

17e année

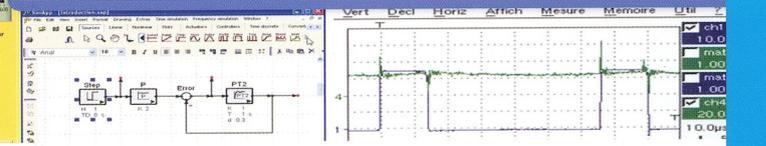
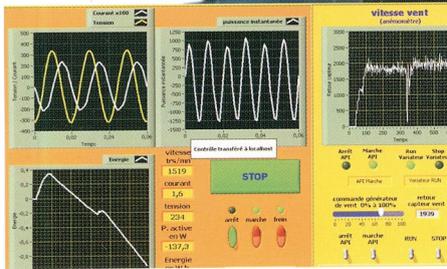
# La Revue SEE



Ressource publiée sur Culture Sciences de l'Ingénieur : <https://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay>



**Applications  
pédagogiques  
Académie  
de Créteil**



Publication trimestrielle du Cercle Thématique 13.01 de la SEE

## ENSEIGNER L'ELECTROTECHNIQUE ET L'ÉLECTRONIQUE INDUSTRIELLE



**Société de l'Electricité, de l'Electronique  
et des Technologies de l'Information  
et de la Communication**

**N° 66 - Septembre 2011**

# Espace Enseignants

ministère  
éducation  
nationale  
jeunesse  
vie associative



La connaissance des normes  
en quelques clics avec un espace  
qui vous est dédié

- Disposez gracieusement de ressources pédagogiques adaptées à vos programmes
- Accédez rapidement au texte intégral des collections complètes de normes à un tarif préférentiel avec Saga web

[www.enseignants.afnor.org](http://www.enseignants.afnor.org)

*Les normes, enseignons-les ensemble*

**afnor**  
NORMALISATION



## SOCIÉTÉ de l'ELECTRICITE, de l'ELECTRONIQUE et des TECHNOLOGIES de l'INFORMATION et de la COMMUNICATION.

17, rue de l'Amiral Hamelin, PARIS 75783 CEDEX 16  
Tél : 01 56 90 37 00 Fax : 01 56 90 37 19  
site web : [www.see.asso.fr](http://www.see.asso.fr)

**La Revue 3EI**  
publication trimestrielle  
du Cercle Thématique 13-01  
de la SEE

SEE, association reconnue d'utilité publique par le décret du 7 décembre 1886  
Siret 785 393 232 00042, APE 9412 Z, n° d'identification FR 44 785 393 232

