie Electrique.

Enfin, un système d'acquisition devait permettre la visualisation des mesures et leur enregistrement.

L'objectif principal est de ne pas avoir un banc d'étude « purement pédagogique », mais que le matériel sur lequel les étudiants seront formés soit identique à celui utilisé sur une installation réelle.

Il apparaît donc qu'aucun produit « catalogue » ne répondait à l'ensemble de ses exigences. Il a donc fallu trouver un partenaire qui accepte de relever ce challenge. Ceci a été possible grâce à la société Didatec, qui a non seulement conçu un équipement correspondant à nos exigences, mais avec qui nous avons véritablement établi un lien de partenariat pérenne.



ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU

Nous avons ainsi pu améliorer et faire évoluer certains aspects, tels que la qualité de l'éclairage artificiel des panneaux, avec le support actif de cette entreprise.

L'équipement se compose ainsi :

→ d'un banc d'étude solaire comportant des panneaux 120 Wc (polycristallins, monocristallins et suiveur de soleil), un système d'éclairage artificiel et une armoire réaliste incluant les parafoudres, le régulateur et l'onduleur, les batteries, ainsi que des éléments de mesures, c'est-à-dire une structure identique à celle que l'on peut rencontrer sur un site autonome.



Figure 1 : vue complète du banc d'étude solaire

→ d'un banc d'étude éolien (éolienne de bateau de 240 W) et une armoire réaliste incluant les parafoudres, le régulateur et l'onduleur, les batteries, ainsi que des éléments de mesures et différents types de charges.



Figure 2 : vue complète du banc d'étude éolien

Bilan

Cet investissement, d'un montant global de 52 k€ a été une totale réussite. Il constitue en effet un superbe outil pour les TP en permettant l'étude de l'inclinaison des panneaux solaires, d'un masquage partiel des panneaux, de l'aspect génératrice/frein pour l'éolienne, des différents étages de conversion d'énergie, etc.



Figure 3 : exemples d'utilisation en intérieur et en extérieur

Il constitue également un support pour le développement de projets, mais également un formidable outil de communication, en particulier à destinations des lycéens et collégiens.

A l'heure actuelle, Cet équipement est utilisé dans le cadre de l'enseignement du module ET5 pour les étudiants de DUT 2eme année, mais également en Licence Professionnelle en Génie Electrique et en Génie Thermique, ainsi que dans le cadre d'une formation d'Ingénieurs en Alternance.

Il constitue également un support de projets tuteurés, pour les étudiants de l'IUT, mais également dans le cadre d'échange ERASMUS. Trois étudiants flamands sont ainsi venu travailler sur ces équipements cette année.

Conclusion

Ce projet s'intègre dans une réflexion beaucoup plus large menée au sein de l'établissement et axée à la fois sur la mutualisation des investissements et le développement de l'offre de formation dans le domaine de l'économie verte. Le département GEII est au coeur de ce projet, qui prévoit une modernisation complète de nos locaux et la création d'un pôle multi compétences regroupant non seulement les départements GEII et GTE, mais plus généralement la quasi-totalité des départements du site montluçonnais autour de la dynamique liée au développement durable.

Contact :

Jean-Pierre TOUMAZET
Département Génie Electrique et Informatique Industrielle
IUT de Montluçon
Avenue Aristide Briand - BP 2235 03101 Montluçon Cedex
Tél. : 04 70 02 22 12 - mail: toumazet@moniut.univ-bpclermont.fr





ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU

1.5 Enseignement « Eclairage et Efficacité énergétique » dans la filière GTE des IUT

(D. Portail, GTE Rouen)

Depuis maintenant plus de 10 ans, le département Génie Thermique et Energie (GTE) de l'IUT de Rouen a mis en place un module d'enseignement (cours-TD-TP) en éclairage intérieur efficace, dans le cadre de l'adaptation locale des programmes.

La CPN (Commission Pédagogique Nationale) a reconnu ce travail et l'a « officialisé » en introduisant la thématique de l'éclairage intérieur dans le PPN (Programme Pédagogique National) du DUT GTE en août 2010.

Cet article présente les enjeux liés à l'éclairage dans le cadre plus vaste de la Performance Énergétique des Bâtiments ; il présente également l'historique de la démarche suivie à Rouen, le contenu de l'enseignement mis en place, les moyens expérimentaux existants et les retombées en terme de transmission de compétences.

1.5.1 Un petit calcul de coin de table pour présenter les enjeux !

Depuis 2001 jusqu'à aujourd'hui la Réglementation Thermique, concernant le poste « Eclairage » a beaucoup évolué ! Sans entrer dans les détails et subtilités du calcul réglementaire, et pour simplifier la présentation, le Poste « Eclairage » était conforme à la RT 2000 si la puissance installée ne dépassait pas 15 W/m^2 ; ce critère était ramené à 12 W/m^2 pour la RT 2005.

Avec l'arrivée de la RT2012, c'est la consommation globale annuelle d'énergie primaire du bâtiment qui entre dans le champ réglementaire. En cumulant les postes « Chauffage », « Ventilation », « Production d'ECS (eau chaude sanitaire) », « Climatisation » et « Eclairage », elle ne doit pas excéder $50 \text{ kWh}_{\text{énergie primaire}}/\text{m}^2$!

Donnons un exemple pour illustrer cet objectif. Considérons une salle de classe construite dans le début des années 1990, de superficie 65 m^2 , pouvant accueillir 30 étudiants. Il est fort probable que le matériel d'éclairage soit constitué de tubes fluorescents T8 ($\varnothing 26 \text{ mm}$) avec des ballasts ferromagnétiques et comme seul outil de gestion, un interrupteur manuel situé près de la porte d'entrée !

La puissance installée est alors dans ce cas d'environ $1,2 \text{ kW}$ soit 18 W/m^2 ; ce local ne satisferait donc pas les exigences des RT2000 et 2005.

Qu'en est-il pour la RT2012 ?!

Il faut maintenant estimer la consommation annuelle d'énergie électrique, puis primaire.

Supposons que l'éclairage de cette salle fonctionne 8 heures par jour, 5 jours par semaine et pendant les 30 semaines d'une année universitaire. La consommation annuelle d'énergie électrique s'en déduit :

$C_{\text{élec}} = P_{\text{installée}} \times \text{durée de fonctionnement}$

$$= 1,2 [\text{kW}] \times 8 \left[\frac{\text{h}}{\text{j}} \right] \times 5 \left[\frac{\text{j}}{\text{se}} \right] \times 30 \left[\frac{\text{se}}{\text{an}} \right] = 1440 \text{ kWh}_{\text{élec}}/\text{an}$$

En France l'équivalence (réglementaire) entre le $\text{kWh}_{\text{élec}}$ et le $\text{kWh}_{\text{énergie}}$ primaire est telle que : $1 \text{ kWh}_{\text{élec}} \leftrightarrow 2,58 \text{ kWh}_{\text{énergie primaire}}$

$$C_{\text{éclairage}} = \frac{1440 \times 2,58}{65} = 57 \text{ kWh}_{\text{énergie primaire}}/\text{m}^2$$

Ce résultat illustre bien l'ambition du législateur sur les performances énergétiques à obtenir dans les constructions neuves (ou lourdement réhabilitées) qui entrent (ou vont entrer) dans le champ réglementaire de la RT2012.

Non seulement sur cet exemple, le seuil des 50 kWh est dépassé mais il ne concerne que le poste « Eclairage ». Que reste-t-il pour le chauffage, la ventilation ou la production d'ECS ?

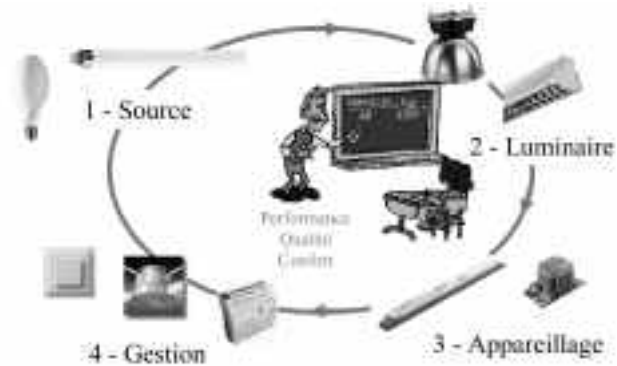
1.5.2 Qu'est-ce qu'une installation d'éclairage ?

Au centre d'une installation d'éclairage, on trouve un utilisateur à qui l'on doit une qualité d'éclairage qui se quantifie par trois indicateurs retenus dans la norme NF EN 12464-1 d'éclairage intérieur :

- Performance : un niveau d'éclairement adapté (en lux)
- Qualité : un rendu des couleurs satisfaisant
- Confort : un environnement visuel débarrassé de toutes sources d'éblouissement.

La connaissance de ces trois contraintes constitue la base du cahier des charges technique de l'installation ; celle-ci sera constituée de 4 éléments :

- Une source
- Un luminaire
- Un appareillage électronique nécessaire au fonctionnement de l'ensemble
- Un système de gestion.



- Dans le choix des matériels à installer, l'optimisation de la source, permet d'obtenir le meilleur flux lumineux (lumen) par Wélectrique .
- De même, choisir un luminaire avec un bon rendement permet de diminuer le nombre d'appareils à installer au plafond !
- Enfin choisir un appareillage électronique de haute qualité permet encore d'éliminer des sources de pertes énergétiques.

L'optimisation de chacune des trois étapes précédentes permet de minimiser la puissance électrique à installer pour répondre aux besoins de la tâche à éclairer.

Atteindre l'objectif réglementaire en RT2012, ne peut se faire sans mettre en place un système de gestion plus ou moins élaboré qui permettra de diminuer les durées de fonctionnement. Cette gestion peut être composée d'horloge, de détection de présence, de gradation du flux lumineux en fonction des apports de lumière naturelle, etc.

Les exigences de la RT2012 sont accessibles avec le matériel existant aujourd'hui sur le marché : tubes T5, ballasts électroniques et luminaires à haut rendement, systèmes de gestion performants ; signalons également que les performances énergétiques ne sont jamais atteintes au détriment du confort visuel que l'on doit à l'utilisateur !

1.5.3 La petite histoire de l'éclairage à l'IUT de Rouen

Pourquoi l'IUT de Rouen, et en particulier le département GTE, s'est-il intéressé à l'éclairage ?

Nous formons des étudiants au Diplôme Universitaire de Technologie en deux années après un baccalauréat général ou technologique. La formation est généraliste en énergétique et thermique ; les spécialisations viennent en général par une poursuite d'étude (licence professionnelle, masters, cycle ingénieur, etc.). La plupart de nos étudiants poursuivent leurs études ou s'insèrent dans le monde professionnel, essentiellement dans la filière bâtiment (bureau d'étude, calcul réglementaire, maîtrise d'oeuvre, etc..)

Avec l'arrivée de la RT2000, la consommation d'énergie des bâtiments est devenue un critère de conformité réglementaire et pour la première fois dans l'histoire de la Réglementation thermique en France, les consommations d'énergie électrique du





ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU

poste « Eclairage » en faisaient partie. Le programme national des IUT laissent à chaque établissement une petite marge d'autonomie et c'est la raison pour laquelle nous avons initié une réflexion sur l'éclairage à l'instigation d'un ingénieur retraité de la Direction Régionale EDF-GDF, Jacques LOMBART, partenaire de notre département depuis sa création en 1993.

Dressons tout d'abord un constat ; en France, il n'y a aucune formation initiale généralisée en éclairage au niveau Bac+2. On trouve quelques modules dans certains Masters ou écoles d'ingénieurs en cycle terminal et quelques indications dans certains référentiels de BTS.

Depuis plusieurs années, le département avait noué des relations avec l'Université Technique des Constructions de Bucarest (UTCB) en Roumanie. Depuis plus d'un siècle dans ce pays, les techniciens (bac+3) de la filière « bâtiment » sont formés aux équipements techniques du bâtiment : chauffage, ventilation, froid, acoustique et éclairage.

Nous avons profité de ces contacts en Roumanie pour mettre au point un dispositif d'échange entre enseignants et effectuer un transfert de compétences depuis l'Université de Bucarest vers l'IUT de Rouen.

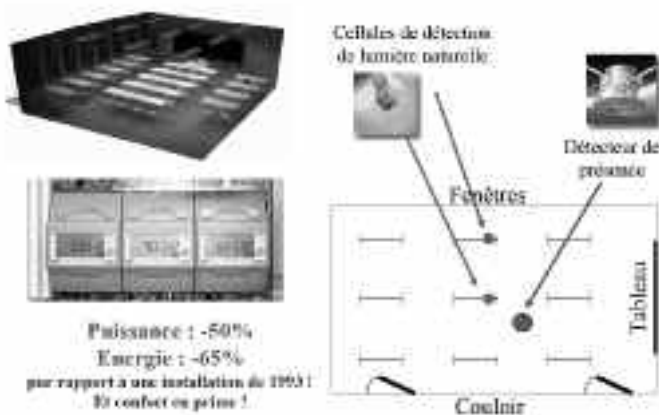
Le département International de l'ADEME a soutenu financièrement cet échange.

1.5.4 De quels moyens pédagogiques disposons-nous à l'IUT de Rouen ?

Au tout début de notre réflexion pour la conception d'un module d'enseignement à l'éclairage efficace, nous avons sollicité un constructeur (Philips) pour financer la réhabilitation complète d'une salle de cours avec le matériel « haut de gamme » de l'époque.

Ce travail a été effectué en 2003 ou une salle de TD équipée depuis sa construction de T8 sur ballasts ferromagnétiques a été entièrement refaite avec des T8 sur ballast électroniques avec détection de présence et gradation analogique sur les apports de lumière naturelle.

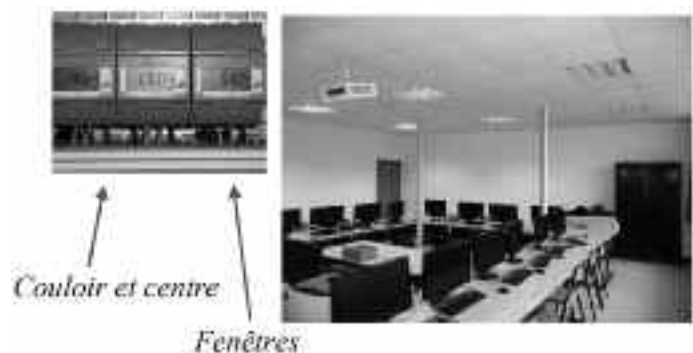
EDF, par l'intermédiaire de Novelect, a financé l'instrumentation permettant de suivre les consommations d'énergie et la puissance instantanée de ce local. Nous avons mis en évidence une diminution d'environ 50% de la puissance installée et 70% des consommations d'énergie par cette réhabilitation.



La Direction des Ressources Immobilières (DRI) de l'Université de Rouen a modifié son référentiel de construction pour imposer dans ses cahiers des charges des technologies efficaces en éclairage intérieur. Elle a également transposé le schéma de ce pilote pédagogique en réalisation à grande échelle en revoyant les conséquences induites par l'apparition de l'électronique dans les systèmes d'éclairage (rotation des phases, surdimensionnement du conducteur de Neutre). Le sous-comptage des consommations d'énergie électrique propre à l'éclairage et exigé par la Réglementation fait maintenant partie de ce référentiel de construction.

En novembre 2009, l'Université de Rouen a inauguré la réhabilitation complète d'un bâtiment d'enseignement de biologie dans lequel on retrouve toutes les retombées des savoir-faire acquis au département GTE de l'IUT sur ce thème.

En 2009, Philips a de nouveau été sollicité pour réhabiliter une autre salle de classe avec les meilleures technologies du moment. Cette fois, c'est un ensemble **T5 avec luminaires maître-esclaves** et gradation numérique qui a été installé. Conformément à nos habitudes ce local est là encore instrumenté pour suivre les consommations d'énergie et valider les choix technologiques.



Un système « Maître-Esclave » avec cellule et détecteur de présence intégrés au luminaire.

Financement aidé par Philips (sur Taxe Apprentissage)

Depuis la fin de l'année 2011, une troisième salle de classe est opérationnelle avec un double système d'éclairage : **LEDs et lampes fluo compactes**.



Ce local est surtout utilisé pour valider les simulations numériques par des mesures in-situ !



ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU

1.5.5 Le contenu du module d'enseignement (14 heures)

Après quelques années de mise au point, le contenu du module d'enseignement de l'éclairage intérieur efficace à l'IUT de Rouen se décline de la manière suivante :

Au premier semestre (S1) en TP d'électricité : 3 heures

- Relevés tensions et intensités instantanées pour :
 - lampes à décharge (Sodium HP et Mercure)
 - Tubes fluo
 - o T8 sur ballast ferromagnétique
 - o T5 sur ballast électronique
 - Lampe fluo compacte domestique
- Mesures des intensités et tensions efficaces
- Mesures des puissances active et apparente et du facteur de puissance
- Calcul des capacités de relèvement de facteur de puissance



Au troisième semestre (S3), en cours-TD : 7 heures

En cours

- Les sources
 - Différents types de sources, le flux lumineux (lumen), l'efficacité lumineuse (lm/W), la température de couleur (K), l'indice de rendu des couleurs (IRC), durée de vie
- De la source lumineuse à la tâche à éclairer
 - Les luminaires et l'intensité lumineuse (lumen/sr)
 - La tâche à éclairer et l'éclairement ($\text{lux} = \text{lumen/m}^2$)
 - Le confort lumineux et la luminance (candela/m^2)
- Ballasts et systèmes de gestion
- Réglementation

En TD

- Photométrie
- RT 2000, 2005 et 2012
- Etudes de cas : analyse d'un dossier de BE, calcul en coût global, performances de l'installation (qualité de l'éclairage et énergie)

Au quatrième semestre (S4), en TP : 4 heures

- Température de couleur et IRC d'une source
 - Etude qualitative à partir d'enregistrements de spectres de sources,
- Diagnostic d'éclairage
 - D'un local et d'un poste de travail
 - Ambiance lumineuse : performance, qualité et confort
 - Conformité réglementaire RT2000, 2005 et 2012
- Modélisation numérique (DIALux)
 - Dimensionnement
 - Coût global de l'installation : investissement, énergie, maintenance
 - Certificats d'Economie d'Énergie
- Facteur de Lumière du Jour (FLJ)
 - Mesure
 - Modélisation (uniquement en Licence Pro, « Performance Énergétique des Bâtiments »)

1.5.6 Quelles sont les conséquences de tout ce travail ?

Les départements Génie Thermique et Energie des IUT sont en réseau entres-eux et l'IUT de Rouen a eu l'occasion de partager son expérience sur ce sujet. Nous avons été sollicité par la Commission Pédagogique Nationale pour rédiger le contenu d'un programme d'éclairage intérieur efficace.

Depuis août 2010, cet enseignement a intégré le Programme Pédagogique National de la filière GTE.

1.5.7 En guide de conclusion

Quelles sont les autres retombées ou conséquences de ce travail accompli depuis maintenant 10 ans ?

- D'autres filières de formation nous ont sollicité pour initier leurs étudiants à l'éclairage ; c'est ainsi que le Master énergétique de l'Université de Reims (devenu diplôme d'ingénieur), le département Génie Civil de l'INSA de Rouen ont intégré ce module d'enseignement dans leur maquette de formation.

- Le Cm3e (Club Maitrise de l'Energie et de l'Environnement-Enseignement) est une association loi 1901 avec laquelle tous les départements GTE de France sont en convention de partenariat depuis 2004 sur la thématique de l'efficacité énergétique. Cette structure a servi de relais pour transmettre la problématique de l'efficacité énergétique en l'éclairage intérieur dans le milieu industriel ; un module de formation spécifique a ainsi été mis au point et a permis la formation de près de 150 personnes (services techniques, maintenance, travaux neufs, etc.) en trois ans.

- Un guide technique « Eclairage et Efficacité énergétique » a été rédigé dans le cadre d'une convention entre le Cm3e et l'ADEME Nationale. Ce guide fait état de retours d'expérience dans l'industrie et les collectivités sur cette thématique. Il est diffusé par le Cm3e.



- Dans le cadre de la convention de partenariat entre le Cm3e et les départements GTE des IUT, un module d'enseignement spécifique réservé aux enseignants a été mis au point. Le Cm3e assure cette formation depuis la fin 2010, favorisant ainsi la mise en place de ce nouveau module d'enseignement dans toute la filière énergétique des IUT.

Les prochaines sessions auront lieu à Lyon les 22 et 23 novembre 2012.

- Le Cm3e et l'IUT de Rouen ont également été sollicité pour animer des ateliers sur cette thématique de l'éclairage efficace : CCI de Caen le 13 octobre 2009, Collectivités locales de l'Orne le 25 mars 2010 à Alençon, ADEME-Basse-Normandie à Argentan le 14 septembre 2010.

Contact :

Dominique PORTAIL
 Département Génie Thermique et Energie
 IUT de Rouen
 1, rue Lavoisier - 76821 Mont-Saint-Aignan Cedex
 Tél. : 02 35 14 63 68 - mail : dominique.portail@univ-rouen.fr



ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU

2- Nos partenaires industriels pour aborder l'Energie et l'Environnement : Formations qualifiantes, Projets Internationaux et Soutiens Financiers

2.1 Concours Solar Decathlon 2012 « Canopea » : Un projet international multi-partenaires/multitechniques.

(M. Bonnevie *, P.F. Canat **, D. Hilaire **)

* Architecte - Project Manager

** GEII Grenoble 1

Résumé du projet :

Le concours Solar Decathlon Europe 2012 est un concours international (23 équipes de 13 pays différents) dont le but est de concevoir et réaliser une maison solaire à énergie positive.

Les équipes s'affrontent à Madrid sur dix épreuves (architecture, efficacité énergétique...).

En association avec les écoles d'architectures de Grenoble et de Lyon, l'E.N.S.E3, des laboratoires de recherche et de nombreux partenaires industriels, l'I.U.T 1, département Génie Electrique participe activement à ce concours.

Toutes les maisons qui seront conçues seront exposées à Madrid en septembre 2012.

5 étudiants de l'université y seront présents pendant les phases de montage de la maison mais aussi pour défendre les chances de l'équipe « Team Rhône Alpes » lors des épreuves et de l'ouverture au public.

Répondant à une pression financière liée à la raréfaction du foncier dans la région, mais aussi à un désir de devenir propriétaire d'une maison individuelle, la Team Rhône Alpes propose une solution intermédiaire de maisons verticales.



Prévues pour le quartier

Giant (Grenoble), les nanotours de 8 étages maximum offrent une vue à 360° dès lors qu'un seul propriétaire réside à chaque niveau. Les étages inférieurs sont réservés aux commerces ou entreprises, voire à des garages pour véhicules électriques et le dernier étage est un espace de vie commun.

Ne pouvant transporter l'immeuble à Madrid, nous construisons les deux derniers niveaux de cette nanotour. A savoir l'avant-dernier étage (habitation) et le dernier étage.

Le niveau d'habitation est un appartement de type F3 de 75 m². La toiture est réalisée par 100 m² de modules photovoltaïques bi-verres laissant passer un peu de lumière du jour en la filtrant, mais en captant la quasi-totalité de son énergie, d'où le nom de Canopée donné à notre projet.