### 3EI : Enseigner l'Electrotechnique et l'Electronique Industrielle

<p><b>La Revue 3EI, Édition SEE,</b> 17 rue de l'Amiral Hamelin 75783 PARIS Cedex 16</p> <p><b>Directeur de la publication</b> Paul FRIEDEL Président de la SEE</p> <p><b>Rédactrice en Chef</b> Marie Michèle LE BIHAN</p> <p>Adresser les propositions d'article à : <a href="mailto:revue3ei.art@voila.fr">revue3ei.art@voila.fr</a></p> <p><b>Communication</b> Micheline BERTAUX <a href="mailto:communication@see.asso.fr">communication@see.asso.fr</a> 01 56 90 37 17</p> <p>publicité au rapport</p> <p><b>Abonnement</b> (4 numéros par an) déc. 2010, mars, juin, sept. 2011.</p> <p>tarifs TTC :</p> <p><b>Individuel :</b> France et CEE.....38 € Pays hors CEE.....48 €</p> <p><b>Collectivités</b> France et CEE.....54 € Pays hors CEE.....67 €</p> <p><b>Gestion abonnement</b> <a href="mailto:revue3ei@see.asso.fr">revue3ei@see.asso.fr</a></p> <p><b>Réalisation et impression</b> Repro-Systèmes 23, rue de Verdun 77181 Le Pin</p> <p><b>Routage et Expédition</b> Départ Presse ZI les Richardets 93966 Noisy le Grand</p> <p><b>Dépôt Légal : Septembre 2011</b></p> <p><b>Commission Paritaire 1212 G 78028</b> ISSN 1252-770X</p>	<p style="text-align: right;"><b>Sommaire du n° 66</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Applications pédagogiques académie de Créteil</b></p> <p>p. 2 <i>Éditorial,</i></p> <p>p. 3 <i>Publications, Informations</i></p> <p>p. 6 <i>Réussites et intégration professionnelle des étudiants en STS Électrotechnique</i> S. Viollin IPR STI académie de Créteil</p> <p>p. 13 <i>Les enjeux du projet industriel</i> P. LE BRUN, O. SALA, A. DOMENACH, P. ABBO Nogent sur Marne</p> <p>p. 22 <i>Rénovation électrique d'un chariot autoporteur FENWICK</i> B. FAOUR, S. GUITTON, A. SENI Noisy le Grand</p> <p>p. 26 <i>Bassin et mur végétal partiellement autonomes en énergie</i> D. ALVY, H. BORDU, L. LASSERRE, A. ARMSPACH Saint Denis</p> <p>p. 33 <i>Rénovation de l'installation de chauffage de l'école communale Emile Blanchet</i> J.M. BOREL, P. CHOFFARDET, P. PANNI Aulnay sous Bois</p> <p>p. 48 <i>Etude de cas d'éco-conception par la norme NF E01-005 : Le STÉRI 5</i> J-F. SERREAU Aulnay sous Bois</p> <p>p. 55 <i>Instrumentation virtuelle ou des instruments à la carte pour l'enseignement des essais de systèmes</i> B. CORDIER, A. CUNIERE, J.L. EOUZAN, F. CADET J.P. DURIEZ, C. HAMEL Meaux</p> <p>p. 65 <i>Les spécificités du BTS électrotechnique en apprentissage en U.F.A. privée</i> A. HAMADA, S. SERSOUB, C. VACHET, A. POT-LEROUX, R. MONIN Bussy Saint Georges</p> <p>p. 73 <i>Comment ouvrir une UFA et gérer les CCF chantier avec des apprentis</i> JL. FARAO, P. HOUDRICHON, M. CHERIGUENNE Melun et Vitry sur Seine</p>
--	---

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente édition, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'oeuvre dans laquelle elles sont incorporées. Toutefois des copies peuvent être utilisées avec l'autorisation de l'éditeur. Celle-ci pourra être obtenue auprès du Centre Français du Droit de Copie, 20, rue des Grands Augustins, 75006 Paris, auquel la Revue 3EI a donné mandat pour la représenter auprès des utilisateurs. (loi du 11 mars 1957, art.40 et 41 et Code Pénal art. 425).

Fidèle à notre numéro académique, nous continuons notre tour de France avec l'Académie de Créteil. Le travail riche et abondant de cette académie a été dirigé par **Mr Samuel Viollin IPR-IA** avec efficacité. Nous l'en remercions vivement.

On commence par une étude sur les réussites et l'intégration professionnelle des élèves de STS Electrotechnique. Puis des enseignants présentent des travaux réalisés en projet industriel, avec l'introduction d'une nouveauté : l'enseignement des normes. Un partenariat a été signé entre le Ministère de l'Education Nationale et l'AFNOR pour favoriser l'accès des enseignants aux normes. L'enseignement en essais de systèmes est représenté par un article sur l'instrumentation virtuelle appliquée à une éolienne, utilisant le logiciel Labview. Enfin deux articles ont pour sujet les formations en apprentissage : ouverture d'une formation, spécificités de certaines épreuves, relations avec les tuteurs sont successivement abordées.

Les contraintes de l'édition ne nous permettent pas de publier l'intégralité des articles proposés par l'académie de Créteil, vous aurez donc le plaisir de continuer cette lecture dans le numéro de Janvier 2012 avec deux articles :

-« L'organisation de chantier et l'équipement en réseau des salles de BTS Electrotechnique »

-« La rénovation d'une installation de pompage pour distribution d'eau potable »

Merci aux auteurs pour leur patience.