Un éclairage à led permet de mettre en valeur l'architecture extérieure du bâtiment, alors qu'une optimisation des consommations de l'éclairage intérieur et une gestion précise de l'énergie assurent une faible consommation électrique.

Lors des heures de pointe, les consommations de la maison seront effacées du réseau, et en cas de coupure d'énergie, la maison pourra fonctionner de manière autonome pendant 48h.

Entièrement automatisée, la maison sera pilotée par un i-pad. Des conseils seront également prodigués aux utilisateurs sur cette interface afin de susciter des comportements économes en énergie.

Tous les points technologiques abordés cidessus font l'objet de projets étudiants.

27 étudiants travaillent sur ce projet : bureau d'étude et tests de validation.

3 étudiants réaliseront le montage « électrique » de la maison et seront présents à Madrid pour le montage et le concours.



Après le concours la maison sera exposée à Lyon, Grenoble et Paris jusqu'en 2014 (date et lieu du prochain concours : parc du château de Versailles).

Elle sera ensuite installée de manière définitive à l'Institut National de l'Energie Solaire (073).

Motivations initiales :

- Susciter la motivation des étudiants au travers d'un projet innovant,
- Favoriser le travail en groupes, et avec différents corps de métiers. Les étudiants ont pu côtoyer sur le projet des architectes, ingénieurs, étudiants en communication, partenaires sociaux et industriels,
- Proposer un projet pluritechnique varié : photovoltaïque, stockage d'énergie, domotique, éclairage économe, mesures d'énergie, pilotage de la maison par i-pad et conseils à l'utilisateur, supervision...
- Favoriser l'autonomie des étudiants,
- Susciter l'apprentissage de l'anglais en participant à un concours international en langue anglaise,
- Côtoyer avec les étudiants le monde de l'industrie, du bâtiment et de la recherche par le biais d'un projet innovant qui s'appuie sur une problématique durable et sociétale importante pour l'avenir,
- Les premiers bacheliers STI DD seront diplômés en 2013. Un projet dont les thèmes centraux sont les énergies renouvelables et les économies d'énergie permet de mieux identifier notre offre de formation.

Les projets proposés aux étudiants :

- Photovoltaïque :

Suite à la formation qualifiante Quali-PV, module électricité, proposée par l'I.U.T. aux étudiants de licence professionnelle, un groupe d'étudiants s'est attelé au dimensionnement des installations photovoltaïques de la maison.

L'installation se compose 10 kWc de modules photovoltaïques (8 kW de modules biverres Tenesol, monocristallin) + 2k W de modules photovoltaïques thermiques (monocristallins)

Les modules bi-verres permettent un éclairage naturel de l'espace commun 2 onduleurs 4.6 kW Schneider Electrique (3 MPPT séparés chacun) seront utilisés

- Onduleur-chargeur et batterie :

La gestion d'énergie est réalisée par un onduleur chargeur de marque Studer Innotec.

C'est en fait un onduleur OFF line réversible sur lequel les consommateurs et la production photovoltaïque sont raccordés sur la sortie AC OUT.

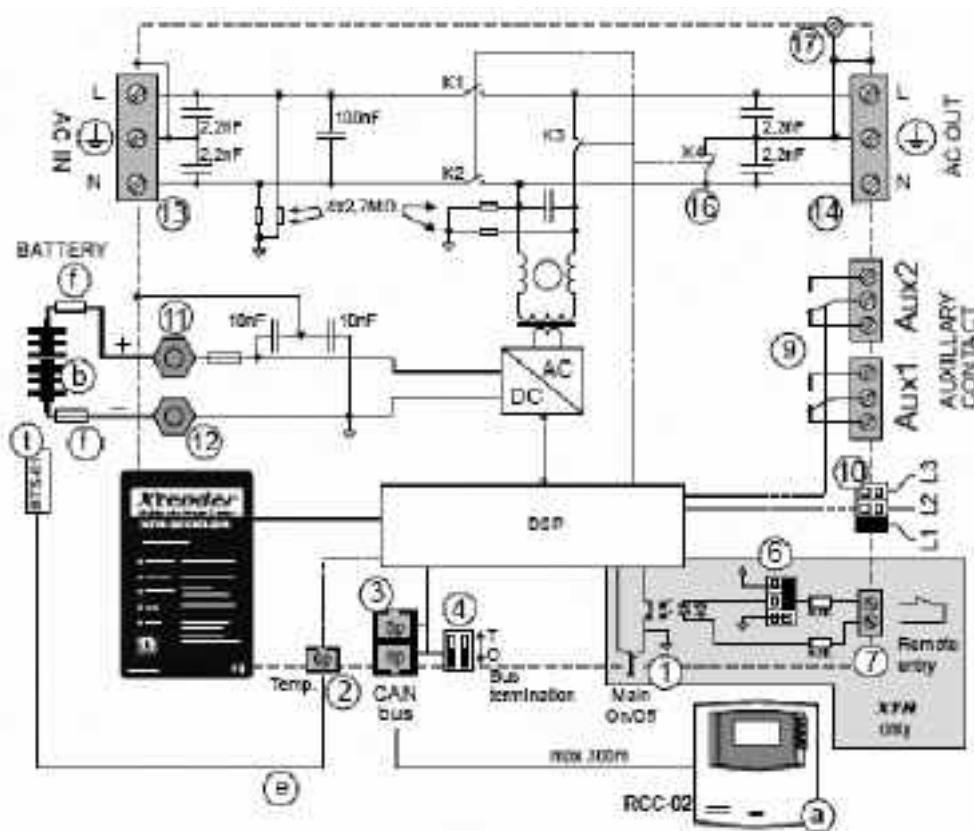
Une batterie de type Li Fe PO4 et son BMS permettent :

- un lissage des consommations,
- un effacement des heures de pointe,
- une autonomie en mode dégradé lorsque la maison est isolée du réseau. L'onduleur chargeur fournissant l'onde de tension nécessaire au fonctionnement des onduleurs photovoltaïques.





ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU



L'onduleur chargeur étant réversible, on peut recharger les batteries aussi bien via le réseau (AC IN) que par la production photovoltaïque (AC OUT) en s'adaptant aux tarifs et aux horaires de fonctionnement souhaités

- Distribution électrique :

Des schémas électriques de la maison seront réalisés : schémas de distribution, domotique, capteurs, photovoltaïques.

- Eclairage :

Deux groupes d'étudiants se sont intéressés à l'éclairage de la maison. L'éclairage intérieur, essentiellement à led est pilotable via un réseau DALI. L'éclairage extérieur met en valeur le bâtiment et les structures via un pilotage de type DMX.

- Mesures d'énergie :

Il est nécessaire de connaître les consommations, productions photovoltaïques, énergies stockées. Un groupe d'étudiant a été affecté à ces mesures.

- Domotique :

La totalité de la maison sera pilotée en KNX. Un groupe d'étudiant a choisi les capteurs nécessaires, les actionneurs, ainsi que toutes les interfaces. Puis réalisé la programmation

- Supervision et interface utilisateur :

Une solution de supervision a été proposée par un groupe d'étudiants : pour l'utilisateur, pour la maintenance, mais également la supervision au niveau d'un immeuble entier.

Un autre groupe a proposé une interaction avec la maison via une interface tactile

Etudiants concernés par le projet pour la phase d'étude:

- 16 étudiants de licence professionnelle Distribution Electrique et Automatismes ont travaillé sur le sujet en projets tuteurés.
- 8 étudiants en deuxième année de DUT GEII ont également travaillé sur la maison en Travaux de Réalisation.
- 2 étudiants étrangers en stage dans nos locaux
- Un étudiant en contrat de professionnalisation (Licence professionnelle)

Etudiants concernés par le projet pendant le montage de la maison :

- Deux étudiants en stage seront détachés par leur entreprise pendant la phase de montage électrique de la maison.
- Deux étudiants en stage au sein de l'entreprise Schneider Electric
- Un étudiant de licence professionnelle

Enseignants concernés:

- Cinq enseignants de l'I.U.T. 1 de Grenoble, département Génie Electrique 1

Partenariats :

Industriel : Schneider Electric, Rexel, Tenesol ...

Institutionnel : Ecoles d'architecture de Grenoble, Lyon, GAIA, ENSE3, ...

Contacts :

Maxime Bonnevie
Project Manager
Architecte
mail : maxime.bonnevie@gmail.com

Pierre-Francis Canat
Département Génie Electrique et Informatique Industrielle 1
IUT1 de Grenoble
151 rue de la Papeterie - Domaine Universitaire
BP 67 38402 St Martin d'Hères Cedex
Tél. : 04 76 82 53 52 - mail : canatpf@ujf-grenoble.fr





ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU

2.2 Plateformes technologiques à Grenoble 1 :

Un outil pour Formations Qualifiantes et Certifications KNX (D. Hilaire, P.F. Canat, GEI1 Grenoble)

Partant du constat que plus en plus de projets confiés aux étudiants et alternants en entreprise concernent le génie électrique dans le bâtiment, le département Génie Electrique 1 de Grenoble s'est doté de plateformes technologiques dans ce domaine. Ces « salles dédiées » permettent à un public d'étudiants et de professionnels de recevoir des formations qualifiantes.

Les domaines développés jusqu'à ce jours sont ceux de la domotique (KNX), de l'éclairage et du photovoltaïque.

I. Domotique : La certification KNX :

Le département s'est doté de deux salles entièrement piloté par la technologie domotique KNX. Les étudiants, professionnels peuvent intervenir directement sur la programmation de ces salles.



- Une salle de cours : pilotage des ouvrants, détection de présence, asservissement lumineux, supervision de la salle...
- Un espace de vie dans laquelle des espaces lumineux différents séparent les activités : Eclairage commandé en gradation : led de couleur, fluocompact, tubes à led, tubes fluorescents, iodure métallique...

Des maquettes complémentaires permettent :

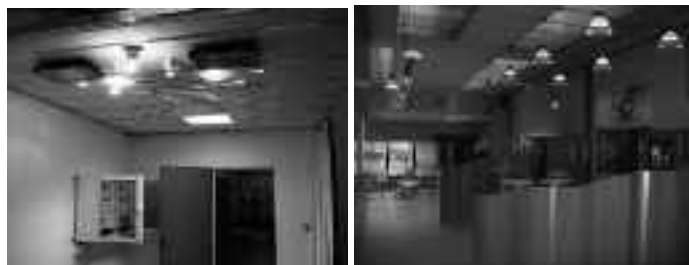
- De mettre en oeuvre un câblage simple
- De représenter une installation de base (éclairage, volets roulants...)

Enfin d'autres maquettes permettent une **certification KNX** avancée dans les domaines suivants :

- Une approche par fonction :
 - o Eclairage (variation, régulation...)
 - o Passerelles vers les réseaux DALI et DMX
- Le chauffage :
 - o Fil pilote
 - o Commande de vannes TOR ou proportionnelles
 - o Commande d'un ventilo-convecteur
- Supervision, fonction logique :
 - o Ecran tactile, serveur OPC
 - o Bloc logique, automate
 - o Centrale intrusion et incendie

II. L'éclairage :

Description des deux salles :



- Un laboratoire sur les différentes technologies de sources et de luminaires
- Un espace avec plusieurs zones ayant chacun un éclairage approprié

Projets d'éclairage étudiants :

Chaque salle a été l'occasion de mener à bien un projet avec des étudiants, qui ont conçu l'éclairage des salles en utilisant le logiciel Dialux :



• Utilisation de Dialux

• Migration vers Dialux Evo



Enfin des projets d'études technico-économiques de l'éclairage public pour des communes aux alentours de Grenoble a aussi permis d'étoffer notre offre de formation en éclairage public.

III. Plateforme photovoltaïque :

Description de la plateforme :

3 systèmes photovoltaïques de 2 kWc unitaire ont été installés sur une toiture terrasse. L'accès à la face arrière des modules permet le couplage de ceux-ci.

Ces trois systèmes sont connectés à trois postes de travail (coffret DC, AC, compteur et onduleur) dans une salle dédiée au photovoltaïque.





ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU



Enfin, une toiture a été réalisée, en intérieur, conformément au cahier des charges de la formation Quali-PV, module électricité. Cette structure permet l'apprentissage de la pose de modules en toiture.

Utilisation :

La plateforme a été utilisée en 2011/2012 par :

- 12 étudiants et 12 alternants qui ont suivi la formation Quali-PV, module électricité
- 15 étudiants de DUT au cours d'un module de professionnalisation
- 45 étudiants de deuxième année dans le cadre du module MC-ET5 (mise en service, estimation du productible...)

Evolution de cette plateforme :

- Mise en place de micro-onduleurs de marque Enphase, et système de supervision de la production
- Création d'une salle connectée au réseau, avec vente en surplus, effacement des consommations aux heures de pointe, fonctionnement en autonome de la salle.

IV. Plateformes à venir :

Les plateformes sur lesquelles nous allons développer à l'avenir concernent le domaine du monitoring des consommations, mais aussi des réseaux intelligents.

V. Bilan :

Pour les étudiants :

Les deux sessions de formation KNX, la session Quali-PV ont été très appréciées.

C'est un plus vis-à-vis des entreprises qui accueillent des alternants.

Ces plateformes sont aussi très attractives par les thématiques qui y sont développées.

Pour les formations qualifiantes :

Une seule formation a été proposée avec le GRETA. Nous avons du mal à commercialiser nos formations, bien qu'il semble y avoir de la demande.

Il nous faudrait un catalogue des formations possibles.

VI. Besoins :

Des besoins se dégagent dans les domaines suivants :

- La nécessité d'économie d'énergie insufflée par la RT2012
- La forte potentialité de gains sur la rénovation des bâtiments
 - o Monitoring des consommations
 - o Eclairage public, led
 - o Ventilation
 - o Méthode active
 - o Domotique...
- Confort et sécurité

Si on considère les besoins d'information et de formation des différents acteurs de la construction sur ces technologies, l'idée serait de proposer un catalogue national des formations « dispensables » dans nos IUT.

Il serait alors possible de profiter de l'expérience et du savoir faire acquis dans les différents départements en mutualisant.

Contacts :

Daniel Hilaire
Département Génie Electrique et Informatique Industrielle 1
IUT1 de Grenoble
151 rue de la Papeterie - Domaine Universitaire
BP 67 38402 St Martin d'Hères Cedex
Tél. : 04 76 82 53 51 - mail : Daniel.Hilaire@ujf-grenoble.fr

Pierre-Francis Canat
Département Génie Electrique et Informatique Industrielle 1
IUT1 de Grenoble
151 rue de la Papeterie - Domaine Universitaire
BP 67 38402 St Martin d'Hères Cedex
Tél. : 04 76 82 53 52 - mail : canatpf@ujf-grenoble.fr

2.3 Plateforme « Energie renouvelables / Gestion Technique du Bâtiment » à Nîmes : Formations Qualifiantes KNX (T. Fiol, S. Reyes, GEII Nîmes)

En mai 2009, un article publié dans le GESI¹ relatait la genèse d'une plateforme technique dédiée à la formation aux systèmes de production d'énergie renouvelable.

Trois années plus tard, le colloque de Haguenau nous donne l'occasion de vous présenter l'évolution de cette plateforme et plus particulièrement les équipements destinés à la formation au système de Gestion Technique du Bâtiment (GTB) « KNX ».

1 – La GTB pour améliorer la performance énergétique

Les enjeux environnementaux ont conduit les pays industrialisés à se responsabiliser face aux exigences du développement durable.

Il est maintenant admis qu'il faudra avoir divisé par deux les émissions de gaz à effet de serre à l'échelle de la planète à l'horizon 2050.

Cette réduction d'émissions passe par une réduction de la consommation d'énergie, particulièrement dans le secteur du bâtiment, responsable dans notre pays de plus de 40% de l'énergie primaire totale consommée.

L'amélioration du bâtiment est un axe essentiel du Grenelle de l'Environnement qui prévoit de diviser par quatre leur consommation !

C'est donc face à un véritable défi que sont confrontés les acteurs de la construction.

Pour arriver à optimiser les consommations, ils doivent mettre en oeuvre des technologies et des savoir-faire nouveaux.

Car pour améliorer leurs performances énergétiques, les bâtiments de demain devront s'appuyer sur de l'automatisation. D'où un besoin de formation.

Par exemple, pour optimiser les consommations sur le poste chauffage/climatisation, l'ouverture de stores permet de bénéficier des apports naturels dus à l'ensoleillement en hiver.

En l'absence d'occupation des locaux (détection de présence, programmation par tranches horaires), ces mêmes stores

¹ Le département GEII de l'IUT de Nîmes en partenariat avec l'entreprise REXEL investit le champ des énergies vertes – B. BARRES , T. FIOL, J. MADRID , S. REYES





ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU

peuvent être fermés automatiquement en été pour éviter cette fois les apports de chaleur à l'intérieur du bâtiment.

On peut également s'intéresser aux apports naturels vis-à-vis des besoins en éclairage, ventilation ...

En fin de compte, il apparaît que l'automatisation des différentes fonctions techniques fait apparaître le besoin d'une GTB, c'est-à-dire un système capable de faire dialoguer entre eux des équipements qui sont traditionnellement traités dans des « lots » indépendants.

Et bien d'autres arguments peuvent être avancés en faveur de la mise en oeuvre de tels systèmes ...

2 – Pertinence de la formation à un système de GTB en GEII

La mise en oeuvre d'un système de GTB nécessite un dialogue entre différents corps de métiers.

L'électricien se voit généralement confier le câblage de la partie courants forts et courants faibles. Il devra être capable de câbler un bus de communication.

Il doit être en mesure d'installer et de raccorder des équipements communicants sans pour autant les faire « fonctionner ».

L'intégrateur a à sa charge la conception de l'installation ainsi et la réalisation de sa programmation. Il assure la mise en service. Il doit pouvoir communiquer avec les autres intervenants (Chauffagistes, storiste, climaticiens, éclairagistes, et administrateurs de réseaux informatiques, ...).

Il doit avoir des notions aussi bien en électricité, qu'en informatique industrielle, automatisme, régulation, ...).

Il doit également être à l'écoute du client mais doit pouvoir le guider, voire canaliser une imagination parfois débordante !

Il doit assurer une veille technologique et être très à l'aise faces aux nouvelles technologies ...

Quelle formation peut-on conseiller à un jeune bachelier en vue d'exercer un tel métier ?

Personnellement, il me semble que le DUT GEII est une bonne voie et qu'un module « GTB » devrait pouvoir trouver sa place dans notre futur PPN !

3 – Choix de la technologie KNX pour la formation pratique

Alors que la première partie de la plateforme technique était encore en cours de réalisation, un standard Européen de la GTB faisait déjà beaucoup parler de lui.

En effet, KNX est une technologie robuste qui a fait ses preuves depuis plus de vingt ans dans les pays du nord de l'Europe.

Aujourd'hui, ce système a été massivement adopté par un grand nombre constructeurs de matériel électrique.

L'association « KNX International » basée à Bruxelles a parmi ses diverses missions, celles de définir les spécifications du système KNX. Ceci permet de garantir l'interopérabilité des produits KNX quel que soit leur fabricant.

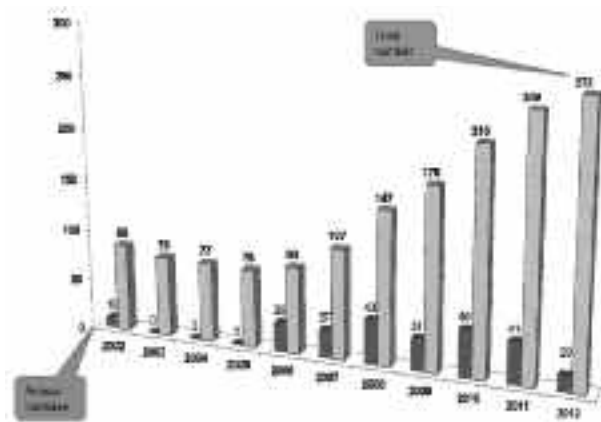


Figure 1 : évolution du nombre de fabricants de produits KNX

Une autre tâche de l'association KNX consiste à habiliter les centres de formations ce qui les autorise à organiser des formations professionnelles certifiantes.

Aujourd'hui ce système connaît un très fort développement et s'impose comme un standard.

Le choix de cette technologie a donc été guidé par des considérations liées à sa forte représentation sur le marché.

Pour une présentation détaillée, le site de l'association KNX international (www.knx.org) peut être consulté. Voir aussi l'association nationale KNX France (www.knx.fr) ainsi que les sites des constructeurs de matériel électrotechnique ABB, Hager, Jung, Schneider, Theben... pour ne citer qu'eux.

4 – La plateforme technique Nîmoise

En vue de proposer un module de formation à nos étudiants, stagiaires de la formation continue, et aussi aux professionnels de la région, nous avons construit une plateforme technique qui est composée d'une salle de formation équipée de 7 postes de travail identiques.

Chaque platine a été équipée selon les spécifications du cahier des charges de la formation KNX de base (certification KNX Partner).

Pour réduire le coût de cet équipement nous avons sollicités des fabricants de produits comme pour essayer de financer une partie de l'équipement au moyen de la taxe d'apprentissage.



Figure 2 La salle de formation avec les platines de TP



Figure 1 Utilisation d'une platine de TP dans le cadre d'un projet de réalisation





ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU

Afin de pouvoir proposer des projets et des des exercices sur une installation réelle, nous avons intégré à notre plateforme une maisonnette de 20 m² « habitables » à l'intérieur de laquelle sont installés des systèmes qui ne peuvent pas être mis en oeuvre correctement sur les platines de TP, à savoir :

- Détecteurs de présence et capteur de luminosité,
- Appareils de chauffage/climatisation :
 - o 1 convecteur électrique de base
 - o 1 ventilo-convecteur
 - o 1 plancher chauffant
- Deux volets roulants,
- Portes et fenêtres équipées de capteurs
- Eclairage, poussoirs, thermostats, écrans tactiles ...
- Station météo
- Système de supervision, commande à distance,
-

L'ensemble des circuits sont déportés sur un tableau raccordement didactisé de façon à permettre de faire réaliser en sécurité les opérations de câblages du bus et de l'énergie et ce sans solliciter directement les borniers des produits, car il ne sont pas adaptés à un grand nombre de manoeuvres.

La maisonnette a été construite à l'intérieur du bâtiment GEII, par un groupe d'étudiants du département Génie Civil voisin, ceci dans le cadre d'un projet de fin d'études.



Figure 3 Vue de la maisonnette didactisée à gauche le coffret de raccordement

6 – l'exploitation de la plateforme - exercices proposés en TP et en projet :

Voici quelques thèmes de TP qui peuvent être traités sur les platines (possibilité de réaliser 6 TP identiques en parallèle), le 7^{ème} poste étant utilisé par l'enseignant à des fins démonstratives.

Eclairage:

- commandes individuelles,
- commande centralisée,
- retours d'états,
- commande temporisée,
- variation relative, absolue

Commande d'ouvrants motorisé

- commandes individuelles,
- commandes centralisées,
- commande en position
- scénarios (éclairage + ouvrants)
- commande prioritaires

Maîtriser les outils de diagnostic

- moniteur de bus,
- moniteur de groupe
- « Sniffer » de télégrammes

Mise en oeuvre d'installations utilisant plusieurs lignes

- exercice avec ligne principale et ligne secondaire

Pour mettre en oeuvre les fonctions suivantes, nous utilisons les équipement de la maisonnette en liaison éventuelle avec une ou plusieurs platines de TP. Ceci se fait typiquement dans le cadre des projets de fin d'étude

- régulation de température
- Supervision par le web, commande par Smartphone/tablette
- scénarios éclairage + ouvrants + chauffage
- comptage énergie et affichage sur écran tactile
- commande horaire et/ou par détecteurs de présence
- commande d'éclairage à luminosité constante

7 - Exploitation de la plateforme - Usagers :

La plateforme KNX est utilisée par tous nos étudiants :

- En formation initiale:

- Etude et Réalisations 2^{ème} année (28h SARI et EEP)
- Projets de Réalisation 2^{ème} année (80h IP, 35h PE)
- LPRO GUER (certification + projet 100h)

- En formation en alternance (DUT) et en formation continue (DU TEnR)

A l'occasion, elle nous permet également de proposer des sessions de formation pour des professionnels.

- formation de base,
- formation avancée,
- formation de formateurs

Par ailleurs, nous essayons de mettre cette plateforme à la disposition des professionnels de la région afin de leur permettre de tester des produits ou d'expérimenter des fonctions qu'ils envisagent de proposer à leurs clients.

La plateforme est aussi utilisée comme outil de communication lors des traditionnelles journées portes ouvertes.

Enfin, nous avons eu l'occasion d'organiser diverses manifestations sur le thème de l'Efficacité Energétique et d'accueillir ainsi bon de professionnels autour de nos installations.

En conclusion,

La plateforme technique décrite ci-dessus n'aurait pas pu être réalisée sans la participation de nombreux acteurs, en commençant par l'ensemble des personnels techniques qui n'ont pas hésité à relever les manches pour tenir les délais.

Je n'oublie pas les étudiants et stagiaires de la formation continue qui ont contribué à la fabrication des platines de TP ou encore qui ont pris en charge le câblage et la programmation de l'installation de la maisonnette.

Enfin je veux associer les collègues du département, pour certains jeunes retraités, qui ont permis de faire en sorte que ce projet arrive à se concrétiser.

Contact :

Thierry Fiol

Département Génie Electrique et Informatique Industriel
IUT1 de Nîmes - 8 rue Jules Raimu - 30907 NIMES Cedex 2
Tél. : 04 66 62 85 22 - mail : thierry.fiol@iut-nimes.fr





ACTES DU COLLOQUE DE HAGUENAU

3- Conclusion Générale

Au cours de cette commission, nous avons cherché à savoir quels sont les métiers liés aux thèmes de l'Énergie et de l'Environnement, et surtout quelle est la place du Génie Électrique dans ces métiers, tel qu'il est enseigné en IUT.

Pour cela nous avons organisé nos investigations suivant trois axes :

- les contenus et les pratiques pédagogiques
- les acteurs : les enseignants, le public et les partenaires
- les moyens matériels et financiers

Il ressort des études et des présentations faites, que les contenus trouvent un intérêt certain dans un contexte pluridisciplinaire : Plusieurs exposés font état, outre l'enseignement classique du module MC-ET5, de fructueuses collaborations avec d'autres spécialités de département IUT (ex Génie thermique et Énergie), ou de projets étudiants faisant appel à de multiples spécialités du Génie Électrique et Informatique Industrielle. Le croisement des thèmes n'est pas toujours aisé dans le cadre du DUT, mais des ouvertures intéressantes existent dans le cadre des Licences Professionnelles.

Pour ce qui concerne les acteurs intervenants dans l'enseignement de ce thème, il apparaît que celui-ci ne s'adresse pas uniquement au public étudiant en formation initiale standard : On constate une activité pédagogique importante centrée sur les Formations Qualifiantes, notamment dans le secteur du bâtiment, ce qui implique un public diversifié, correspondant à un besoin spécifique et ponctuel de l'industrie, surtout en terme de compétences. Ces Formations pourraient d'ailleurs avantageusement être proposées dans un catalogue national, moyennant un effort de coordination entre les différents centres de formation.

Il s'ensuit un lien naturel avec un fort partenariat industriel, non seulement exprimant ses besoins, mais encore apportant soutien pédagogique et financier. Ce partenariat s'est notamment manifesté par de nombreuses interventions industrielles au cours du colloque. Le débat qui a clôturé la commission a relancé ces trois axes de travail sous formes de questions encore ouvertes : Une nécessité de formation existe bien pour servir les besoins sociétaux, relayés par l'industrie, et celle-là doit utiliser de nouveaux concepts et de nouvelles stratégies. La chose est certaine, mais d'autres voix ont également exprimé leur sensibilité à ce que l'enseignement des fondamentaux soit maintenu, dans une mission de formation universitaire en IUT.





LE VÉLO ÉLECTRIQUE

Arnaud SIVERT, E-mail : arnaud.sivert@iut.u-picardie.fr

Institut Universitaire de Technologie de l'Aisne département Génie Electrique - I.U.T GELL, 13 av. F.Mitterrand, 02880 Cuffies Soissons, France

Laboratoire des Technologies innovantes : Energies électrique et système associés

Le vélo électrique est un très bon système pédagogique car il peut être utilisé par tous les étudiants sans problème de sécurité. En pédalant, l'étudiant peut s'identifier au moto variateur et se représenter la valeur d'une puissance. Ce système pédagogique utilise de nombreux modules du génie électrique [3,4,5,8] : moteur, variateur, régulation, électronique, capteur, instrumentation, mathématique, mécanique... De plus, les vélos électriques extrêmes sont peu onéreux et très médiatiques car on ne les trouve pas dans le commerce.

En 2010, un **challenge national du vélo électrique** s'est créé en parallèle avec le festival de karting électrique à Vierzon. L'objectif de ce challenge convivial est de partager ces connaissances et de comparer les choix de chacun. Mais, le nombre de participants reste faible pour l'instant. De plus, des volontaires sont recherchés pour faire perdurer ce challenge de vélo électrique.

Le vélo électrique devient un acteur nouveau pour le transport dans nos villes encombrées. Le vélo à assistance électrique n'a pas besoin d'assurance, mais doit être limité en puissance à 250W et en vitesse à 25 km/h en Europe. Par contre celle-ci est de 33 km/h aux Etats Unis. Mais, il est possible de réaliser des vélos moteurs à 60 km/h en contractant une assurance avec une puissance de moteur inférieur à 4000W. Ces vélos ont un compromis difficile entre le poids, la puissance, l'autonomie, et le prix. Ces vélos ont pu être réalisés grâce aux nouvelles batteries li po. Mais, pour augmenter la durée de vie des batteries qui représente 35% du prix du vélo, nous allons démontrer les avantages d'une commande à puissance moteur constante, par rapport à une commande à force motrice constante. Les avantages de cette commande peuvent être appliqués à n'importe quel véhicule électrique.

Dans un premier temps, nous présenterons des exemples de vélos électriques. Puis, nous exposerons la puissance résistante en fonction de la vitesse. Enfin, nous terminerons par une comparaison du prix de l'énergie entre un véhicule thermique et électrique.

1. Présentation de nos vélos électriques

Nos vélos peuvent aller à 55 km/h sur plat pour le plus puissant. L'accélération est de 4 secondes pour atteindre 36 km/h. Le courant max, la vitesse max et le temps d'accélération peuvent être paramétré. En 2010, le coût de nos vélos était de 1400 € avec l'instrumentation pour une puissance de 1500 W. En 2011, le coût est passé à 1000 €. Ces vélos n'utilisent pas l'assistance au pédalage mais seulement une poignée accélératrice.

Ce sont tous des VTT avec des roues 26'' avec freins à disque BB7 car le cadre et les jantes sont robustes. Les moteurs de vélos sont des motorisations brushless roue qui ont des puissances massives très importantes mais il est possible d'utiliser des moteurs outrunner brushless de 4000W

Certains de nos variateurs (1500W en continu, 60V max, 40A max, 2400W max) permettent de freiner électriquement et de recharger la batterie dans les descentes. Notre chargeur de batterie « maison » permet de recharger à 10 A et d'équilibrer les batteries li-po.

Nous allons à présent quantifier mathématiquement le vélo électrique pour en connaître ces caractéristiques et comprendre son pilotage. Dans un souci de simplicité, nous ne rentrerons pas dans le détail des pertes mécaniques du moteur, de la commande (régulation de vitesse et courant), de l'électronique de puissance ou des résistances internes des batteries, ...

Par contre, il est possible de voir plus en détail l'étude de véhicules électrique effectués sur le site web <http://aisne02geii.e-kart.fr/> [1]



Fig 1 : Nos vélos électrique de 2011 allant de 500W à 1500W.





2. Force et puissance motrice en régime établi de vitesse

En régime établi de vitesse, la force motrice est égale à la force résistance. Cette force dépend de la force de roulement, de la pente et des frottements de l'air. Leurs équations respectives sont :

$$F_{\text{résistance}} \text{ (N)} = F_{\text{Roulement}} + F_p + F_A \quad (1)$$

$$F_p \text{ (N)} = M \text{ (kg)} \cdot g \cdot \text{pente}(\%) \quad (2)$$

$$F_A \text{ (N)} = f_a \cdot [V \text{ (Km/h)} + V_{\text{vent}}]^2 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot C_x \cdot (V + V_{\text{vent}})^2 \quad (3)$$

Les forces de roulement dépendent du type de pneu, type de chaussée... elles sont représentés par le coefficient k_f . Elles sont négligeables par rapport à la force de l'air qui dépend de la surface d'air S traverser, des turbulences donc du C_x (3). Sur la figure 2, la puissance absorbée mesuré par nos moteurs électriques est représenté en trait plein. Les traits pointillés correspondent à l'estimation mathématique.

En régime établi de vitesse, la puissance résistive (4) correspond à la puissance moteur avec un rendement d'un peu près de 80%, correspondant à l'équation (6).

Sur la figure 2, on peut aussi observer la puissance absorbée avec un vélo horizontal [1,7] non caréné qui a moins de surface de pénétration dans l'air par rapport à un VTT donc demande moins de puissance. La puissance résistive peut être déterminée par les équations suivantes :

$$P_{\text{résist}} \text{ (W)} = F_{\text{résistance}} \text{ (N)} \cdot \frac{V \text{ (km/h)}}{3,6} \quad (4)$$

$$P_{\text{résist}} \text{ (W)} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot C_x \cdot V^3 + M \cdot g \cdot (k_f + \text{pente}) \cdot V \quad (5)$$

$$P_{\text{résist}} \text{ (W)} = P_{\text{humane}} + (P_{\text{abs}} \cdot \eta_{\text{moteur}}) \quad (6)$$

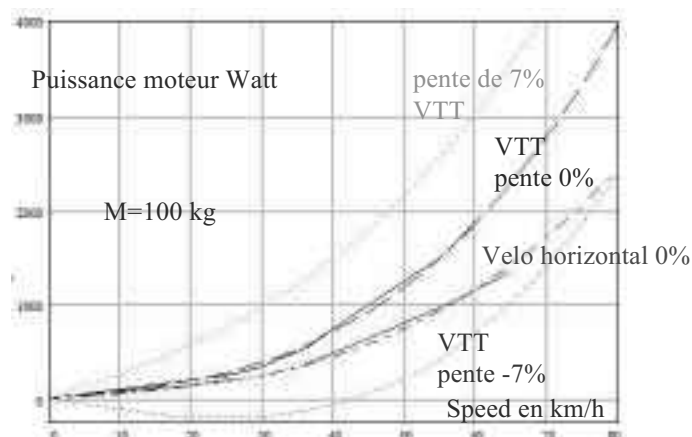


Fig 2 : Puissance moteur en fonction de la vitesse et pente VTT [$f_a=0,0066 \text{ (N/km.h}^{-1})^2$, $k_f=0.005 \text{ N}$], Horizontal bike non careen [$f_a=0,004 \text{ (N/km.h}^{-1})^2$, $k_f=0.007 \text{ N}$]



Fig 3 : velo couché (résistance à l'aire faible) (2012)

La puissance moyenne d'un humain est de 150W à 300W pour une vitesse de pédalier de 10 tr/mn à 100 tr/mn. D'ailleurs, un cycliste adapte son braquet au relief afin de pouvoir pédaler à sa cadence grâce au dérailleur.

Le braquet permet d'avoir une puissance humaine et une vitesse de pédalage constante en fonction de la puissance résistante. Maintenant que la puissance résistance est connue, la force d'accélération pour démarrer le véhicule doit être étudiée. Le moteur est souvent contrôlé en utilisant la force constante. Nous allons voir les dynamiques avec ce type de commande.

3. Commande avec force constante en régime transitoire

Nous allons utiliser la force constante pour accélérer et décélérer le véhicule. Ces forces sont limitées par les valeurs de l'intensité du moteur qui est configuré dans le contrôleur. Le cycliste fixe la référence (couple ou vitesse) du moteur avec la poignée d'accélérateur. Les relations électro mécaniques simplifiées du moteur sont:

$$V \text{ (m.s}^{-1}) = U_m / k = \alpha \cdot U_{\text{Batt}} / k \quad (7) \quad F_m \text{ (N)} = I_m \cdot k \cdot \eta_{\text{moteur}} \quad (8)$$

Avec U_m et I_m tension et courant moteur, η rendement. Le coefficient α varie de 0 à 100%, il correspond à la modulation de largeur d'impulsion fournie par le contrôleur, donc à la variation de la vitesse.

La puissance mécanique et électrique sont reliées par l'équation suivante :

$$P \text{ (W)} = F_{\text{résistive}} \cdot v(t) = \alpha \cdot U_{\text{Batt}} \cdot I_{\text{Batt}} \cdot \eta_{\text{moteur}} \quad (9) \quad \text{Avec } U_{\text{batt}} \text{ et } I_{\text{batt}} \text{ tension et courant batterie.}$$

Par simplification en régime établi de vitesse, la force de résistance sera considérée comme constante à 30 N, la masse du vélo et du cycliste est de 100 kg. On peut voir dans la figure 4 que la limite de l'intensité moteur est configuré pour démarrer à 80 A. Donc, la force motrice au démarrage sera de 328 N car k est égal à 4,1 (pour notre moteur). La puissance max est de 5700W car la batterie a une tension de 72V pour atteindre la vitesse de 17,5m/s.





SCIENCES ET TECHNOLOGIES

La dynamique de la vitesse est imposée par l'équation fondamentale de la mécanique :

$$F_m = M \frac{dV}{dt} + F_{Resistant} \tag{10}$$

La dynamique de vitesse correspond à l'équation différentielle suivante si on néglige la force la force résistive de l'air :

$$V(t) = \frac{(F_m - F_{resistant})}{M} \cdot t + V(t=0) \tag{11}$$

Le temps d'accélération et de décélération sera de 5,9 secondes pour atteindre 17,5 m/s (63 km/h) avec une batterie de 72V. Sur la figure 4, la vitesse dynamique et la consommation d'énergie peuvent être observées sans pour avoir négliger la force de résistance de l'air. Cette énergie est composée de l'énergie cinétique et de l'énergie requise par la force de résistance. L'énergie correspond à l'équation suivante :

$$E(W.H) = E_{kinetic} + E_{force resistive} = \int F_m(t) \cdot v(t) \cdot dt \tag{12}$$

Par exemple, lors de l'accélération, l'énergie demandée est égale à :

$$E(W.H) = \frac{1}{2} M \cdot V^2 + F_{resistant} \cdot \frac{V}{t_{acc}} \cdot \frac{t^2}{2} = 4,7 \tag{13}$$

On peut remarquer que l'énergie récupérée au freinage correspond presque à l'énergie de l'accélération évidemment à la force résistante près.

On peut remarquer sur la figure 4a, le pic d'intensité devant être fournis par les batteries pendant l'accélération et lors de la régénération. Mais, toutes les batteries sont limitées par un taux de courants de décharge et de charge de manière à ne pas les détruire.

Donc, il y a des compromis entre la dynamique souhaitée et les courants maximum autorisé par la batterie
Le tableau suivant montre que le prix d'un accumulateur en fonction du taux de décharge.

Table 1 : Comparison of batteries different 48V

Kinds of battery	Size & Volume cm ³	Mass kg	Price 2011	charge rate max	discharge rate max	R
li-po						
10 A.H 12S	(1*10.6*10.2) 1300	2.5 kg	420 €	10 A= 1C	30 A= 3C	1 mΩ
13 A.H 12S	(0.6*20.8*13) 2000	3.9 kg	620 €	20 A= 1.5C	104 A= 8C	? mΩ
12 A.H 12S	(0.8*20.8*13) 2600	4.3 kg	800 €	24 A= 2 C	180 A= 15 C	? mΩ

Ce tableau permet observer que le poids et de volume augmente lorsque le taux de décharge augmente [2,8]. En outre, le courant de régénération doit être limité par le taux de charge de batterie. Pour minimiser les courants sortants et entrants des batteries, nous allons voir que la commande de puissance constante est plus appropriée.

4. Variateur de moteur à puissance constante

Lorsque le courant de la batterie est limité, le vélo fonctionne à puissance moteur constant P_{m limit}. Pour connaître les dynamiques du vélo, il faut donc résoudre l'équation différentielle (14). En négligeant la force résistante, la résolution de l'équation (14) peut être résolue et donne la dynamique de vitesse (15) et du déplacement (16)

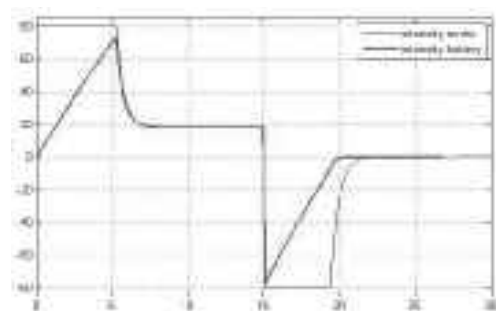
$$\frac{P_{m limit}}{V} = M \frac{dV}{dt} + F_{Resistant} \tag{14} \quad V(m/s) = \sqrt{\frac{2 \cdot P_{m limit}}{M}} \cdot t^{1/2} \tag{15} \quad D(m) = \sqrt{\frac{2 \cdot P_{m limit}}{M}} \cdot \frac{2}{3} \cdot t^{3/2} \tag{16}$$

Si la force résistante n'est plus négligée, l'équation différentielle n'est pas résoluble donc elle sera simulée comme sur la figure 4 pour comparer les avantages des deux commandes.

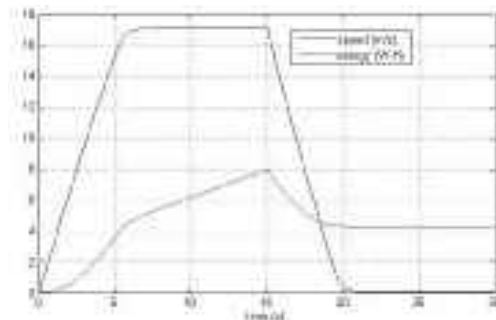
Au démarrage, si on limite la puissance à 2880W (72V, 40A) correspondant à la puissance moyenne de la figure 4a, alors de l'accélération, il faudra aussi 6 secondes pour atteindre la vitesse de 17.5 m/s (63 km/h). L'énergie consommée sera donc identique pour les 2 commandes (figure 6 et 7a).

Mais avec la commande à puissance constante, la distance parcourue sera de 70 m à la place de 55m (figure 7c). En effet, la vitesse en fonction du temps à puissance constante est supérieure à celle de la force motrice constante comme on peut l'observer sur la figure 7b.

Donc, les dynamiques à puissance constantes sont plus importantes et le courant batterie est constant à 40A pendant toute l'accélération et n'atteint plus 80 A (figure 4a). Par conséquent, il y a une sollicitation de la demande du courant de la batterie bien plus faible.



a)



b)

Fig. 4a) Limitation de l'intensité moteur
Fig. 4b) dynamique de la vitesse et consommation de l'énergie pour une commande à force constante.

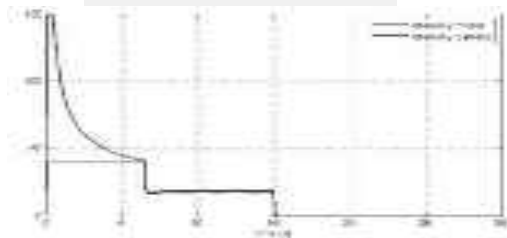


Fig. 5. intensity battery limitation for constant power

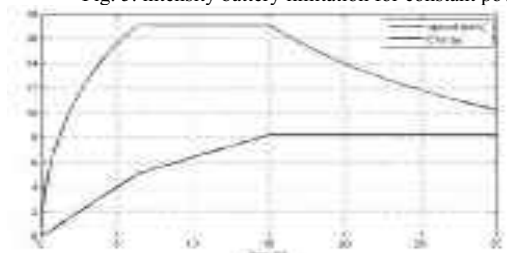


Fig. 6. constant power and dynamic speed, energy



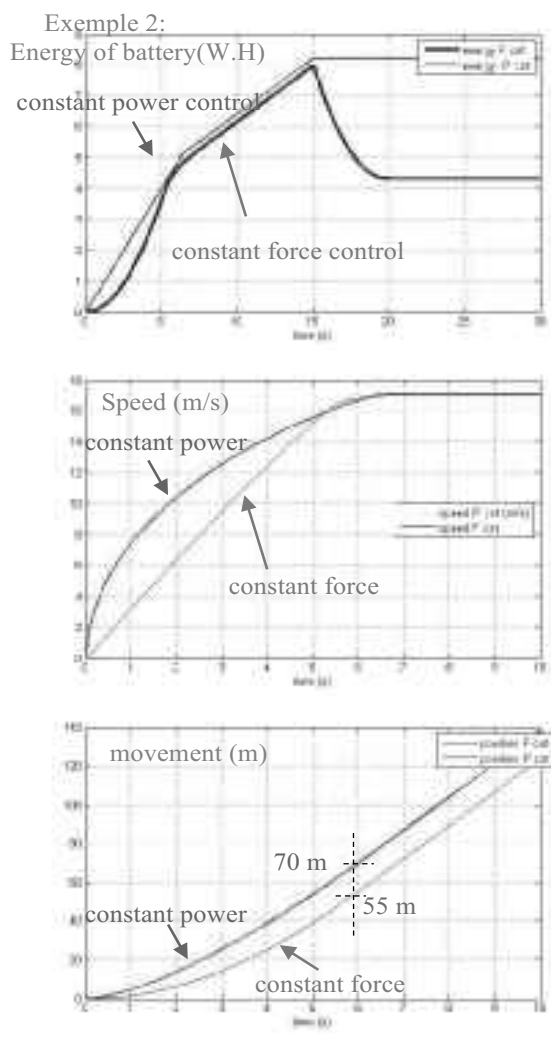


Fig 7. Energy, speed, distance for control power and constant force

Néanmoins, l'intensité du moteur est très importante pour les faibles vitesses. Pour ne pas surdimensionner les transistors du contrôleur, l'intensité du moteur peut être limitée à 150A. La dynamique de cette limitation peut être vue sur la figure 8.