L'année prochaine se prépare :

- **L'éclairage** sera le thème de Janvier 2012 et
- **Défaillance et durée de vie du matériel électrique** celui d'Avril 2012

Nous vous rappelons qu'à partir de l'année 2012, les quatre numéros de notre revue paraîtront en :

**Janvier, Avril, Juillet et Octobre.**

Nous remercions les auteurs d'articles spontanés qui sont toujours de grande qualité. Continuer à nous envoyer des articles pédagogiques : fiches de TP, TD, cours... Nous sommes toujours très intéressés par des articles présentant des études de systèmes avec une approche pluridisciplinaire et nous serons heureux de recevoir vos articles que vous aurez déposés dans la boîte aux lettres dont l'adresse e-mail est [revue3ei.art@voila.fr](mailto:revue3ei.art@voila.fr). Nous sollicitons également la participation des amoureux de l'histoire des Sciences ; les articles permettant d'alimenter cette rubrique sont les bienvenus.

---

**Ce numéro est le dernier de l'abonnement en cours  
Prévoyez de vous réabonner rapidement**

Un bulletin d'abonnement pour 2012 est à votre disposition dans ce numéro

---

Bonne lecture.

Le Comité de Publication de la Revue3EI

### **La Revue 3EI**

#### **Comité de publication**

Hamid BEN AHMED

Jean BONAL

Arnaud BRUGIER

Jean FAUCHER

Gilles FELD

Jean-Philippe ILARY

Chérif LAROUCI

Marie Michèle LE BIHAN

Franck LE GALL

Pascal LOOS

Oviglio SALA

Jean-François SERGENT

Jean-Claude VANNIER

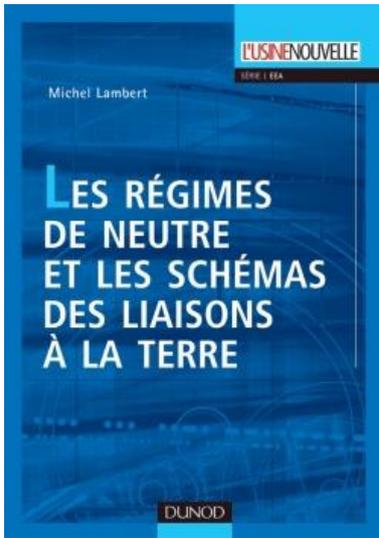
Pierre VIDAL

**Lire la revue 3EI c'est bien et même très bien,  
Lire la revue 3EI en étant abonné c'est encore mieux !!!!**

**BULLETIN D'ABONNEMENT A LA REVUE 3EI***Année 2012**N°67 ( Janvier 2012 ), n°68 ( Avril 2012 ), n°69 ( Juillet 2012 ) et n°70 ( Octobre 2012 ).***Abonnement individuel :***Adresser le bulletin ci dessous, accompagné d'un chèque libellé à l'ordre de :***SEE- la revue 3EI***à l'adresse suivante***SEE-la revue 3EI****17 rue Hamelin , 75783 PARIS CEDEX 16***D'un montant de :***39 € TTC pour la France et pays de la CEE***Ou de :***49 € TTC pour les pays hors CEE****Nom :** ..... **Prénom** .....**Adresse d'expédition de la revue 3EI :****Rue, n° :** .....**Code postal :** ..... **Ville :** .....**Pays :** .....**Adresse électronique :** .....**Activité ( pour statistiques ) :** .....**Abonnement souscrit pour une collectivité (bibliothèque , CDI, laboratoire, entreprises, université, école d'ingénieur, lycée, IUT ... )****55 € TTC pour la France et pays de la CEE****68 € TTC pour les pays hors CEE**

Prendre soin de mentionner sur le bon de commande le lieu de livraison de la revue ainsi que le destinataire ( personne physique ou service ). Expédier le bon de commande à

**SEE-la revue 3EI****17 rue Hamelin , 75783 PARIS CEDEX 16**



### **Les régimes de neutre et les schémas des liaisons à la terre**

Michel Lambert

Dunod

*Cet ouvrage s'adresse aux exploitants et aux concepteurs des réseaux d'énergie électrique, qu'ils soient ingénieurs ou techniciens. Il sera également utile aux formateurs et à tous ceux qui veulent maintenir leurs connaissances à jour.*

*Dans la conception et dans l'exploitation de tout réseau électrique le mode de fixation du neutre à la terre est une question importante, et les solutions choisies peuvent évoluer en même temps que le réseau évolue.*

*Cet ouvrage est un outil d'analyse et de réflexion. C'est aussi un outil pertinent pour réaliser l'inventaire des dispositions qui doivent être prises en cohérence avec le choix du régime de neutre.*

*La première partie définit :*

*Les déséquilibres homopolaires.*

*Les régimes de neutre et les schémas des liaisons à la terre.*

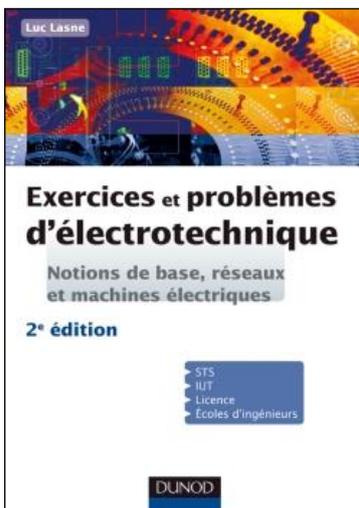
*Les critères de choix d'un régime de neutre.*

*La deuxième partie présente les dispositions associées :*

*Les dispositifs de mise à la terre d'un neutre.*

*Les plans de protections.*

*L'exploitation.*



### **Exercices et problèmes d'électrotechnique**

*Notions de base, réseaux et machines électriques*

Luc Lasne

Dunod

*Cet ouvrage s'adresse aux étudiants de Licence sciences de l'ingénieur et d'écoles d'ingénieurs.*

*Il propose des exercices et des problèmes corrigés d'électrotechnique sur l'ensemble des notions à connaître. Dans chaque chapitre :*

*une synthèse du cours présente les notions incontournables ;*

*une série d'exercices permet de s'entraîner et d'acquérir les méthodes de résolution ;*

*un ou plusieurs problèmes permettent à l'étudiant d'approfondir ses connaissances.*

*les corrigés détaillés des exercices et des problèmes sont fournis.*

*Dans cette deuxième édition, une partie des exercices a été renouvelée et de nouveaux problèmes ont été ajoutés.*

*Sommaire*

*Lois de base, calculs de circuits et de puissances électriques.*

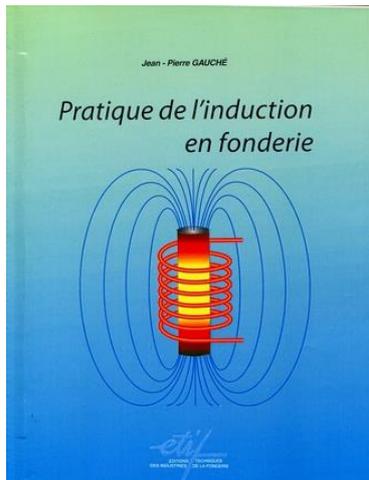
*Systèmes triphasés. Transformateurs et réseaux électriques.*

*Charges non linéaires, harmoniques et régimes transitoires.*

*Machine à courant continu. Machine synchrone et alternateurs.*

*Machine asynchrone. Synthèse sur les machines électriques.*

*Exercices et problèmes de synthèse*



## **Pratique de l'induction en fonderie**

Jean-Pierre Gauché

Editeur ETIF

*Le fondeur est le premier utilisateur industriel de l'induction électromagnétique, il faut en effet savoir que dans le monde plus d'une tonne de métal sur deux est aujourd'hui fondue dans un four à induction.*

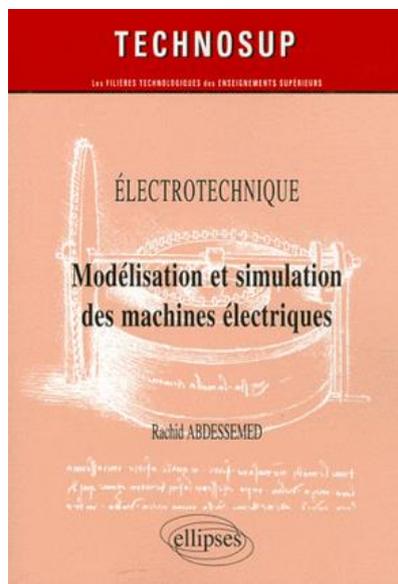
*Dans le contexte énergétique mondial, ce livre fait le point sur ce mode de fusion par rapport aux contraintes environnementales.*