Lorsque le courant du moteur est limité, cela provoque une rampe de courant sur la batterie jusqu'à ce qu'il atteigne 40A correspondant à la puissance constante. Ainsi la dynamique de la vitesse sera légèrement inférieure par rapport à la figure 7

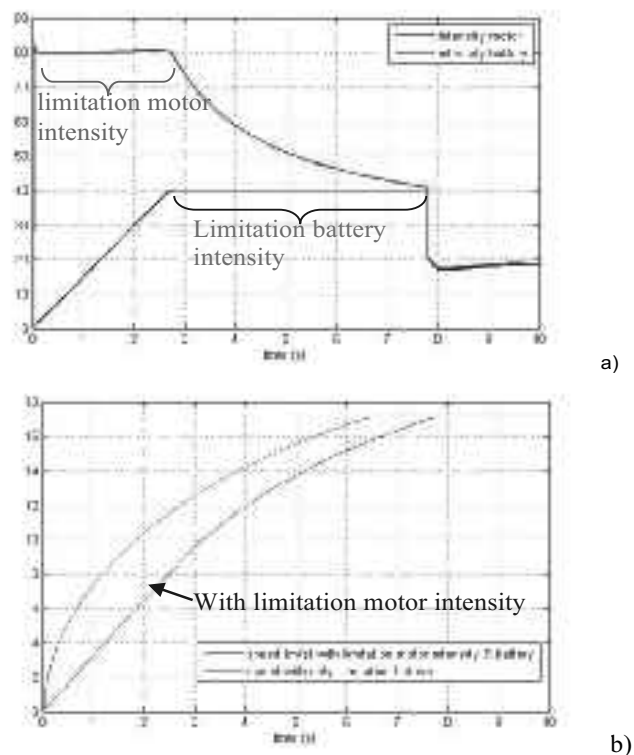


Fig 8. Motor intensity and battery for constant power control with limitation intensity motor priority.

Avec une commande de puissance constante, l'intensité maximale des batteries n'est jamais dépassée. Mais, il y a un grand courant moteur pour les vitesses faibles. Par conséquent, un relais thermique est nécessaire pour protéger le moteur. Avec la commande à force constante, la limite de l'intensité du moteur est de 2 à 3 fois le courant nominal. Ainsi il est possible de dépasser la puissance maximale du moteur lorsque la pente de la route est importante et donc de le détruire ainsi que les batteries. Un relais thermique est également nécessaire pour protéger le moteur, mais il faut aussi utiliser de capteurs de température pour surveiller les batteries et le moteur.

5. Le freinage électrique et la récupération d'énergie

Toutes les motos variateurs peuvent retourner l'énergie aux batteries. Mais il faut faire attention que les batteries ne puissent recevoir cette énergie sans être détruites donc il faut utiliser un BMS (battery management security). Un moteur ne pourra freiner que sa puissance, donc un freinage mécanique d'urgence sera toujours nécessaire. Par conséquent, il faut anticiper le freinage électrique pour récupérer un maximum d'énergie sans utiliser l'énergie mécanique.

- En plaine, la récupération est seulement de 5% donc elle n'est pas valable par rapport aux coûts supplémentaires de la régulation électrique de la régénération. Ce taux correspond aussi aux temps de freinage par rapport aux temps de roulement, donc très faible.

- En montagne, il est possible de monter un col de 20 km à 30 km/h puis de le redescendre en pédalant fortement est de recharger votre batterie toujours à 30 km/h. Mais souvent, on descend plutôt à 70 km/h, sans pédalage le freinage électrique se fait juste avant les épingles à cheveux.

3 exemples vont être présentés sur un VTT de masse 100kg cycliste compris :

Exemple 1:

Avec la courbe figure 2 pour une descente de 7 %, la récupération est de 200W à 30 km/h. En pédalant, 200W peuvent être additionnés. Avec un moto variateur qui a un rendement de 70%, la récupération atteindra donc 280W et 120 W perdu en chaleur dans le moteur et variateur.

Avec une vitesse de 42 km/h, seuls les 200W de pédalage pourront être récupérés car la puissance de la descente est perdue dans les frottements de l'air, donc la récupération diminue à 140W.

La récupération passe à 0W pour la vitesse de 50 km/h toujours en pédalant malgré la descente de 7%.





La décélération de la figure 4.b à force de freinage constante permet de s'arrêter à partir d'une vitesse de 17.5m/s en 5s et une force résistance considérée comme constante de 30N. L'énergie de récupération sera égale à l'équation suivante avec les frottements de l'air

$$\text{négligé : } E \text{ (W.H)} = (F_{\text{résistant}} \cdot v \cdot \frac{t_{\text{dec}}}{2} - \frac{1}{2} M \cdot v^2) \cdot \frac{1}{3600} = -3.8 \quad (17) \quad \text{mais l'énergie est aussi égale :}$$

$$E \text{ (W.H)} = \text{Puissance}_{\text{max}} \cdot t / (2 \cdot 3600) = -5600 \cdot 5 / (2 \cdot 3600) = -3.8 \quad (18)$$

Donc, il faut un moto variateur de 5600W et un accumulateur de 72V qui permet un taux de charge de 80A sinon une partie de la puissance est perdue en chaleur dans les freins mécaniques pour avoir cette décélération.

Remarque : 3.8 W.h est négligeable par rapport à l'énergie d'une batterie 72V, 20A.H (1440W.H). En effet, cela correspond à 0.26%.

Exemple 3:

Avec un freinage à puissance constante ou limité de 2880W sur 5s, ce qui correspond à la même décélération que l'exemple précédent, le courant de régénération sera de 40A sous 72V, par conséquent moins préjudiciable pour l'accumulateur.

Si on diminue l'arrêt à 10s, alors la puissance de récupération correspondra à l'équation suivante en négligeant les forces résistantes

$$\text{Puissance}_{\text{moy}} \approx -\frac{1}{2} \cdot M \cdot v^2 \cdot \frac{1}{t_{\text{arrêt}}} = -\frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 17,5^2 \cdot \frac{1}{10} \approx -1530W \quad \text{Donc le courant de recharge passe à 21A sous 72V}$$

Si votre accumulateur est chargé à 100%, il n'est plus possible de récupérer de l'énergie donc de freiner électriquement car les BMS ne peuvent supporter 1530W pendant 10s et encore moins 5600W. Donc, le comportement de votre véhicule ne correspondra pas à ce que vous désirez, ce qui est très dangereux. Nos variateurs sont paramétrés pour recharger à puissance constante à 1C l'accumulateur lorsque celui-ci à un taux de charge inférieur à 80% donc les BMS sont inutiles. Par contre, il est crucial que les freins mécaniques ont des boutons poussoirs qui permettent de couper la motorisation électrique. Sinon, les étudiants peuvent accélérer le moteur en freiner mécaniquement en même temps.

6. Instrumentation et banc de test de vélo électrique

Nous avons choisi des moteurs arrière car en plaçant le vélo sur un galet, il est possible de recharger les batteries avec la force musculaire. Nous avons placé sur ce galet une génératrice [2] qui permet de tester le moteur (figure 9). Une instrumentation embarquée permet de mesurer respectivement tension, vitesse, courant, énergie en A.H, par l'intermédiaire d'un afficheur LCD que l'on peut observer sur la figure suivante :



On peut mesurer les régimes transitoires du vélo, vitesse et courant batterie en fonction du temps avec un oscilloscope, ou une pince watt métrique enregistreuse.

En modélisme, il existe des instrumentations embarquées tel que powerlog, celllog, elogger qui permettent d'enregistrer toutes les caractéristiques du vélo.

Dans notre cas, La vitesse est mesurée par l'intermédiaire d'un tachymètre et d'un aimant sur la roue qui donne une tension analogique de la vitesse grâce à un microcontrôleur. Mais pour les basses vitesses, le tachymètre entraîne un retard d'information. En effet, le temps pour que la roue fasse un tour correspond à l'équation suivante:

$$\text{temps / tour} = \pi \cdot 26'' \cdot 0.0254 \cdot 3.6 / V(\text{km/h}) \quad (17)$$

Pour une vitesse de 7 km/h, le retard d'affichage et de l'oscilloscope peut atteindre à 1.5s.

L'avantage de ne pas avoir de capteur d'assistance et d'utiliser un banc de test, mais surtout de connaître la puissance demandée par le vélo avec et sans pédalage. Cette différence correspond à la puissance musculaire. Mais avec le banc d'essai, l'inertie correspond au poids du moteur (7kg) et non à celui du cycliste (100 kg) . Pour bien identifier les forces et puissances motrices, il faut étudier le vélo électrique sur route. Les tests permettent de donner un sens aux valeurs de force, puissance, accélération à l'échelle humaine.



Figure 9 : vélo électrique sur banc de test





7. Stratégies de commandes pour moteur brushless de vélo

Nous avons montré que l'utilisation d'une commande de puissance constante minimise le courant de pointe lors des régimes transitoires. Ce contrôle est réalisé par la régulation de l'intensité batterie et non sur le moteur. Pour commander le moteur d'un vélo électrique sans assistance, il existe plusieurs stratégies telles que:

- limitation du courant moteur (contrôle moteur avec une force constante pendant le démarrage),
- Limitation de l'intensité de la batterie (contrôle moteur avec une puissance constante pendant le démarrage),
- Le contrôle de la vitesse et de la limitation de l'intensité de la batterie avec freinage électrique [2,3].

Nous pouvons observer dans la figure 10 qu'en utilisant la seconde stratégie, sans capteur de pédalage, le courant batterie est limitée à 43A. Cette figure nous permet d'observer la régulation de courant et la dynamique de vitesse qui atteint 63 km/h en 12 s sans pédalage. La vitesse atteint 50 km/h en 7s.

Il y a de petites différences entre la simulation et la pratique à cause des paramètres qui ont été négligés pour nous permettre de comparer correctement les avantages de la puissance constante par rapport aux forces constantes. Les paramètres qui ont été négligés sont la force de résistance de la route, la chute de tension des batteries, la résistance du moteur et de fils, le rendement du moteur ...

La figure 11 permet observer la relation entre l'intensité du moteur et la batterie. Il n'y a pas de régulation sur le courant moteur, car les transistors pour alimenter le moteur ont été fortement surdimensionnés (double transistors mos IRF 4110 (100V), 180A, 6€).

La troisième stratégie permet de gérer facilement un capteur de sécurité placé sur le pédalier comme indiqué ci dessous :

- S'il y a un pédalage nulle ou très faible entre 0 à 0,1 tr.s⁻¹, le moteur est en roue libre quelque soit l'action de la manette accélératrice. Donc, la consigne de vitesse sera à 0 km/h.
- S'il y a un faible pédalage entre 0,1 à 0,15 tr.s⁻¹, même si la manette est à 100%, la consigne ne sera que de 13 km/h permettant d'accélérer mais pas d'aller vite.
- S'il y a un pédalage supérieur à 0,15 tr.s⁻¹, la consigne de vitesse sera un certain pourcentage de la poignée accélératrice.
- Un freinage électrique s'établira seulement avec la manette à 0%, au dessus d'une certaine vitesse de 13 km/h. En dessous de cette vitesse, le moteur sera en roue libre

Nous pouvons observer dans la figure 12 la troisième stratégie avec un capteur de sécurité sur le pédalier. Le courant batterie est limitée à 30 A. La batterie de 48V permet d'atteindre des vitesses de 43 km/h. nous pouvons observer la gestion de contrôle de vitesse pendant l'accélération et le freinage.

La récupération d'énergie est dangereuse, si les batteries Li-Po sont chargées à 100%. Par conséquent, le taux de charge de la batterie doit être connu afin de permettre un freinage électrique.

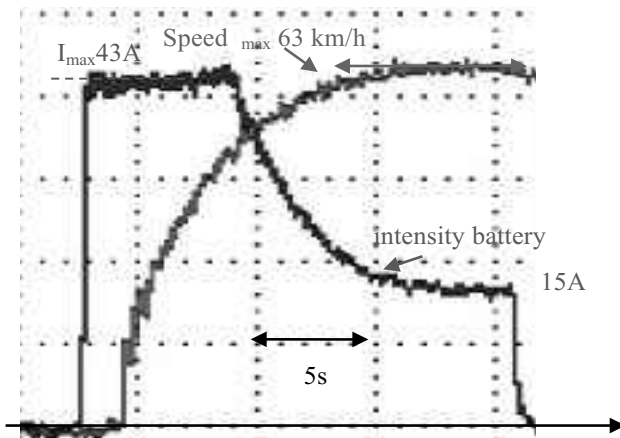


Fig. 10. Second strategy : intensity battery 40 A and dynamic speed

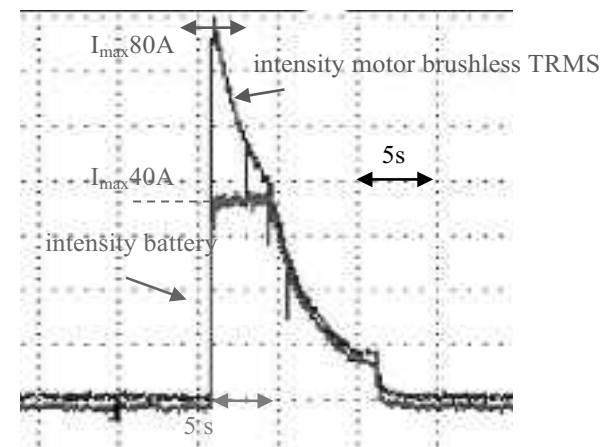


Fig. 11. second strategy : intensity battery and motor

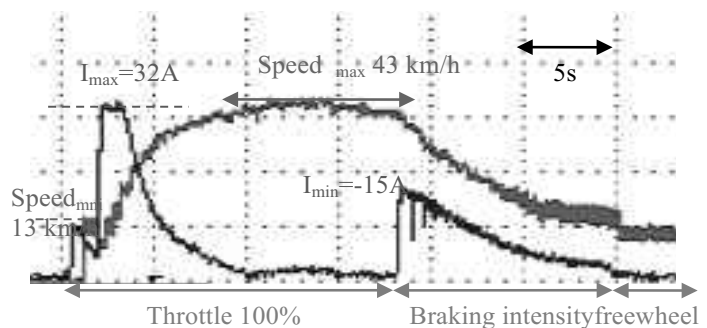


Fig 12: third strategy : regulation speed and limitation battery with a voltage battery de 48V

8. Comparaison du prix de l'énergie pour différents types de véhicules

Un bon compromis pour un moteur de 1500W est une tension accumulateur entre 48V et 72V avec une capacité énergétique de 10 à 15 A.H. Un accumulateur li-po de 500 W.h peut supporter 500 à 2500 cycles de charge et décharge pour une autonomie de 60 km sans pédalage à 100 km avec pédalage à 40 km/h. Donc, le vélo fera dans le cas le plus défavorable 40.10³ km voir 200.10³ km avec le même accumulateur. Nous n'utilisons pas de BMS (batterie management de sécurité) qui limite le courant de décharge puisque le variateur le fait. Par contre, le chargeur d'accumulateur mesure toutes les tensions des éléments pour que tous les éléments soient chargés à 100% sans dépasser leurs tensions maximales.





Le tarif domestique de l'électricité en France est de 0,08 € pour 1 kWh, donc 0,04 € pour 100km sans pédalage à 40 km/h. Si l'on prend en compte le prix des batteries en 2011 et leur durée de vie, le coût pour faire 100 km passe à 1,2€ voir à 0,2€ pour 2500 cycles de charge. Après avoir déterminé le coût énergétique du vélo électrique, nous allons le comparer à d'autres formes d'énergies pour savoir si le vélo est vraiment viable.

On peut évaluer l'énergie électrique par rapport au pétrole. Le vélo électrique consomme 500 W.H pour faire 60 km à 40 km/H. 500 W.H correspond à 0.18 litre d'essence pour un moteur thermique avec un rendement de 30 %.

Pour comparer le coût pour faire 100km avec un cyclomoteur de 50 cm³, il faut ajouter l'assurance et l'entretien.

En synthèse, le tableau suivant fait un bilan du prix énergétique pour faire 100 km :

Véhicule	assurance	maintenance	Consommation	prix / 100km
Vélo seul	x	muscle	0,006 €/kcal	6,5 €
Vélo électrique	x	420 € /40 000km	0,08 €/kW.H	1,2 €
50 cm ³ 5000km par an	400 €	vidange	5 litre/100km 1 litre =1€	13 €

Sur ce tableau, on peut observer que le vélo électrique est très économique malgré le prix de l'accumulateur.

9. Conclusion

Nous avons démontré que le vélo électrique était un très bon support pédagogique pour nos étudiants de génie électrique. De plus, nous avons présenté les avantages de la commande à puissance constante du moteur permettant de protéger la batterie. Cette commande est utilisée depuis longtemps pour la traction électrique des chemins de fer. Les bénéfices du contrôle de puissance constante sont évidemment applicables à tous les véhicules électriques, toutefois, de nombreux constructeurs offrent seulement des variateurs de vitesse à couple constant.

Nous avons aussi prouvé qu'il était possible de réaliser des vélos électriques avec des vitesses honorables (car nos étudiants apprécient seulement les engins extrêmes avec une forte accélération). En 2011, Le record de vitesse en vélo électrique [9] n'est que de 113 km/h, un IUT GEII devrait relever se défi pour être dans le Guinness World Record. Dans cet article, nous avons aussi démontré que le prix de l'énergie électrique est très faible par rapport à l'énergie du pétrole. Pour encore économiser de l'énergie, il est possible de minimiser la puissance consommée en utilisant des tricycles avec des coques pour limiter la prise au vent appelés « Vélo mobile » [7].

[1] <http://aisne02geii.e-kart.fr/> réalisation de vélo électrique, 2012

[2] A.Sivert, F.Betin, S.Carriere “**Difference force and constant power control applied to electrical bike**”, EVER ecologic vehicles & renewable energies de MONACO, Mai 2012.

[3] A.Sivert, F.Betin, J.Becar “**An Electrical Bike For Project Based Learning Platform**”, EVER ecologic vehicles & renewable energies de MONACO, Avril 2011.

[4] Samuel violin « **le velo à assistance électrique** » les cahiers de l'instrumentation N°9 Chauvin Arnoux octobre 2010

[5] A.Sivert, “**Le velo électrique**”, iut en ligne : http://www.iutenligne.net/ressources_search_fiche.php?id=1021 2011

[6] Benoit Rozel, Wilfried Frelin, Emmanuel Hoang, Gilles Feld, “**charge simulator for Home Trainer**”, CETSIS'2005, Nancy, 25-27 octobre 2005

[7] Forum pour tout savoir sur les velos couchés <http://velorizantal.bbfr.net/t15952-kit-3000w>

[8] A.Sivert, T.lequeu “**Je construis mon véhicule électrique**”, édition Dunod, à paraître début 2013

[9] Forum véhicule électrique (record de vitesse) : <http://www.evalbum.com/3406>, <http://www.evalbum.com/4302>





PROPAGATION D'IMPULSIONS SUR UNE LIGNE DE TRANSMISSION

Gérard COUTURIER et Medhi TARISIEN, département GEII, IUT Bordeaux I

gerard.couturier@u-bordeaux1.fr et medhi.tarisien@u-bordeaux1.fr

Résumé : *La propagation d'une impulsion sur une ligne non adaptée donne naissance à des impulsions réfléchies et déformées. Quelles sont les origines de ces déformations : pertes et/ou dispersion des vitesses ? Pour répondre à cette question on intègre les expressions des impédances des conducteurs pleins et creux en fonction de la fréquence dans un programme utilisant la FFT (Fast Fourier Transform).*

Mots clés : propagation, effet de peau, transformée de Fourier, FFT

I- Introduction

Nous avons maintenu, en S3, un enseignement intégré cours-TD de base (15h) sur la propagation, principalement sur la propagation guidée dans les câbles coaxiaux. Après l'étude en régime harmonique où on introduit les notions : d'impédance caractéristique, de constante de propagation, de coefficient de réflexion, de rapport d'onde stationnaire, d'adaptation d'impédance, d'abaque de Smith, on s'intéresse à la propagation d'impulsions et on termine par un exercice sur la localisation de défaut dans un câble par réflectométrie temporelle. L'enseignement de propagation fait suite au cours-TD de S1 et S2 d'électrostatique et de magnétostatique où les étudiants apprennent à calculer la capacité linéique et l'inductance linéique d'un conducteur cylindrique.

Les cours-TD de propagation en S3 s'accompagnent de deux TP de 3h intégrés dans une série de TP d'électronique. La propagation d'impulsions est abordée dans un des TP, les matériels suivants sont utilisés (Cf. figure 1) :

- un générateur de fonction d'impédance de sortie 50Ω ,
- $2 \times 50 \text{ m}$ de câble coaxiaux d'impédance caractéristique 50Ω ,
- un oscilloscope de bande passante 300 MHz , d'impédance d'entrée 50Ω ou $1 \text{ M}\Omega // 12 \text{ pF}$,
- 3 charges Z_ℓ : circuit ouvert, court-circuit et 50Ω .



Figure 1 : *Un générateur, un oscilloscope et deux rouleaux de câble coaxial de 50 m chacun*





La figure 2 montre le schéma électrique de l'expérience, les étudiants ont à observer les tensions $v_1(t)$, $v_2(t)$ et $v_3(t)$ à l'entrée, au milieu et en bout de ligne pour les différentes charges Z_ℓ et ils doivent comparer les amplitudes à celles calculées en cours-TD.

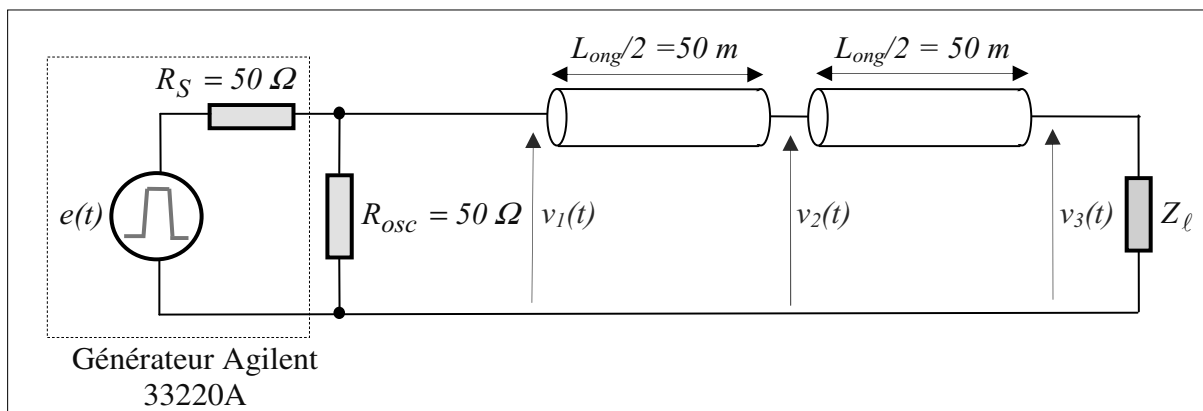


Figure 2 : Schéma électrique de l'expérience, $R_{osc} = 50\Omega$ est la résistance d'entrée de l'oscilloscope.

La figure 3 montre la tension $v_1(t)$ observée à l'entrée du câble quand celui-ci est attaqué par une impulsion unique $e(t)$ d'amplitude $3V$, de largeur $\theta = 400\text{ ns}$ et de temps de montée et de descente égaux à $t_r = 5\text{ ns}$, le câble est chargé par un circuit ouvert.