*En plus d'une présentation des divers phénomènes électromagnétiques, l'ouvrage traite dans le détail de la conception, du fonctionnement, de l'utilisation et de la maintenance des fours à induction utilisés en fonderie.*

*Le four à creuset, le four à canal et le four de coulée automatique sont particulièrement approfondis.*

*Les interactions métal liquide/réfractaire et la spécificité du brassage électromagnétique sont étudiées pour proposer des méthodes d'investigation et de conduite pour chacun des principaux appareils à induction utilisés en fonderie.*

*D'une façon claire et pragmatique, l'auteur s'est attaché à expliquer les divers phénomènes thermoélectriques qui régissent ces fours. Des règles d'usage sont systématiquement présentées pour chaque appareil.*



## **Modélisation et simulation des machines électriques**

Rachid Abdessemed

Ellipses

*Dans un document unique, ce livre réunit un maximum d'informations relatives à la modélisation des machines électriques. Il les présente sous une forme pratique, rationnelle et conforme à l'approche de la formation LMD. Il offre ainsi de façon très pédagogique aux étudiants de licence, de master ou de doctorat, des réponses à leurs questions naturelles. Il intéressera également les enseignants et les professionnels, auxquels il servira de guide pratique et de manuel de référence. Dans cet esprit, chaque partie du document est pratiquement indépendante.*

*L'ouvrage est basé sur un développement de modèles mathématiques clairs, représentés sous forme de schémas de simulation sous environnement Matlab/Simulink qui sont faciles à interpréter, aussi bien pour les spécialistes que pour les non initiés. Il présente également les résultats de ces simulations, suivis de commentaires précis qui mettent en évidence les spécificités dynamiques de chaque machine.*

*Une méthodologie de modélisation des machines électriques est également proposée en présentant des modèles, des schémas et des résultats de simulation de machines usuelles en fonctionnement moteur et générateur.*

# Réussites et intégration professionnelle des étudiants en STS Électrotechnique

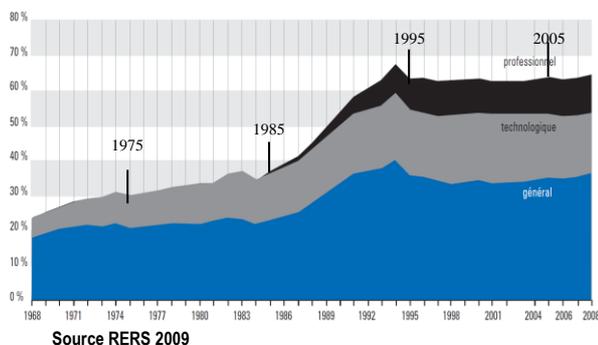
**Samuel VIOLLIN**

Inspecteur d'Académie - Inspecteur Pédagogique Régional  
de Sciences et Techniques Industrielles  
Académie de Créteil

**Résumé :** La réussite à un examen puis l'intégration professionnelle des étudiants sont l'aboutissement d'un parcours complexe, qui dépend d'éléments inhérents tant à l'institution scolaire qu'à d'autres facteurs liés aux histoires personnelles. L'analyse des résultats au Brevet de Technicien Supérieur est un sujet délicat qu'il faut aborder avec prudence. C'est la démarche de cet article qui s'intéresse à l'origine des étudiants en STS, à leur réussite au BTS puis à leur intégration professionnelle, avec la volonté de fournir des éléments chiffrés.

## 1. La démocratisation de l'accès au Baccalauréat et aux BTS

La décision politique prise au début des années 80 d'amener 80% d'une génération au niveau du baccalauréat se traduit par une évolution forte du nombre de bacheliers entre 1985 et 1995 (fig1). La politique engagée permet de passer 33% d'une tranche d'âge qui accède au niveau baccalauréat en 1980, ce qui représente 22 429 bacheliers, à 71% environ à la fin de 1995.



Source RERS 2009  
**Figure 1 :** Evolution des taux annuels d'accès au baccalauréat France métropolitaine+DOM depuis 1995, Public +Privé

Depuis 1995, le taux d'accès au baccalauréat reste stable (fig 1). En cumulant toutes les formations (dont celles du privé hors contrat), on arrive à un taux d'accès au baccalauréat de 76,8% pour les filles en 2009 et de 66,8% pour les garçons, soit un ensemble de 71,7% pour cette tranche d'âge.