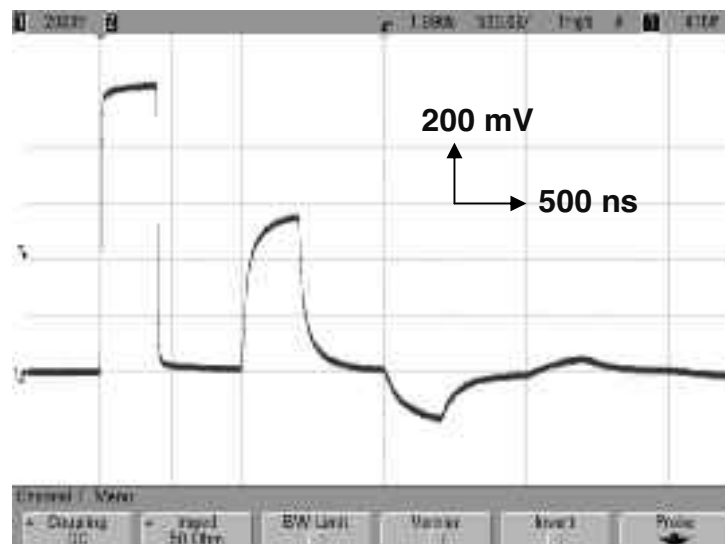


Figure 3 : Tension $v_1(t)$ observée expérimentalement avec une impulsion de largeur 400 ns et d'amplitude de $3V$

Un calcul simple basé sur les coefficients de réflexion à l'entrée du câble ($\Gamma_e = -1/3$) et en sortie ($\Gamma_s = 1$) et sur l'hypothèse d'un câble sans perte conduit à la tension calculée de la figure 4.



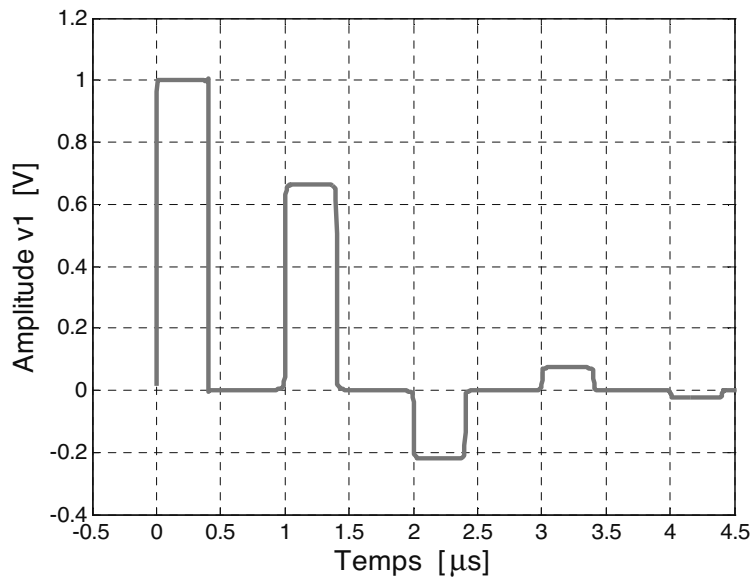


Figure 4 : Tension $v_1(t)$ calculée à partir des coefficients de réflexion $\Gamma_e = -1/3$ et $\Gamma_s = 1$ et en supposant un câble sans perte

Question : Quelle est l'origine de la déformation des impulsions de la figure 3 ?

Vu la forme des impulsions, on est tenté d'invoquer les pertes cuivre par effet de peau et peut être les pertes diélectriques de l'isolant. La réponse est en fait un peu plus complexe, en effet pour rendre compte des effets observés il faut aussi prendre en compte les inductances des conducteurs interne et externe. Le calcul de l'impédance linéique d'un conducteur cylindrique plein et creux en fonction de la fréquence a été effectué par S. A. Schelkunoff (*The electromagnetic theory of coaxial transmission lines and cylindrical shields, Bell System Technical Journal, pp. 532 – 579, 1934*). Les impédances font intervenir les fonctions de Bessel modifiées de première et deuxième espèce facilement calculables avec Matlab par exemple.

La figure 5 montre les parties réelle $r_{int}(\omega)$ et imaginaire $L_{int}(\omega).\omega$ de l'impédance linéique $Z_{int}(\omega) = r_{int}(\omega) + jL_{int}(\omega).\omega$ du conducteur interne d'un câble coaxial. Pour le calcul, nous avons utilisé les caractéristiques techniques d'un câble RG-58 (www.belden.com).

Aux basses fréquences, la partie réelle $r_{int}(\omega)$, (courbe a), est égale à la résistance linéique en continu que l'on peut calculer à partir de la conductivité $\sigma \approx 5,7.10^7 \text{ Sm}^{-1}$ du cuivre émaillé et du rayon $R_{int} \approx 0,4 \text{ mm}$ du conducteur, $r_{int} = \frac{1}{\sigma \pi R_{int}^2} \approx 0,03 \Omega \text{m}^{-1}$. Pour les

fréquences élevées, $r_{int}(\omega)$ varie en $f^{1/2}$: c'est l'effet de peau. La partie imaginaire $L_{int}(\omega).\omega$ varie linéairement en f aux basses fréquences, l'inductance est donc indépendante de la fréquence, un calcul basé sur la densité d'énergie électromagnétique conduit à $L_{int}(\omega \rightarrow 0) = \frac{\mu_0}{8\pi} = 50 \text{ nHm}^{-1}$. En hautes fréquences $L_{int}(\omega).\omega$ varie en $f^{1/2}$, en

conséquence l'inductance varie en $f^{-1/2}$ et elle devient négligeable devant la mutuelle





inductance $L = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{R_{ext}}{R_{int}}\right) \approx 260 \text{ nHm}^{-1}$ où $R_{ext} \approx 1,47 \text{ mm}$ est le rayon externe de l'isolant du câble choisi pour l'étude. Quand on écrit que l'impédance caractéristique d'un câble coaxial est égale à $\sqrt{\frac{L}{C}} \approx 50 \Omega$, où $C \approx 100 \text{ pFm}^{-1}$ est la capacité linéique, il faut ajouter que ceci est vraie uniquement aux hautes fréquences, c'est-à-dire quand L_{int} et $L_{ext} \ll L$, il en est de même pour la vitesse $v = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \epsilon_r \mu_0}} \approx 2.10^8 \text{ ms}^{-1}$.

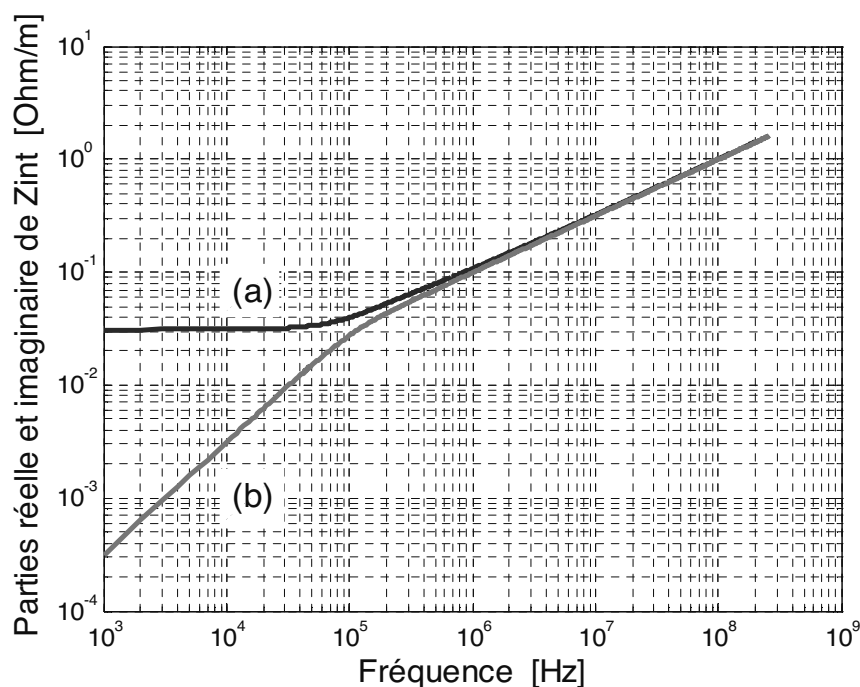


Figure 5 : (a) Partie réelle $r_{int}(\omega)$ et (b) partie imaginaire $L_{int}(\omega)\omega$ du conducteur interne en fonction de la fréquence

La dépendance en fréquence de l'inductance linéique totale $L_t = L + L_{int}(\omega) + L_{ext}(\omega)$ où $L_{ext}(\omega)$ est l'inductance linéique du conducteur extérieur fait que la vitesse de propagation dépend de la fréquence. C'est cette dépendance, combinée à la dépendance en fréquence des pertes, qui est la cause de la déformation des impulsions de la figure 3.

Pour le montrer nous avons écrit un programme dont les grandes lignes sont les suivantes :

- définition d'un vecteur fréquence $0 \leq f \leq N.\Delta f$, où $(N + 1)$ est le nombre de points de calcul, une puissance de 2, et Δf l'incrément de fréquence
- calcul de $r_{int}(\omega)$ et $L_{int}(\omega)$ du conducteur intérieur
- calcul de $r_{ext}(\omega)$ et $L_{ext}(\omega)$ du conducteur extérieur
- calcul de l'impédance caractéristique $Z_c(\omega)$
- calcul de la constante de propagation $\gamma(\omega)$





- calcul de l'impédance ramenée à l'entrée de la ligne $Z_e(\omega)$
- calcul de la tension complexe $\underline{V}_1(\omega) = \frac{Z_e(\omega) // R_{osc}}{(Z_e(\omega) // R_{osc}) + R_S} E(\omega) H_{osc}(\omega)$, où $E(\omega)$ est la transformé de Fourier du pulse délivré par le générateur et $H_{osc}(\omega)$ est la réponse en fréquence de l'oscilloscope.
- construction du fichier FFT : $FFT(n) = \underline{V}_1(n \cdot \Delta f)$ pour $0 \leq n \leq N$,
 $FFT(n) = \overline{\underline{V}_1((2(N+1)-n) \cdot \Delta f)}$ pour $N+2 \leq n \leq 2N+1$ et $FFT(n = N+1) = 0$
- calcul de l' $IFFT$ pour obtenir $v_1(t)$

La tension $v_1(t)$ ainsi calculée est tracée à la figure 6, elle est quasiment identique à celle de la figure 3. Si dans le programme on fait $L_{int}(\omega) = L_{ext}(\omega) = 0$, c'est-à-dire que l'on néglige les inductances interne et externe des conducteurs, on obtient le graphe de la figure 7 différent de celui de la figure 6. La seule dépendance en fréquence des pertes, c'est-à-dire $Z_{int}(\omega) = r_{int}(\omega) + j0$ et $Z_{ext}(\omega) = r_{ext}(\omega) + j0$ ne permet donc pas de rendre compte de la déformation des impulsions observées sur la figure 3.

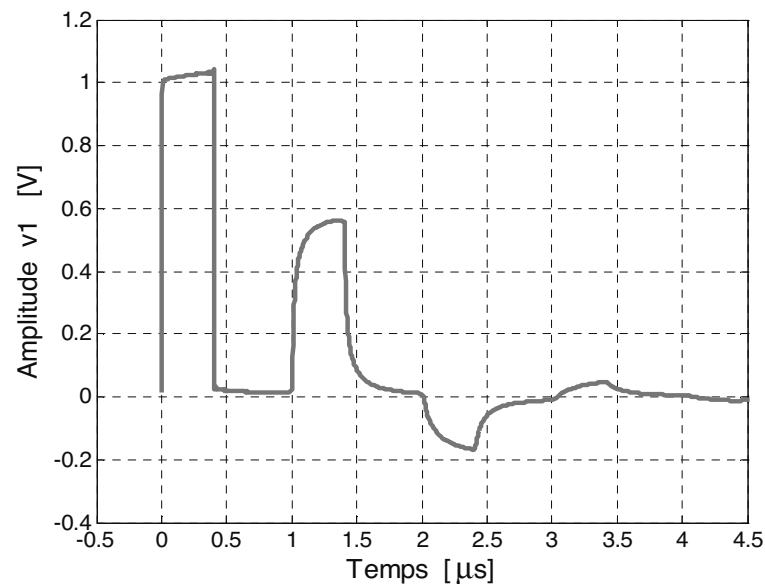


Figure 6 : Tension $v_1(t)$ obtenue après calcul de l' $IFFT$, les échelles verticale et horizontale sont les mêmes que celles de la figure 3

Pour obtenir les tensions $v_2(t)$ et $v_3(t)$ en milieu et en bout de ligne, on remplace chaque tronçon de ligne de longueur $L_{ong} / 2$ par un quadripôle en π . Les impédances du quadripôle en π sont obtenues à partir de la matrice chaîne d'un tronçon de ligne. On obtient ainsi les tensions complexes $\underline{V}_2(\omega)$ et $\underline{V}_3(\omega)$. Comme pour $v_1(t)$, on construit les FFT correspondantes, le calcul des $IFFT$ donnent alors $v_2(t)$ et $v_3(t)$.

Les figures 8 et 9 montrent respectivement les tensions $v_2(t)$ obtenues expérimentalement et calculée par $IFFT$.





NB : Le détail des calculs et le programme Matlab commenté sont disponibles, envoyer un e-mail aux auteurs avec pour sujet : propagation_FFT

Plus généralement, le programme permet de calculer les tensions $v_1(t)$, $v_2(t)$ et $v_3(t)$ quelle que soit la charge Z_ℓ en bout de ligne.

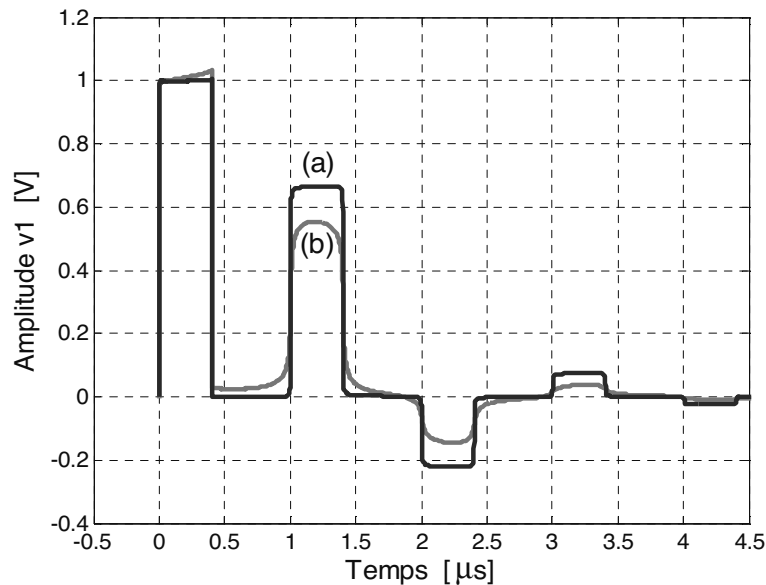


Figure 7 : (a) Tension $v_1(t)$ calculée avec $Z_{int}(\omega) = Z_{ext}(\omega) = 0$, (b) tension $v_1(t)$ calculée avec $Z_{int}(\omega) = r_{int}(\omega) + j0$ et $Z_{ext}(\omega) = r_{ext}(\omega) + j0$, seules les pertes sont prises en compte.

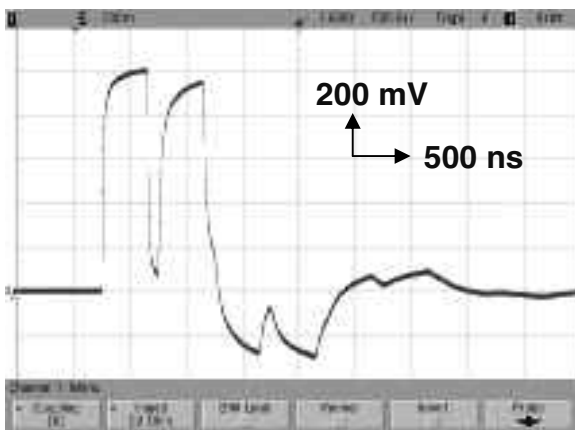


Figure 8 : Tension $v_2(t)$ observée expérimentalement avec une impulsion de largeur 400 ns et d'amplitude de 3 V

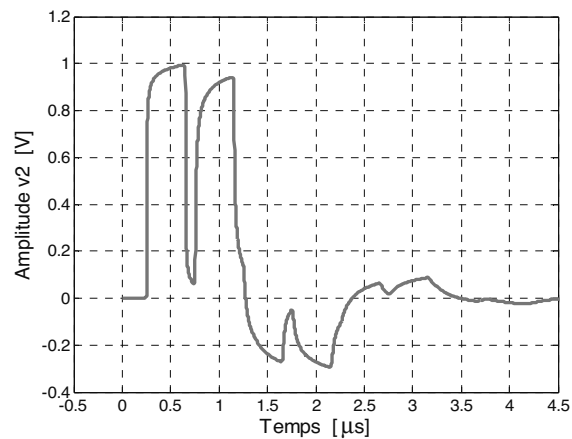


Figure 9 : Tension $v_2(t)$ calculée par IFFT, les échelles verticale et horizontale sont les mêmes que celles de la figure 8





« LABVIEW » DANS LES SYSTEMES AUTOMATISES

Serge BOUTER¹, Rodolphe DECOURT²

115, rue Naudet 33175 Gradignan Cedex - 287, avenue du Dr Schweitzer, 33608 Pessac

{serge.bouter@u-bordeaux1.fr, decourt@icmcb-bordeaux.cnrs.fr}

RESUME L'article rapporte une expérience d'enseignement sur l'implémentation d'applications de supervision, réalisée dans le cadre de la Licence Systèmes Automatisés et Réseaux Industriels de l'IUT Bordeaux 1 et de la filière « Instrumentation » du CNAM Bordeaux. L'enseignement des systèmes automatisés au département repose sur un ensemble de parties opératives pilotées via le réseau Ethernet ou des bus de terrains, qui permet aux étudiants d'aborder l'essentiel de cette discipline. Les différents sujets de Travaux pratiques présentés dans cette article utilisent des mécanismes de partage de données, tels que le protocole OPC, et s'appuie au niveau de la programmation sur l'environnement de développement « Labview ». L'ensemble des sujets fait partie d'un module pratique concluant une formation théorique.

Mots clés : supervision, réseaux, serveur OPC, Labview, variables partagées

1 PRESENTATION DU CONTEXTE

1.1 Enseignement des systèmes automatisés

Depuis la création de la licence SARI à l'IUT Bordeaux 1, les étudiants de cette licence se sont vus proposer des stages dans lesquels il était nécessaire d'utiliser l'environnement de développement « Labview ». Bien que les étudiants de cette licence n'aient eu aucun enseignement spécifique sur « Labview », ils étaient appréciés pour leur formation de base : programmation C/C++ sous VisualStudio, réseaux d'entreprise et de terrain, supervision...

Aujourd'hui, pour donner plus de poids aux candidatures des étudiants et répondre aux besoins des entreprises du tissu industriel local, un enseignement spécifique a été mis en place.

La prise en main du langage « Labview » ne pose pas de problèmes aux étudiants de licence puisque ces derniers ont reçu une importante formation en langages informatiques « classiques ». L'objet de cet enseignement est de montrer la capacité de « Labview » aujourd'hui, à communiquer avec des équipements tels que les Automates Programmable Industriels.

Cet enseignement a aussi intéressé le Centre Régional Aquitain du CNAM et il a été aménagé pour répondre au programme d'un module de la filière « Instrumentation ».

1.2 Objectifs pédagogiques et prérequis

Le développement d'une application de supervision conduit:

- à montrer l'interactivité entre le monde des automates programmables industriels et celui des micro-ordinateurs de bureaux,
- à mettre en œuvre une interface homme/machine
- à exploiter différents types de serveurs
- à utiliser les méthodes d'accès à des serveurs de données « process »
- à programmer des systèmes séquentiels

Les exercices proposés pendant les séances de TP apparaissent en fin de formation et nécessitent des pré-requis importants : programmation orienté objet, algorithmique, programmation événementielle. Ils sont précédés d'un cours qui introduit des notions propres à la supervision: réseaux industriels, interface homme/machine, la programmation « Labview », objets COM, DCOM et serveur OPC. Ce cours doit montrer comment sont partagés les données dans un environnement de commande et de supervision distribué et hétérogène.

1.3 Problème étudié

Un système de commande en réseaux est un ensemble de composants matériels et logiciels en interaction avec un processus que l'on souhaite commander.

La partie supervision doit gérer la coordination entre les divers éléments de commande répartie. Donc il est nécessaire d'assurer l'interopérabilité entre des dispositifs ayant des technologies matérielles et logicielles différentes. Il s'agit de montrer comment, avec l'environnement « Labview », mettre en œuvre cette interopérabilité ; c'est ce qu'il illustre la figure 1, ci-après.



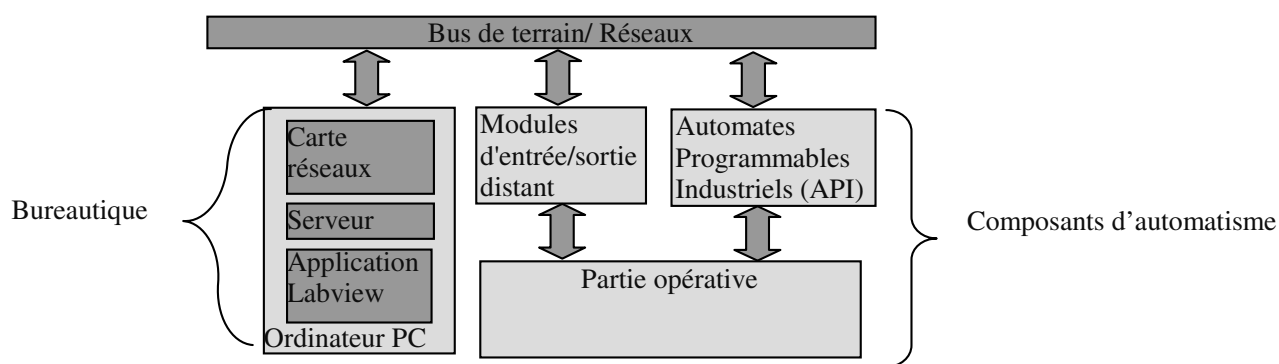


Fig. 1 interopérabilité dans un environnement hétérogène

2 LES OUTILS LOGICIELS « LABVIEW »

2.1 Le langage G et les instruments virtuels ou « virtual instruments »

L'écriture d'une application sous « Labview » repose sur un langage graphique constitué de blocs-fonction et de liens entre ces derniers. Un programme ou un sous-programme sous « Labview » est appelé un instrument virtuel ou « vi ».