Le nombre de bacheliers technologiques a plus que doublé entre 1985 et 2000, puis diminué d'environ 5% dans la dernière décennie.

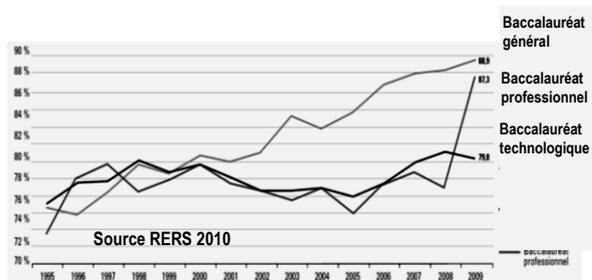
Cette baisse est beaucoup plus forte en STI, suite à un manque d'attractivité de la filière, qui perd environ 20% de ses effectifs ces dix dernières années (fig 2).

année	1985	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009
STI	26 612 (série F)	36 366	36 940	34 567	33 475	34 197	30 790	30 281
STL		4 840	6 327	6 426	6 515	6 853	6 796	6 976
STG	36 048 (séries G, H)	78 894	82 221	73 565	73 730	68 519	69 399	67 918
SMS		13 337	18 469	18 689	19 967	19 730	21 731	18 542
Total Bac Techno	62 660	138 267	152 778	140 828	140 707	137 605	135 886	131 602
Bac Pro secteur production	0	26 218	42 029	43 586	46 388	47 245	46 561	52 845
Bac pro secteur services	0	40 878	50 588	49 682	54 174	57 730	56 750	67 883
Total bac pro	0	67 096	92 617	93 268	100 562	104 975	103 311	120 728
Total Bac								

Source RERS 2010

**Figure 2 :** Tableau d'évolution du nombre de bacheliers selon les filières depuis 1985. France

Le taux de réussite progresse sensiblement depuis 1995 pour le baccalauréat général, d'environ 15% (fig 3). Il ne progresse pas pour le baccalauréat technologique, aux fluctuations annuelles près. En 2009 le nombre de bacheliers est de 539 092. Il n'a que très faiblement augmenté ces 10 dernières années.



Source RERS 2010  
**Figure 3 :** Evolution des taux de réussite au baccalauréat selon la filière depuis 1995. France métropolitaine+DOM, Public+ Privé

En observant la progression du nombre de techniciens supérieurs entre 1985 et 1995, on constate une très forte corrélation avec l'augmentation du nombre des bacheliers technologiques sur la même période (fig 4)

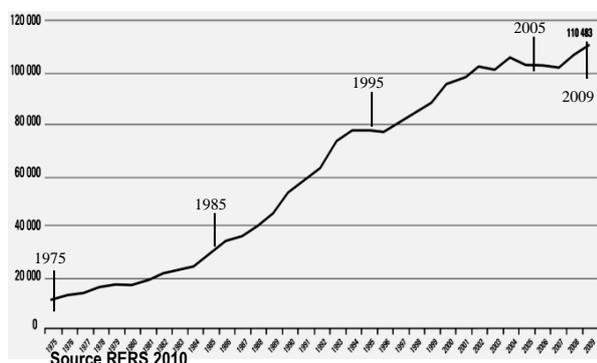


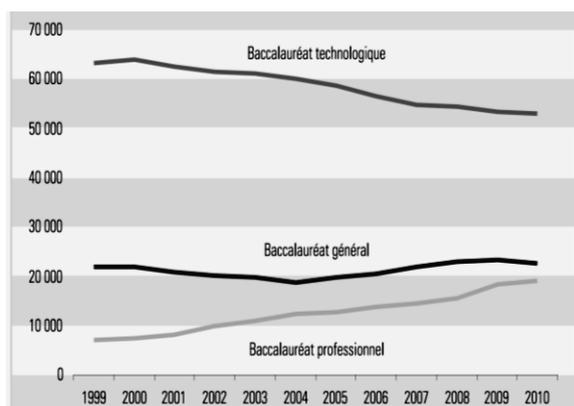
Figure 4 : Evolution du nombre de BTS délivrés. France métropolitaine+DOM, Public+ Privé

Les effectifs des étudiants en STS se répartissent à 70% environ dans le secteur des services et à 30% environ dans le secteur de la production.