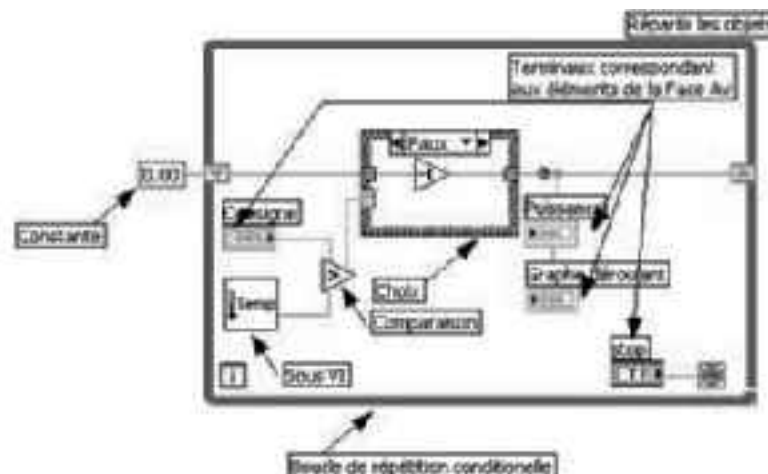


Fig. 2 exemple d'une partie d'un « vi »

2.2 Le module «DataLogging and Supervisory Control » ou « DSC» de l'application « Labview »

Ce module offre un ensemble d'outils destinés à l'enregistrement de données, à leur affichage en temps réel et la gestion des alarmes. Aussi ce module présente essentiellement les fonctionnalités suivantes :

- Une base de données,
- Un gestionnaire de variables partagées,
- un serveur d'entrées/sorties
- Un client OPC
- Un serveur OPC

2.3 L'application « Shared Variable Engine ou SVE »

Cette application est dédiée à la gestion des variables partagées. Exécutée indépendamment de « Labview », elle assure la transmission de la valeur de la variable partagée entre les différentes applications concernées par cette dernière. Ainsi, elle joue le rôle d'interface entre « Labview » et les autres applications.

Il existe plusieurs méthodes pour assurer le passage des valeurs des variables partagées entre « Labview » et « SVE ».

Les sujets de TP s'appuie essentiellement sur une méthode simple à mettre en place ; « Shared Variable Nodes ». Il s'agit de créer une variable qui est associée de façon définitive à une zone tampon de l'application « SVE ». Cette zone tampon est elle-même associée, par exemple, à des données internes à un automate programmable. Ce type de transaction sur les données est qualifié de « statique ». En d'autres termes, une variable partagée, lorsqu'elle est définie, est lié à une « grandeur mesurée » sur la partie opérative. Cette approche requiert peu de programmation.





La deuxième méthode, dynamique, permet de récupérer des données sans avoir à les définir au départ. C'est l'application qui définit les données à récupérer et ceci demande un programme qui s'appuie sur des primitives « Datasocket ». Cette méthode n'est pas évoquée dans cet enseignement.

De plus l'application « SVE » peut s'associer à un client OPC, facilitant ainsi la connexion vers tout serveur qui met en œuvre le standard OPC.

2.4 Le serveur OPC et son outil de configuration

Le module « DSC » intègre un serveur OPC

L'application « NI OPC Server » permet, au niveau du serveur « OPC Labview » de :

- mettre en place des protocoles de communication (Modbus, OpenModbus...),
- de créer des variables, souvent qualifiées d'« item »,
- de les configurer telles qu'elles soient associées à des données internes aux automates programmables.

2.5 Base de données « Citadel »

Cette base de données est opérationnelle dès lors que le module DSC est installé. Son contenu est défini par les propriétés et les méthodes des variables partagées. L'enregistrement des données est provoqué dès qu'un serveur réactualise la valeur d'une variable partagée. Il est possible de modifier certains paramètres d'enregistrement tels que la résolution, la valeur de la zone morte...

3 LA NORME OPC-DA

L'objectif des différentes normes OPC est de standardiser les échanges de flux entre équipements communicants sur des réseaux locaux industriels hétérogènes. Le développement d'Interface Homme-Machine (IHM), la gestion des événements et alarmes, et le stockage de données en provenance du réseau se trouvent ainsi considérablement facilités.

Il existe plusieurs versions du standard OPC. Dans le cadre de cet enseignement, c'est OPC Data Access (DA) qui est utilisé. En effet, il s'agit de la norme la plus répandue ; elle permet de développer des IHM et de superviser une installation industrielle.

Sur ce standard, chaque item, représentant une donnée, est constitué de trois champs :

- *Value* : peut avoir différents types de données (booléen, entier, réel, ...) en fonction de l'équipement supervisé.
- *Time-stamp* : indique le temps quand la donnée a été transmise de l'équipement réseau vers le serveur OPC.
- *Quality* : indique le degré de validité des données. Elle peut être (bonne, douteuse, ...)

Un serveur OPC est structuré sous une forme hiérarchique contenant une racine, des répertoires (ou groupes) pouvant contenir d'autres répertoires.

Ainsi chaque item peut être référencé de deux manières distinctes :

- En utilisant le chemin d'accès complet à partir de la racine,
- En utilisant un identifiant unique connu sous le nom de « *Fully Qualified ItemID* ».

4 PRESENTATION DES SUJETS

4.1 Introduction

Les sujets de Travaux Pratiques traités par les étudiants, outre la communication avec des modules d'entrées/sorties distant ou des automates programmables industriels (API) montrent d'autres aspects de « Labview ». Ainsi un des sujets de TP traite l'implantation de diagramme d'état (outil utilisé dans la conception ou la description de systèmes automatisés) dans un programme « Labview ».

4.2 Pilotage d'un module d'Entrées/Sorties à partir du protocole OpenModbus

Le module possède quatre entrées et quatre sorties et intègre un serveur « OpenModbus ». C'est ce mécanisme qui est utilisée pour récupérer les données provenant du module. Avec ce sujet, il s'agit de montrer comment accéder à un module d'entrées/sorties distant à partir de trois approches différentes :

- mise en place d'un serveur d'entrées/sorties « Labview ».
- mise en place d'un serveur OPC exploitant OpenModbus.
- programmation de sockets et exploitation explicite du protocole OpenModbus (ou Modbus sur TCP/IP)



4.2.1 Serveur d'entrées/sorties

« Labview » offre la possibilité de mettre en place un serveur d'entrées/sorties. Ce serveur s'intègre au projet à l'ouverture de ce dernier. Ce serveur gère plusieurs protocoles de communication ; il suffit alors d'indiquer celui qui convient au module d'Entrées/Sorties : « Modbus TCP/IP ». Ce type de serveur est propre à l'environnement « Labview » et ne peut être exploité par d'autres environnements logiciels.

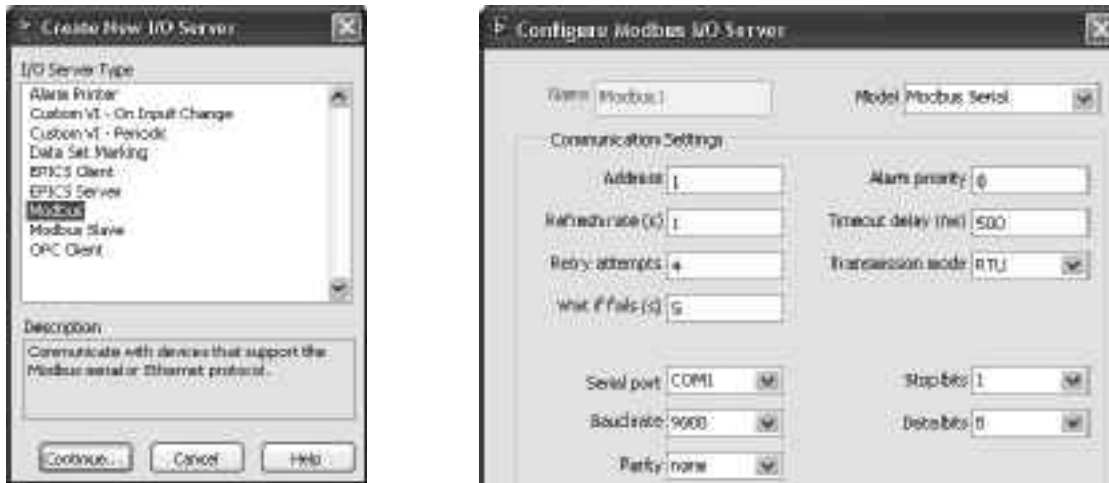


Fig. 3 : intégration du serveur dans le projet

La figure précédente (voir Fig. 3) montre l'insertion du serveur dans le projet en spécifiant le protocole à gérer et les grandeurs à positionner dans le cadre de ce dernier. Ensuite, il est nécessaire de créer les variables liées sachant que ces dernières sont associées à des mots-mémoire du module d'Entrées/Sorties via le protocole Modbus (voir Fig. 4).

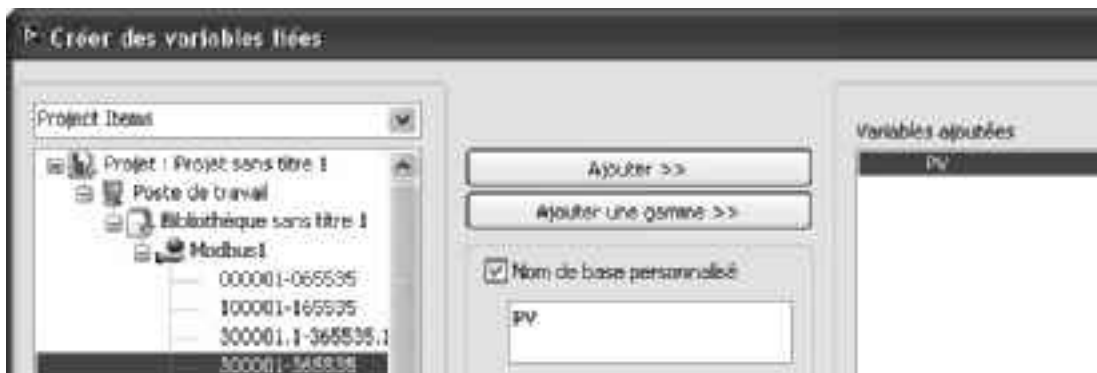


Fig. 4 : adresse des variables Modbus

Les variables partagées sont alors accessibles comme les variables classiques. Les transactions entre l'application « Labview » peut être alors schématisé par le synoptique ci-après (voir Fig. 5).

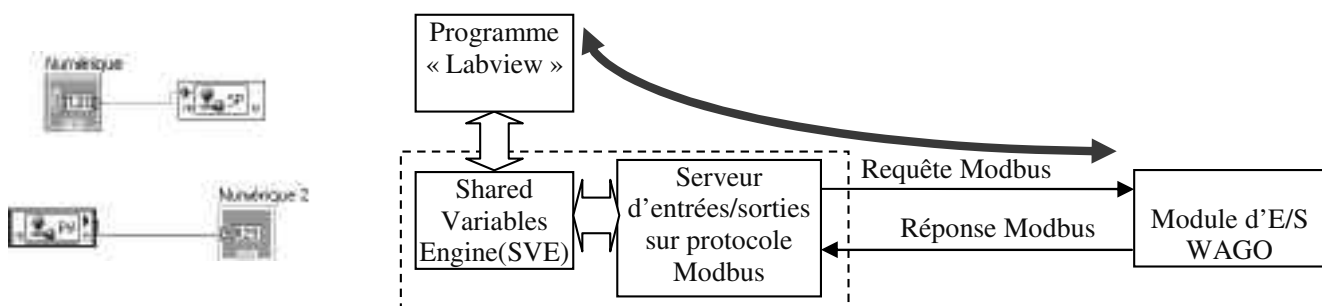


Fig. 5 : variables partagées et synoptique de communication entre « Labview » et le Module d'E/S





SCIENCES ET TECHNOLOGIES

4.2.2 Serveur d'entrées/sorties OPC

Par souci d'interopérabilité entre « Labview » et les autres composants logiciels ou matériels, l'application « NI OPC Servers » permet de mettre en place un serveur OPC et définir des variables auxquelles il est possible d'accéder. Le serveur OPC présente l'intérêt de pouvoir être exploité par des environnements autres que « Labview »

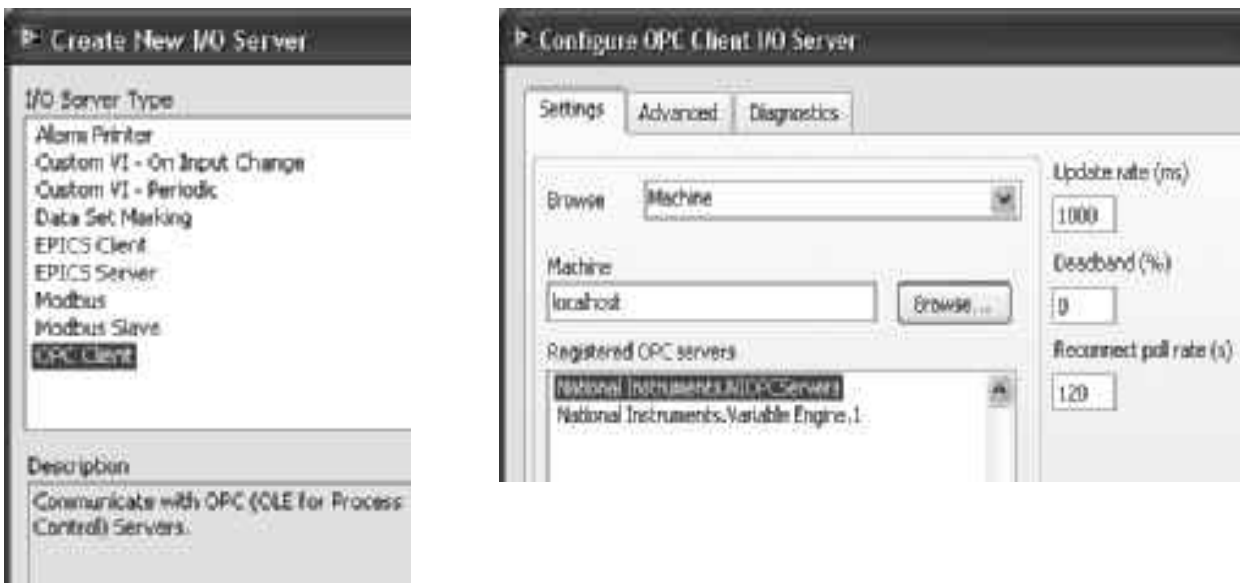
La mise en place du serveur demande de préciser le protocole utilisé pour dialoguer avec le module d'entrées/sorties : « Modbus sur TCP/IP ».

Puis, dans le cadre de ce protocole, des paramètres doivent être positionnés :

- L'adresse IP
- Le numéro de port
- Le nombre d'entrées/sorties
- Les noms et les adresses des entrées/sorties

Ce sont par ces noms, référencés au niveau du serveur OPC, qu'il est possible d'accéder aux entrées/sorties.

La communication avec le serveur OPC est assurée par un client OPC. Comme le montre la figure ci-après, le client doit être intégré au projet en précisant le serveur OPC concerné et le temps de rafraîchissement.



La variable partagée « entree1 » a été créée en indiquant son lien avec les variables déclarées au niveau du serveur OPC.



Une variable partagée en lien avec un objet graphique type « booléen » Face avant : objet graphique type « booléen »

Les transactions entre l'application « Labview » peut être alors schématisé par le synoptique ci-après (voir Fig. 6).

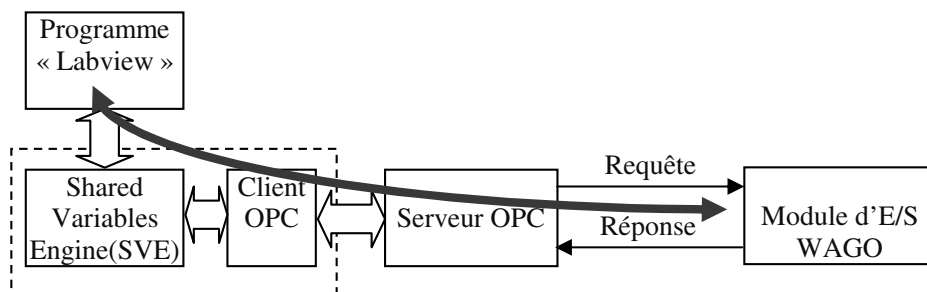


Fig. 6 : synoptique de communication entre « Labview » et le Module d'E/S via un serveur OPC





4.2.3 Programmation des sockets

Cette partie montre une exploitation directe de protocole « OpenModbus ». L'objectif est de structurer les requêtes dans un tableau d'octets. Ce tableau de données est envoyé sur le réseau via l'« API » (Application Programming Interface) des sockets. L'application à réaliser, du type client et représentée par le « vi » de la figure « Fig. 7 » consiste à :

- Transmettre une requête de lecture d'entrées TOR et recevoir la réponse à cette dernière.
- Transmettre une requête d'écriture sur des sorties TOR et recevoir la réponse à cette dernière.

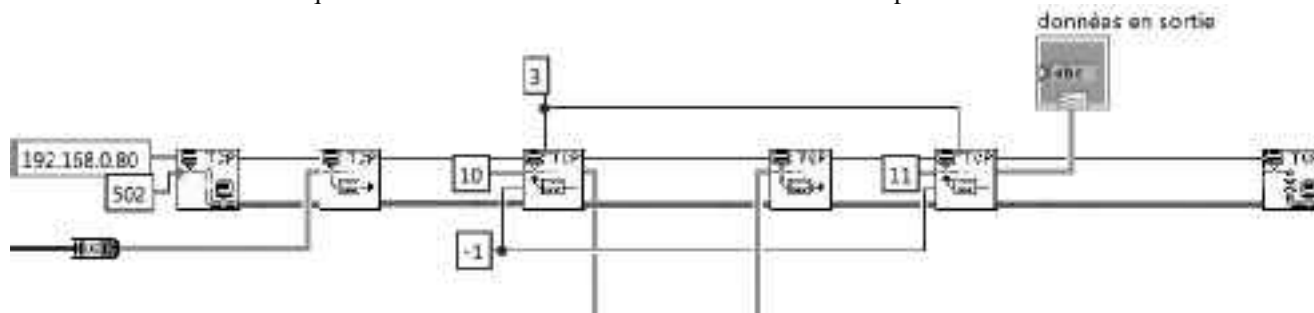






Fig. 7 programmation des « sockets » représenté dans un « vi »

Le principe des « sockets Labview » est identique à celui des « sockets BSD »:

- Ouvrir un port de communication TCP et se connecter sur un serveur 
- Emettre des données  (TCP Ecrire)
- Recevoir des données  (TCP Lire)
- Fermer la connexion  (TCP Fermer la connexion)

4.3 Contrôle d'un régulateur industriel « Eurotherm » à partir du protocole MODBUS RTU

L'objectif de cet exercice est la programmation d'un serveur « maison » et sa mise place. Ce serveur « maison » requiert la programmation d'une liaison série et l'exploitation directe du protocole « Modbus RTU ».

4.3.1 Réalisation du serveur « maison »

Il s'agit de réaliser un « vi » chargé d'émettre des requêtes MODBUS, de recevoir les réponses et d'extraire les données souhaitées. Pour l'envoi des requêtes, une fonction de calcul de la séquence CRC est nécessaire ; elle est donnée aux étudiants. La partie émission des requêtes et réception des réponses est exécutée continuellement ; elle est intégrée dans une boucle « tant que » périodique.

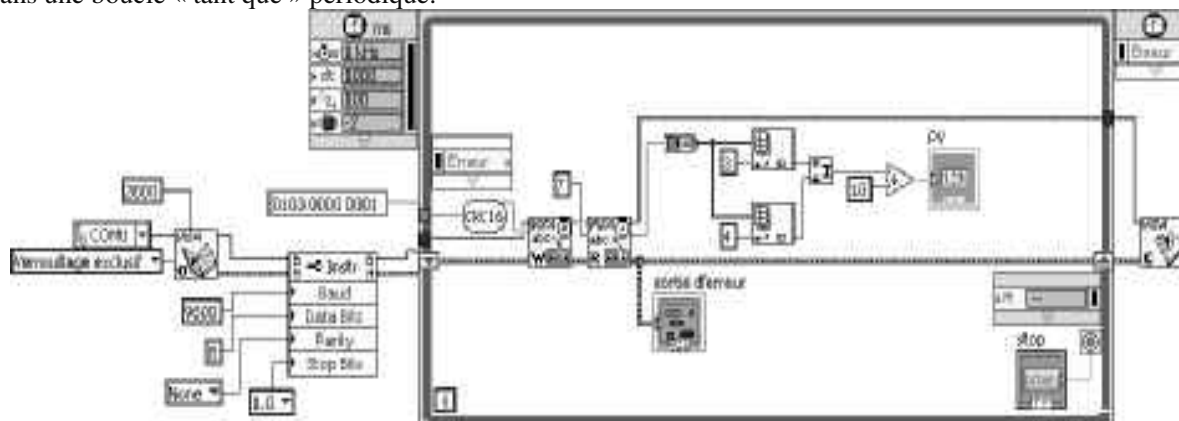


Fig. 8 « vi » de gestion du protocole MODBUS





SCIENCES ET TECHNOLOGIES

4.3.2 Intégration du serveur dans le projet

Tel que cela est présenté dans le paragraphe précédent, le serveur « maison » doit s'exécuter périodiquement.



Fig. 9 : choix du type serveur



Fig. 10 : nom et emplacement du "vi serveur"

Certaines variables créées dans le « vi serveur » doivent être mise à la disposition des autres applications. On peut remarquer, en effet, Fig. 11, que ces variables apparaissent comme partagées.

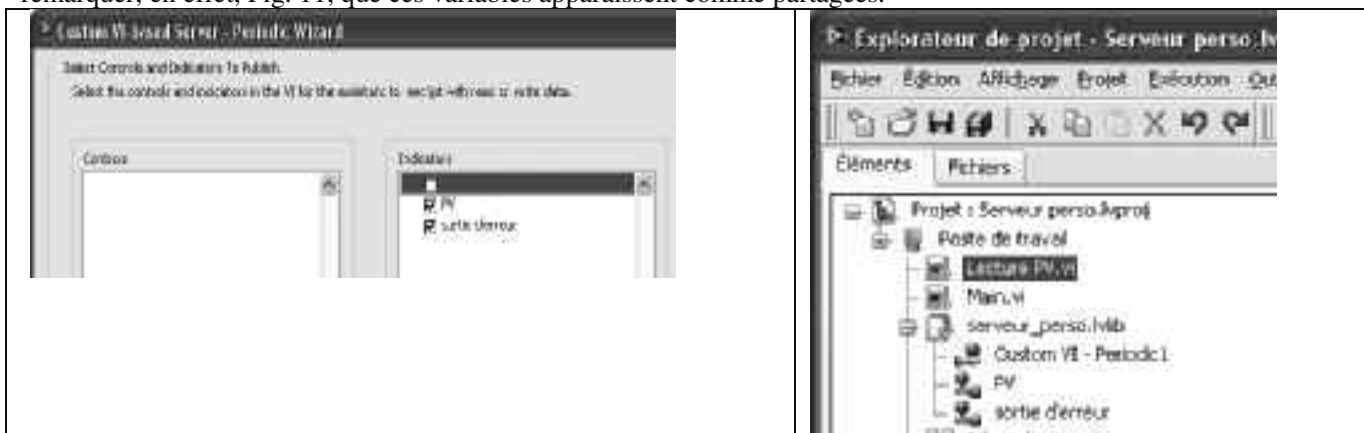


Fig. 11 : déclaration des variables partagées

4.4 Commande et supervision d'une partie opérative.

L'élaboration de cette commande et cette supervision s'appuie sur un serveur OPC « Applicom ». La commande de la partie opérative passe par un module d'entrées/sorties et une carte « Applicom » connectés à un bus de terrain DEVICE NET comme le montre la figure ci-après.

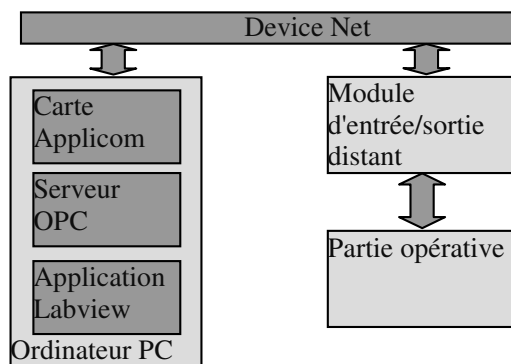


Fig. 12 synoptique de la commande d'une partie opérative avec « Labview »

Après la configuration de la carte « Applicom » et du serveur OPC, il suffit d'insérer ce dernier dans un projet « Labview » comme cela est indiqué dans le paragraphe 4.2.2 et il convient de sélectionner le serveur OPC « Applicom ».

En outre ce sujet permet de mettre en application la programmation d'un diagramme d'état ou « Statechart » (ce dernier est donné aux étudiants). Le diagramme d'état est inséré au niveau du projet.





SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Ce type de diagramme comporte aussi des évènements ou « triggers », des entrées, des sorties. Il existe deux modes pour évaluer les possibilités d'évolution du diagramme d'état (ou « state chart ») : exécution synchrone ou asynchrone. Le changement d'état sur un diagramme est assujéti aux transitions reliant de façon orientée deux états. Ces transitions sont eux-mêmes associées à des évènements ou « trigger ». Le « trigger » est en effet un changement d'état d'une variable associée à une transition.

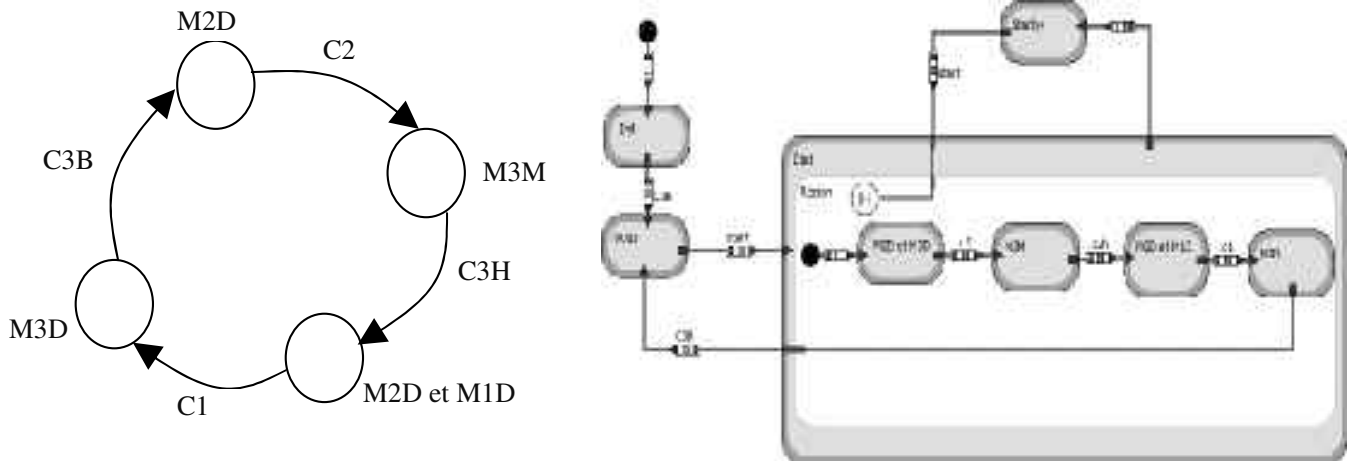


Fig. 13 Diagramme d'état ou StateChart

Exécution asynchrone

L'évolution du diagramme d'état est tributaire d'une file d'attente où sont stockés les évènements. Tout changement au niveau de cette file d'attente peut éventuellement provoquer le passage à un autre état. En d'autres termes le diagramme d'état est « en attente » d'un changement au niveau de la file des évènements. L'intérêt de ce type de fonctionnement est la mise « au repos » de la machine d'état. Cette dernière, dans cet état, ne consomme pas de ressources au niveau du système d'exploitation.

Exécution synchrone

Les systèmes synchrones récupèrent les données issues des capteurs et écrivent sur les registres de sorties périodiquement. Ainsi les transitions sont testées de façon continue et périodique. De ce fait, la machine d'état est appelé périodiquement et consomme du « temps machine » au détriment des autres applications.

C'est ce mode d'exécution qui a été adopté pour le sujet de TP. En effet, ce mode se révèle pour les étudiants, moins complexe ; il permet de connaître à tout moment l'état actif.

Le franchissement d'une transition peut être effectué selon deux possibilités de test.

La première possibilité consiste à associer une combinaison de propositions logiques à un « trigger ». Un changement de valeur sur ces propositions produit un « trigger », ce qui provoque éventuellement un franchissement de transition.

La deuxième possibilité positionne les « triggers » sur la valeur « NULL ». Le franchissement de la transition est alors assujéti à une condition dite de « garde » qui est une combinaison de propositions logiques issues des entrées (voir Fig. 14).

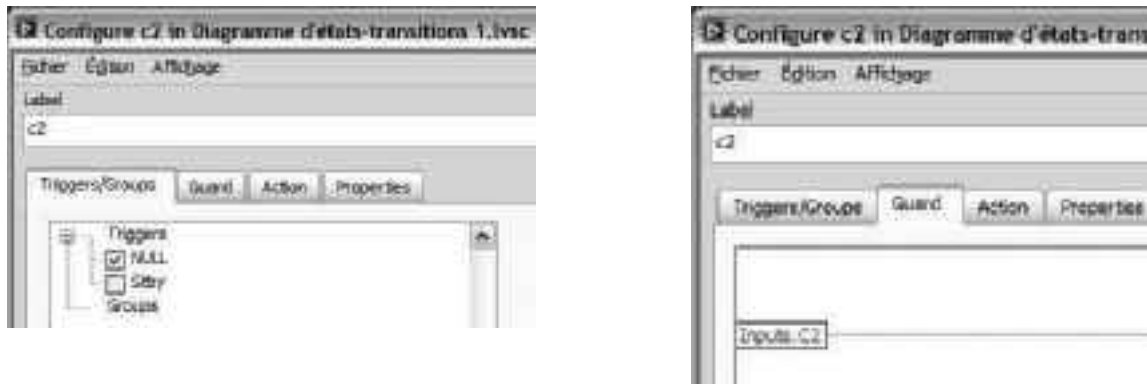


Fig. 14 : franchissement des transitions





SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Enfin, pour que le diagramme d'état puisse être exécuté, ce dernier doit être intégré dans une boucle « tant que » périodique comme le montre la figure Fig. 15.

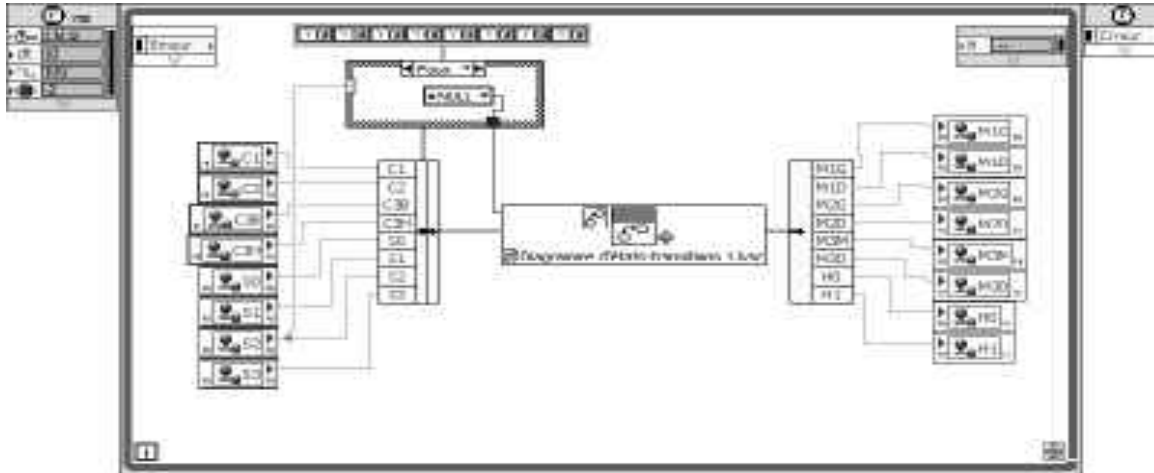


Fig. 15 Exécution périodique du diagramme d'état

4.5 Gestion des alarmes sur Processus Hydraulique

4.5.1 L'installation

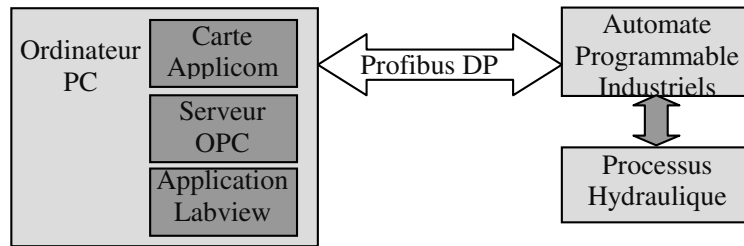


Fig. 16 : contrôle d'un processus hydraulique

Le process hydraulique est constitué de cuves sur lesquelles on souhaite un asservissement de niveau, via des Automates Programmables Industriels. La communication entre les composants est assurée par une carte « Applicom » le réseau de terrain « Profibus DP ». Aussi, après la configuration de la carte « Applicom-Profibus DP » et du serveur OPC, il convient d'insérer ce dernier dans un projet « Labview » comme cela est indiqué dans le paragraphe 4.2.2 et de sélectionner le serveur OPC « Applicom ».

4.5.2 Mise en place d'une base de données (Citadel)

Cette base de données est activée dès lors que le module DSC est installé. Son contenu est défini par les propriétés et les méthodes des variables partagées. Les propriétés de la base de données sont positionnées à l'ouverture du projet (voir Fig. 17). Un composant « trends Control » permet l'affichage de valeurs issues de la base de données (voir Fig. 17).

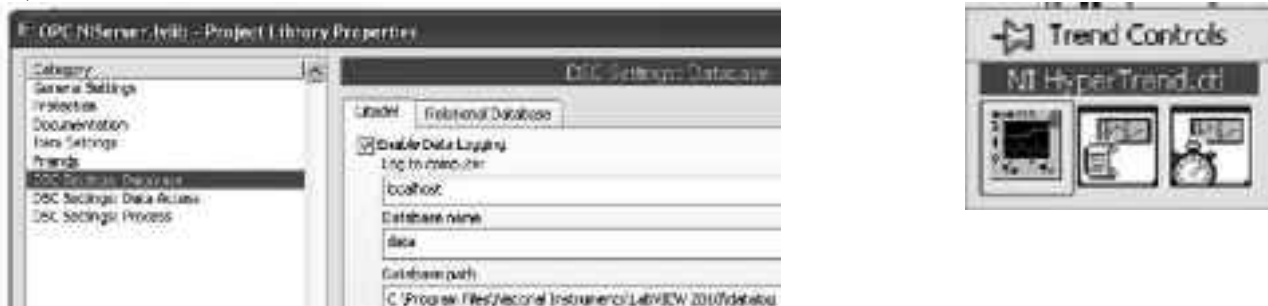


Fig. 17 : mise en place de la base de données et affichage de valeurs





4.5.3 Gestion des alarmes.

Les alarmes sont directement gérées par DSC ; chaque variable peut se voir affecter des alarmes sur des niveaux « trop bas, bas, haut, trop haut », mais aussi sur une vitesse de variation. Ces niveaux sont réglés dans la rubrique « Alarming » des propriétés de la variable partagée.

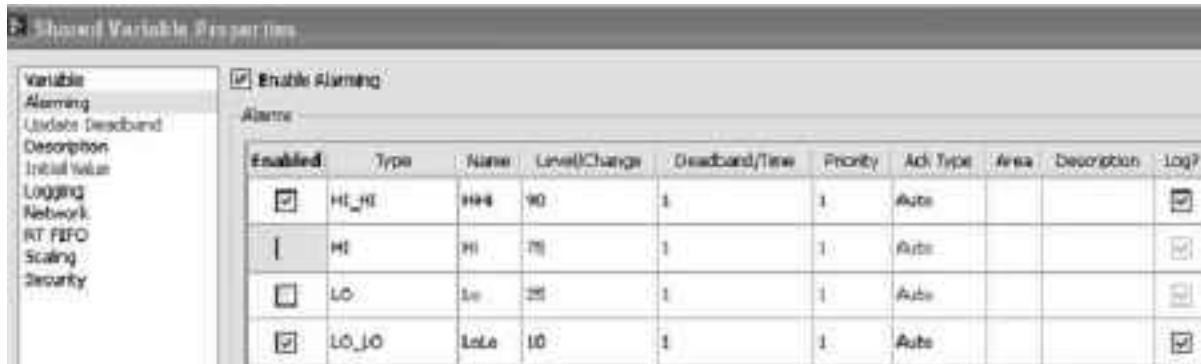


Fig. 18 : positionnement des alarmes pour une variable partagée

Les événements issus des alarmes peuvent être alors affichés sur la face avant de l'application comme le montre la figure ci-après (voir Fig. 19).



Fig. 19 : affichage des alarmes

5 CONCLUSIONS

Cette expérience d'enseignement a été menée avec des étudiants de la Licence Professionnelle Automatique et Informatique Industrielle spécialité Systèmes Automatisés et Réseaux Industriels et les auditeurs du cycle B de la filière « Instrumentation » du CNAM.

Les premiers, bien que peu familiers avec l'environnement « Labview » n'ont été désorientés. En effet, ils ont fait facilement le lien avec les concepts algorithmiques et objet. Ils ont aussi retrouvé tous les mécanismes associés à l'aspect communication. Cet enseignement a permis de renforcer des connaissances obtenues dans d'autres modules et à se former à l'environnement « Labview ». Deux étudiants de la Licence Professionnelle ont effectué leur stage dans lequel ils ont dû développer des applications avec « Labview ».

Les deuxièmes sont souvent plutôt amenés à manipuler du matériel associé à l'environnement « Labview ». Bien qu'ils avaient eu à faire au monde des automatismes, aucun n'avait expérimenté l'association « Labview – Automates Programmables Industriels ». Certains auditeurs, de par leur situation professionnelle, sont confrontés à des systèmes complexes intégrant des composants logiciels et matériels de technologies diverses. Aussi, ils ont manifesté de l'intérêt pour ces sujets de TP ; ils ont pu comprendre comment certaines architectures de communications sont mises en place. Du fait de leurs pratiques professionnelles et journalières, cet enseignement a eu un impact plus important sur les auditeurs du CNAM. Les auditeurs ayant suivi ce module, l'ont validé.

Enfin cette série de sujets a mis en évidence la possibilité de « Labview » d'interagir avec des différents protocoles de communications notamment par le biais du standard « OPC ».





UNE APPROCHE STRUCTURÉE BASÉE MODÈLES ET COMPOSANTS DES SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES NUMÉRIQUES COMPLEXES

Alexandre NKETSA, Damien DELAUZUN GEII Toulouse

mail : alex.nketsa@iut-tlse3.fr, damien.delauzun@iut-tlse3.fr

1- Résumé

L'objectif de cet article est de proposer une approche permettant de construire des systèmes électroniques numériques complexes. L'approche est basée sur les composants pour maîtriser la complexité. En effet, les composants offrent des méthodes de constructions modulaires et hiérarchiques conduisant à des architectures maîtrisées. L'utilisation des modèles permet de systématiser la traduction en un langage de description pour une implémentation sur une cible donnée. Nous utiliserons le langage VHDL pour illustrer cette systématisation. Nous terminerons l'article par un exemple de la démarche.

2- Introduction

En électronique numérique, nos étudiants sont capables de réaliser des fonctions simples (combinatoires ou séquentielles). Il nous semble qu'en général il leur manque une démarche rigoureuse pour associer ces fonctions simples dans un contexte complexe. Nous espérons par cet article apporter notre contribution.

Nous avons choisi pour maîtriser la complexité de considérer l'approche orientée composant. Un composant est vu non pas comme un circuit mais comme une fonction. Par ailleurs, cette approche possède des règles d'association qui conduisent aux différentes démarches système : l'approche descendante, l'approche ascendante et l'approche mixte qui combine les deux précédentes.

Nous avons identifié en électronique numérique trois modèles de base :

- le modèle combinatoire,
- le modèle séquentiel sans parallélisme d'évolution (exemple machine à états),
- le modèle séquentiel avec parallélisme d'évolution (exemple Grafcet).

Nous faisons la différence entre parallélisme d'évolution et parallélisme d'action. En effet, dans une machine à états, on peut lancer plusieurs actions en même temps alors qu'à chaque instant au plus un état est actif à la fois. Ceci constitue un parallélisme d'action. Pour un parallélisme d'évolution, plusieurs étapes peuvent être actives en même temps.

L'article est organisé de la façon suivante. Nous présenterons d'abord l'approche composant en donnant quelques règles de représentation et sa traduction systématique en un langage de description matérielle et en particulier le VHDL. Puis nous présenterons deux modèles de base accompagnés des principes et règles de mise en œuvre en VHDL. Nous continuerons avec l'approche des systèmes complexes, en proposant la structure et la démarche associée. Puis nous terminerons avec un exemple d'application.

3- Approche composant

Cette approche consiste à encapsuler les descriptions de manière à cacher les niveaux de détails qui ne sont pas nécessaires à l'utilisation de la description. Un composant comporte deux vues :

- la vue externe qui représente les ports d'entrée-sortie
- la vue interne qui décrit le comportement qui devient implicite. Il est donc conseillé d'avoir une documentation suffisante du composant pour permettre son utilisation rapide. Pour cela, cette documentation doit comporter la description :
 - de chaque entrée-sortie,
 - de la fonction réalisée par le composant,
 - des contraintes d'utilisation,
 - éventuellement du degré de test unitaire.





Pour obtenir d'autres composants, cette approche, par nature modulaire, permet d'associer les composants entre eux :

- soit horizontalement
- soit hiérarchiquement

Cette association peut inclure des descriptions pour adapter les composants entre eux.

Nous proposons la représentation graphique suivante :

Représentation d'un composant hors environnement d'utilisation (fig 1).

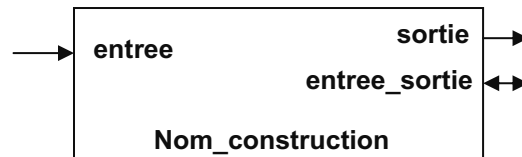


fig1

Les noms des entrées-sorties et le nom de construction du composant sont inscrits dans le cadre pour indiquer l'encapsulation. Les noms des entrées-sorties sont considérés comme des broches du composant en termes de connexion.

Cette représentation correspond, en VHDL, à la déclaration de composant :

```
Component nom_construction is
  Port (entree      : in  type;
        sortie      : out type;
        entree_sortie : inout type
  );
end component;
```

Représentation dans un environnement (instanciation) (fig 2)

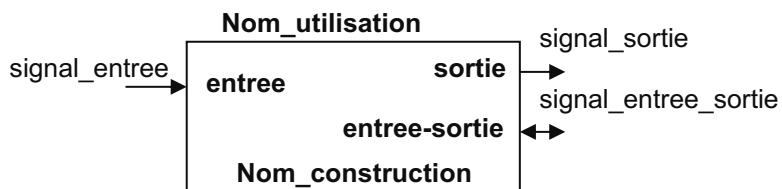


fig 2

Dans un contexte d'utilisation, on doit indiquer le nom d'utilisation du composant car le même composant peut être utilisé plusieurs fois. En fait, ce nom d'utilisation est le nom de l'instance.

D'où l'écriture en VHDL :

Les signaux à utiliser sont connectés aux ports. Nous préférons la connexion par nom à celle par position. Dans le cas d'une connexion par nom, l'ordre des paramètres n'a pas besoin d'être respecté et si nous appelons les ports nom_broche, alors la connexion des signaux peut s'écrire de façon générique :

Nom_broche => signal_d'utilisation

D'où l'instanciation en VHDL

```
Nom_utilisation : nom_construction
  Port map ( entree      => signal_entree,
            sortie      => signal_sortie,
            entree_sortie => signal_entree_sortie
  );
```





SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Nous avons indiqué que l'association des composants peut nécessiter des descriptions d'adaptation. Nous proposons la représentation suivante (fig 3) :



fig 3

Ce bloc sera décrit au même niveau que l'instanciation de composants. Il pourra aussi être transformé en composant auquel cas les entrées-sorties, n_entree, n_sortie et nom_bloc, seront encapsulés comme pour tout composant.

Exemple de connexion (fig 4)

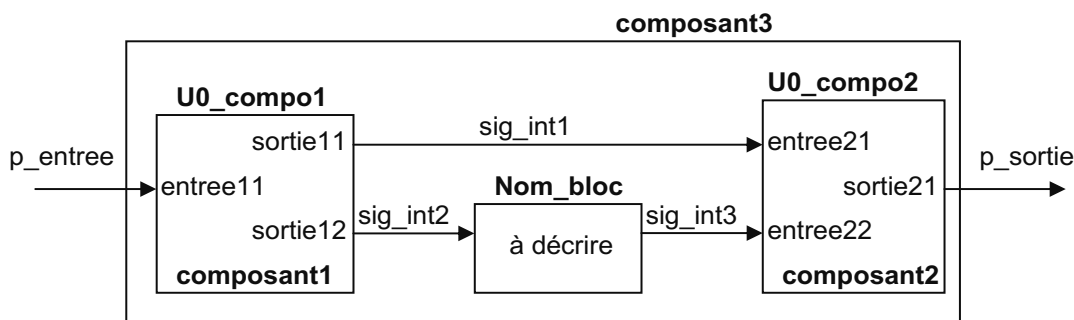


fig 4

Le but de cet exemple est de montrer :

- l'association des composants,
- sa traduction systématique en VHDL

En considérant que les ports et les signaux sont convenablement déclarés, on peut écrire directement :

```
U0_compo1 : composant1
  Port map (   entree11  => p_entree,
              sortie11  => sig_int1,      sortie12  => sig_int2
            );
```

```
U0_compo2 : composant2
  Port map (   entree21  => sig_int1,      entree22  => sig_int3
              Sortie11  => p_sortie,
            );
```

```
-- description de la fonction nom_bloc
sig_int3 <= fct(sig_int2)
```

4- Modèle combinatoire

Un système combinatoire est un système pour lequel la même combinaison d'entrée produit, au temps de propagation près, la même combinaison de sortie. Cela signifie qu'il n'y pas de mémoire. La représentation du modèle se fait par une table de vérité ou par une expression algébrique. L'obtention d'une expression algébrique n'est pas toujours évidente. Par conséquent, il est souvent recommandé de commencer par dresser une table de vérité. Mais une table vérité de plus de 6 variables nécessite au moins 64 lignes pour décrire toutes les combinaisons. Il est apparu une nécessité d'avoir une table de vérité à variables introduites qui permet de compacter, selon les besoins, la table de vérité classique. Les problèmes de simplification étant laissés à la charge des outils de développement, l'importance est donnée au passage de la spécification à la table de vérité à





SCIENCES ET TECHNOLOGIES

variables introduites. Sans chercher à définir formellement la table de vérité à variables introduites, nous pouvons constater que la table de vérité d'un multiplexeur est une table de vérité à variables introduites. En effet, si nous considérons un multiplexeur de 8 vers 1, on dénombre 8 entrées d'information, 3 entrées de sélection et une sortie. Si on voulait décrire cette fonction par une table de vérité classique, il faudrait $2^{(8+3)}$ lignes = 2048 lignes. En utilisant la notion de table de vérité à variables introduites, cette table est réduite à 8 lignes.

Exemple Table de vérité d'un multiplexeur de 8 vers 1

(Entrées d'information : I7 – I0 entrées de sélection : A2 – A0 sortie mux : Y)

Entées de sélection			Sortie mux	
A2	A1	A0	Y	
0	0	0	I0	Les Ai sont les entrées principales. Les Ii sont les variables introduites
0	0	1	I1	
0	1	0	I2	
0	1	1	I3	
1	0	0	I4	
1	0	1	I5	
1	1	0	I6	
1	1	1	I7	

Pour définir une spécification en une table de vérité à variables introduites, il faut identifier les variables principales qui peuvent correspondre à des variables définissant les modes de fonctionnement du système. Pour chaque combinaison des variables principales, les autres variables interviennent dans des expressions introduites dans la table à la place des 0 et/ou des 1 de la table classique.

Une table de vérité à variables introduites peut être aussi obtenue à partir d'une expression algébrique en appliquant le théorème d'expansion de Shannon. Il permet de développer une expression d'une selon ses variables. Par exemple :

$$\begin{aligned}
 f(x_n, \dots, x_2, x_1, x_0) &= f(x_n, \dots, x_2, x_1, 0) \cdot \overline{x_0} + f(x_n, \dots, x_2, x_1, 1) \cdot x_0 \\
 &= f(x_n, \dots, x_2, 0, 0) \cdot \overline{x_1} \cdot \overline{x_0} + f(x_n, \dots, x_2, 0, 1) \cdot \overline{x_1} \cdot x_0 \\
 &\quad + f(x_n, \dots, x_2, 1, 0) \cdot x_1 \cdot \overline{x_0} + f(x_n, \dots, x_2, 1, 1) \cdot x_1 \cdot x_0
 \end{aligned}$$

On peut alors dresser la table de vérité à variables introduites de f suivant x1 et x0

x1	x0	f
0	0	$f(x_n, \dots, x_2, 0, 0)$
0	1	$f(x_n, \dots, x_2, 0, 1)$
1	0	$f(x_n, \dots, x_2, 1, 0)$
1	1	$f(x_n, \dots, x_2, 1, 1)$

On peut distinguer 2 classes de table de vérité à variables introduites :

- celle pour laquelle toutes les combinaisons des entrées principales sont complètement définies. Elle se programme en VHDL en utilisant l'instruction d'assignation sélective : **with select** pour le mode concurrent ou **case is** pour le mode séquentiel.
- celle pour laquelle il existe des priorités entre les entrées principales. Elle se programme en VHDL en utilisant l'instruction d'assignation conditionnelle : **when else** pour le mode concurrent ou **if then** pour le mode séquentiel.





SCIENCES ET TECHNOLOGIES

5- Modèle séquentiel sans parallélisme d'évolution

Le modèle séquentiel sans parallélisme d'évolution est la machine à états finis. Ce modèle permet en particulier de représenter les systèmes séquentiels simples comme les compteurs.

On peut partir de la structure de mise en œuvre des systèmes séquentiels synchrones (fig 5) pour décrire les compteurs sans passer par une machine à états finis.

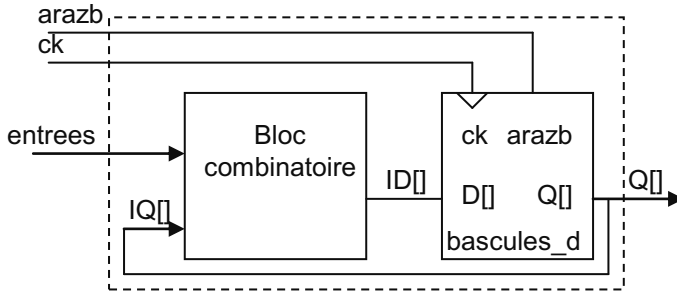


fig 5

Cette structure montre qu'il suffit de décrire le bloc combinatoire en admettant que les opérateurs de calcul arithmétiques sont disponibles et soit d'instancier la fonction bascule D ou de la décrire directement.

Exemple : Table de vérité d'un compteur générique et généralisé

Nous donnons d'abord sa vue externe puis la table de vérité du bloc combinatoire

<p>Vue externe</p> <p style="text-align: center;">fig 6</p>	<p>Description des signaux</p> <p>arazb est l'entrée de mise à 0 asynchrone ck est l'horloge sraz est l'entrée de mise à 0 synchrone prioritaire sur sload sload est l'entrée de chargement synchrone prioritaire sur en en est l'entrée d'autorisation de comptage ou décomptage ud (=0 pour le comptage = 1 pour le décomptage) E[n-1..0] est la valeur à charger par sload q[n-1..0] est sortie du compteur</p>
--	--

Table de vérité du bloc combinatoire

Le schéma montre que l'on a un signal interne iq[] qui est l'image de la sortie et id[] est la valeur que doit produire la bloc combinatoire.

sraz	sload	en	ud	ID[n-1..0]	
1	*	*	*	0	Mise à 0 synchrone du compteur
0	1	*	*	E[]	Chargement synchrone du compteur
0	0	1	0	IQ[] + 1	Comptage
0	0	1	1	IQ[] - 1	Décomptage
0	0	0	*	IQ[]	mémorisation

Cette table est une table avec des priorités, donc elle se programme facilement avec l'instruction **when else** ou **if then**.

La mise en œuvre du compteur consistera :

- soit à instancier le composant bascules_d connecté au bloc combinatoire.
- Soit à décrire directement les bascules D dans la même architecture que le bloc combinatoire.

On peut procéder ainsi pour tous les systèmes séquentiels simples sans passer par une machine à états.



SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Pour les autres systèmes séquentiels comportant un seul état actif à la fois, on élabore une machine à états finis. Son schéma de mise en œuvre est identique à celui que nous venons de traiter sauf qu'il faut générer des actions.

6- Approche des systèmes complexes

6-1 Structure

Tout système peut être décomposé en deux parties :

- une partie considérée comme le système commandé encore appelé partie opérative. La partie opérative est un ensemble de composants qui contribue à l'élaboration de la fonction du système à réaliser.
- une partie considérée comme le système de commande. Cette partie permet de faire fonctionner la partie opérative. Pour cela, nous proposons de la décrire avec les modèles que nous avons présentés précédemment. Il peut arriver que plusieurs modèles soient nécessaires. Dans ces conditions, nous conseillons d'utiliser la table de vérité à variables introduites pour représenter les différents fonctionnements du système.

Chacune des parties peut être traitée comme un composant. Ce qui permet de dire qu'un système complexe peut se ramener à deux composants (fig 7).

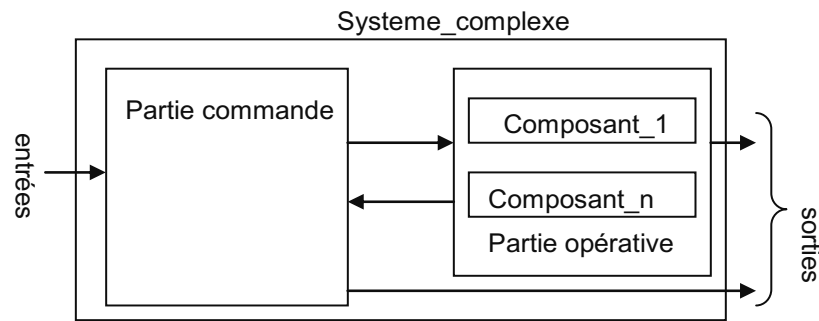


fig 7

6-2 La démarche pour l'étude d'un système complexe

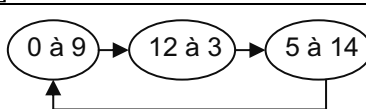
Cette démarche est basée sur l'analyse du cahier des charges ou de la spécification du système à réaliser. Elle comporte les étapes suivantes :

- définition du système dans son environnement (Vue externe = entrées- sorties),
- recherche de la partie opérative,
- définition et modélisation du système de commande,
- élaboration des actions avec prise en compte des contraintes,
- réalisation du système : description en langage de description matérielle, simulation et test sur site.

6-3 Application

Application : comptage complexe

On souhaite réaliser un compteur ayant 4 modes de fonctionnement définis par deux entrées M1 et M0 conformément à la table de fonctionnement décrite ci-dessous .

M1	M0	Fonctionnement
0	0	Compteur répétitif de 3 à inter[3..0] avec le cycle parasite le plus court (C'est-à-dire que un seul coup d'horloge est suffisant pour être dans le cycle)
0	1	Décompteur 13 à 4 avec le cycle parasite le plus court (C'est-à-dire que un seul coup d'horloge est suffisant pour être dans le cycle)
1	0	Compteur modulo inter[3..0] +1
1	1	Séquence de comptage 

SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Application de l'approche

A- Définition du système dans son environnement

Le système est synchrone donc nécessité des entrées :

Horloge : ck, mise à 0 asynchrone : arazb

Les autres entrées du cahier des charges

M[1..0] choix mode de fonctionnement

inter[3..0] paramètres de fonctionnement

Les sorties du système :

Q [3..0] sortie de comptage car la plus grande valeur générée est 15.

B- Recherche de la partie opérative

B-1) Nous recherchons le composant ou fonctions nécessaires pour le fonctionnement du système. Dans ce cas simple, le composant est un compteur-décompteur avec des commandes :

- mises à 0 synchrone : sraz,
- chargement synchrone, sload,
- autorisation de comptage-décomptage, en
- et choix comptage ou décomptage, ud (ud = 0 comptage et ud = 1 décomptage)

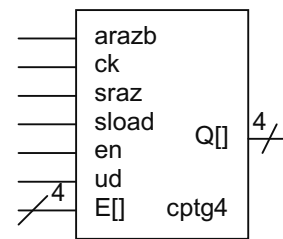


fig 8

B-2) Le schéma bloc interne du système

Le schéma bloc du système est constitué d'un bloc de commande et d'une partie opérative comportant un compteur-décompteur (fig 9).

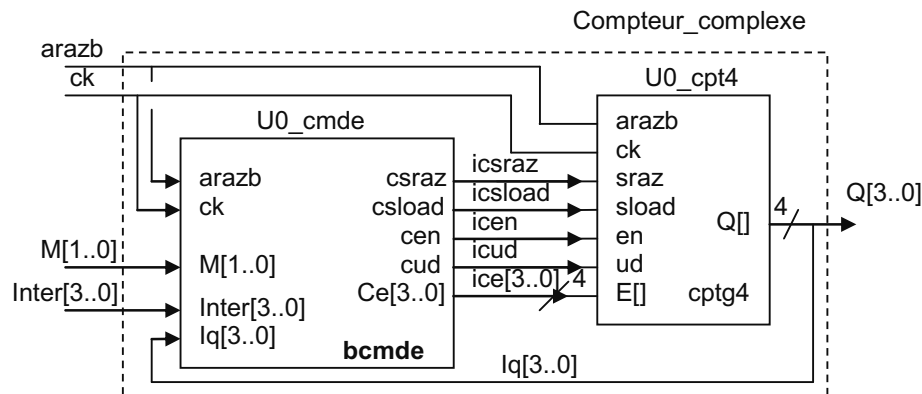


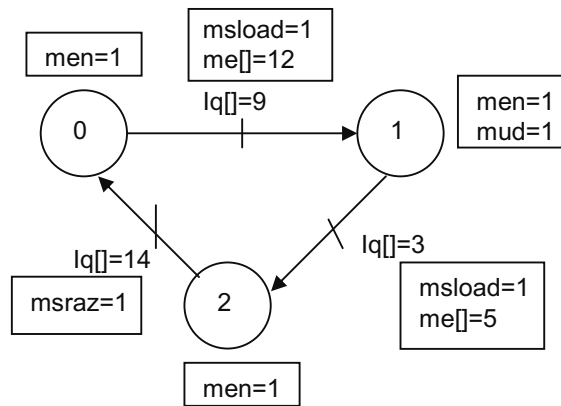
fig 9

C- Modélisation de la partie commande

Nous pouvons identifier 2 parties dans la commande :

- la machine à états du mode 3
- la table décrivant les modes 0, 1 et 2

c-1) Dans le mode 3 (M1=1 et M0=1), la séquence de comptage-décomptage nécessite une machine à états qui produit les commandes msraz, msload, men, me[], mud (fig 10). Toutes les actions produites par la machine à états sont à mise à 0 implicite. Par conséquent, nous indiquons sur le graphe uniquement les actions actives. Nous allons considérer que la machine à états est transformée en composant, nommé sur le schéma mae, dont nous allons utiliser les actions dans la table de vérité à variables introduites.



machine à états : fig 10



SCIENCES ET TECHNOLOGIES

c-2) Dans les autres modes, des commandes combinatoires sont suffisantes. Par conséquent, une table de vérité à variables introduites convient.

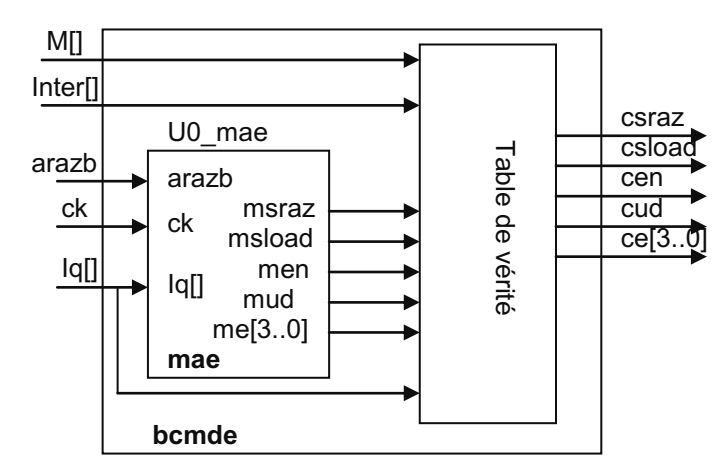


fig 11

Table de vérité à variables introduites décrivant la partie commande

a) Table de vérité sans élimination des cycles parasites éventuels

M[1..0]	csraz	csload	Ce[]	cen	cud
0 0	0	Iq[]=inter[]	3	1	0
0 1	0	Iq[]=4	13	1	1
1 0	Iq[] = inter[]	0	0	1	0
1 1	msraz	msload	me[]	men	mud

Explication :

Mode 0 :

Compteur répétitif de 3 à inter[]

csraz = 0 ⇒ on n'a pas besoin de mettre le compteur à 0

cen = 1 ⇒ autoriser le comptage- décomptage

csload = 1 (quand iq[] = inter[] et on recharge le compteur avec 3

cud = 0 ⇒ comptgae

ce[] = 3

Mode 1 et 2 : même raisonnement que le mode 0.

Mode 3 : les signaux sont issus de la machine à états.

b) Table de vérité avec élimination des cycles parasites éventuels

M[1..0]	csraz	csload	Ce[]	cen	cud
0 0	0	Iq[] inter[] Ou Iq[] < 3	3	1	0
0 1	0	Iq[] 4 Ou Iq[] > 13	13	1	1
1 0	Iq[] inter[]	0	0	1	0
1 1	msraz	msload	me[]	men	mud





Explication

Mode 0 :

Compteur répétitif de 3 à inter[]

Si le compteur prend une valeur < 3 ou $\geq \text{inter}[]$ alors on le recharge avec 3

si $\text{iq}[] \geq \text{inter}[]$ ou $\text{Iq}[] < 3$ alors $\text{csload} = 1$ et on recharge le compteur avec 3 ($\text{ce}[] = 3$)

Mode 1 et 2 : même raisonnement que le mode 0

D- Codage

Le codage de cet exemple en VHDL est systématique :

- au niveau le plus élevé, on instancie deux composants : (bcmde pour la partie commande et cptg4 pour la partie opérative),
- au niveau du bloc de commande, on instancie la machine à états qui produit des signaux utilisés dans la table de vérité à variables introduites,
- comme nous l'avons indiqué plus haut, la programmation de la table de vérité à variables introduites avec toutes les combinaisons explicitement décrites des variables principales est immédiate en utilisant soit l'instruction d'assignation sélective **with select** ou **case is**.

8- Conclusion

Nous venons de montrer sur un exemple que :

- tout système en électronique numérique peut être décomposé en deux parties : la partie commande et la partie opérative,
- la construction de la partie opérative peut être systématisée,
- on peut utiliser les modèles pour représenter la partie commande des systèmes de l'électronique numérique,
- connaissant les modèles, la traduction en un langage de description matérielle est systématique,
- l'approche composant permet de maîtriser et de gérer la complexité.

Cette approche permet donc de traiter des systèmes électroniques numériques complexes. Nous l'avons testé sur plusieurs exemples parmi lesquels :

9- Bibliographie

Logique séquentielle

[M. Gindre, D. Roux] Editions Ediscience international

Logique combinatoire

[J. Lagasse, M. Courvoisier, J.-P. Richard] Editions Dunod université

Circuits logiques programmables : Mémoires, PLD, CPLD, FPGA

[A. Nketsa] Editions Ellipses

Systèmes électroniques numériques complexes : Modélisation et Mise en œuvre

[A. Nketsa, D. Delauzun] Editions Ellipses



LE CONTRAT DE PROFESSIONNALISATION

Par Julien SIMONNOT, étudiant en GEII - Bordeaux



Je suis Julien SIMONNOT, étudiant en seconde année de DUT GEII génie électrique et informatique industrielle, université se situant à Talence. J'ai choisi cette filière après avoir fait un bac S, car j'ai toujours été attiré par l'Aéronautique.

Pourquoi suivre un parcours si particulier ?

Tout simplement, parce que cela me permettra de découvrir le monde du travail sur une période de deux ans dont un an sans interruption. L'entreprise ERDF propose un panel de métiers intéressants ceci pourrait aussi être une vocation pour moi. Pour autant, être engagé dans une telle entreprise n'est pas chose aisée, cela demande une longue préparation de CV et de lettre de motivation, chose étant aussi formateur pour l'avenir.

Passer ma seconde année sur deux ans est-elle une perte de temps dans mes études ?

La réponse est effectivement non. Car dans un premier cas, le stage me plaît et j'ai la possibilité d'entrer directement chez ERDF. Dans un second cas, celui où je préfère continuer mes études. J'en ai toujours l'entière possibilité. Si je veux poursuivre dans une école d'ingénieur en alternance par exemple je posséderai un taux de chance nettement supérieur à un technicien non alternant. Sinon à la fin de nos études cette formation peut être déterminante dans un entretien d'embauche ou un d'un CV.

Quelles sont concrètement mes fonctions ?

J'occupe le poste de chargé d'affaire en électrification rurale en basse tension sur le secteur Béarn-Bigorre. Mon métier consiste à créer des réponses aux fiches problèmes, si les réseaux sont endommagés, si des clients se plaignent de chute de tension ou tout simplement des clients qui ont besoin d'un raccordement. L'autre partie de mon travail est de corriger certains travaux qui vont être effectués, cartographier les réseaux, mais surtout de prendre contact avec les syndicats d'électrification, et les mairies ainsi que des déplacements sur le terrain voir comment ce profilent les travaux.

Qu'est-ce que cette alternance va m'apporter ?

Ceci est pour moi une expérience formatrice, qui me fera gagner en maturité et me sensibilisera aussi d'avoir un salaire et faire face à la vie de tous les jours avec de réels engagements.



Systèmes électroniques numériques complexes

Modélisation et mise en œuvre -
Cours et exercices corrigés

Alexandre NKEISA - Damien DELAUZUN

L'ouvrage complète la plupart des livres qui donnent les bases théoriques de l'électronique numérique en présentant une méthodologie et des règles pour prendre en charge des applications complexes.

Le livre est conçu en séparant nettement la modélisation et la mise en œuvre, afin de repousser le tard plus possible la prise en compte des contraintes de technologie qui évoluent très rapidement. Pour cela, les différentes parties de l'électronique numérique sont revisitées sous l'angle des modèles.

Nous avons identifié 4 modèles qui correspondent à la classification standard des systèmes à événements discrets :

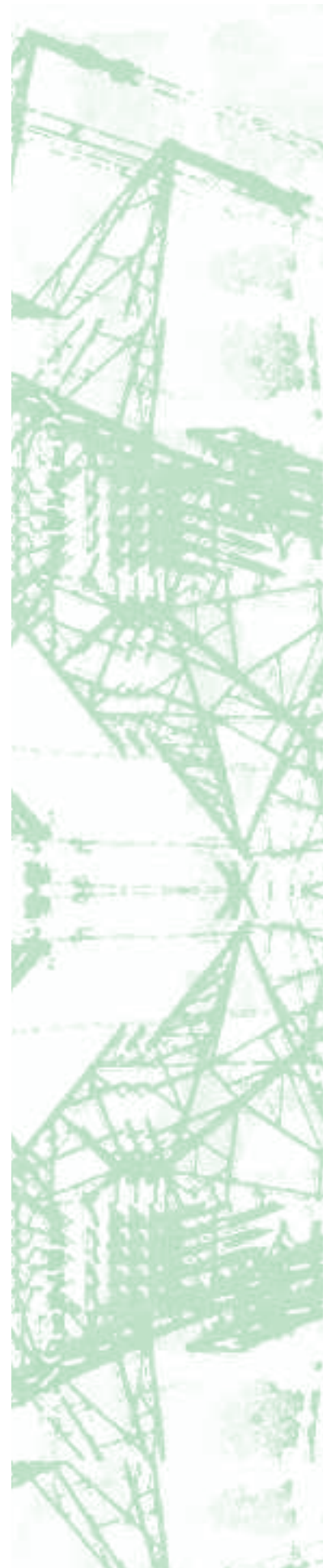
- les systèmes combinatoires ayant pour modèle la table de vérité à variables introduites
- les systèmes séquentiels sans parallélisme d'évolution ayant pour modèle la machine à états finis
- les systèmes séquentiels avec du parallélisme d'évolution ayant pour modèle le Grafcet
- les systèmes complexes étant une combinaison des trois premiers ayant pour modèle les composants et une structure de contrôle commande.

Des exercices d'application, également formalisés sous l'angle des modèles et des conseils pour leur mise en œuvre complètent l'exposé. Enfin le livre se termine par une proposition d'approche de câblage d'algorithmes en électronique numérique des langages impératifs.

Les auteurs

Alexandre NKEISA, Professeur des universités, a été Chef de département à l'IUT A de l'Université Paul Sabatier Toulouse III. Il enseigne l'électronique numérique et l'informatique industrielle à différents niveaux de formation. Ses travaux de recherche concernent le co-design, la co-simulation et la validation formelle de la simulation des systèmes complexes et hétérogènes.

Damien DELAUZUN, Professeur agrégé à l'IUT A de l'Université Paul Sabatier Toulouse III. Il enseigne l'électronique numérique et l'informatique industrielle à différents niveaux de formation.



Invitation au voyage en juin 2013