Ces deux dernières années, on observe une légère baisse (2%) des inscriptions dans le secteur de la production au profit du secteur des services, respectivement 28,8% et 71,2%.

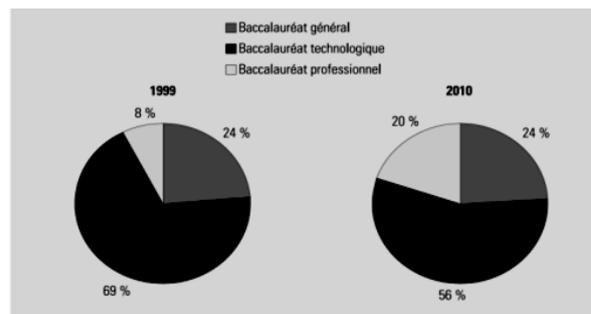
Après 1999, alors que le nombre de bacheliers technologiques commence à diminuer (fig 5), la progression des effectifs en STS est due à l'arrivée des bacheliers professionnels de plus en plus nombreux à intégrer cette voie, pour atteindre aujourd'hui la proportion de 20% de l'effectif total (fig 5 et fig 6).

Il faut également noter une proportion de l'ordre de 20% de bacheliers généraux, stable sur la décennie.



Source : MESR DGESIP-DGRI SIES - Système d'information Scolarité-2011

Figure 5 : Evolution des effectifs de nouveaux entrants en STS selon le type de baccalauréat depuis 1999 France métropolitaine+DOM, Public+ Privé



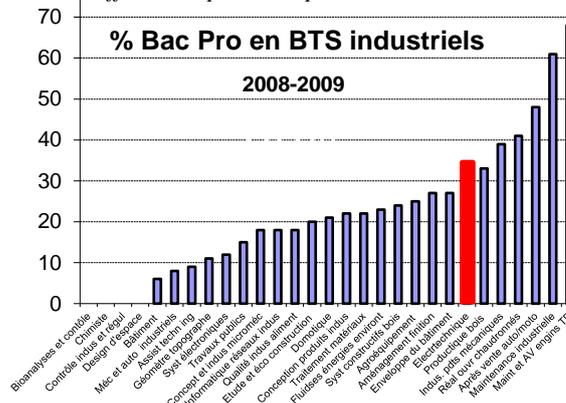
Source : MESR DGESIP-DGRI SIES - Système d'information Scolarité

Figure 6 : Proportion de bacheliers entrants en STS selon la série de baccalauréat entre 1999 et 2010 Baccalauréat

Cette répartition globale masque une hétérogénéité en fonction de la spécialité et de l'académie. Par exemple pour l'académie de Créteil, le graphe (fig 7) montre que la proportion de bacheliers professionnels en STS Électrotechnique est d'environ un tiers.

Source : « dispositif passerelle », IEN-ET-IA-IPR STI Créteil année 2008-2009

Figure 7 : Proportion de bacheliers professionnels en STS dans les différentes spécialités pour l'académie de Créteil



Cette démocratisation de l'accès aux STS en deux décennies permet d'accueillir des étudiants issus des catégories sociales moins favorisées, comparées aux origines des autres étudiants de l'enseignement supérieur, avec la plus forte représentation d'enfants issus des familles d'ouvriers, d'employés, ou de retraités/inactifs pour environ 50% d'entre eux (fig 8).

	agriculteurs, artisans	cadres	Professions intermédiaires	employés	ouvriers	Retraités/inactifs	NR <sup>3</sup>
STS	12,3	15,2	14,5	16,4	20,5	16,9	4,2
IUT	10,9	28,5	17,6	16,8	14,2	8,3	3,7
Université <sup>4</sup>	8,5	31,3	14,3	13,4	10,2	11,9	10,4
CPGE	10,2	49,3	13	9,2	5,7	9,5	3,1

Source : Rapport du Recteur SARRAZIN, Janvier 2010

Figure 8 : Répartition des étudiants en fonction de la profession des parents

Une des raisons évoquées par le Recteur SARRAZIN est la proximité géographique des formations STS du foyer familial, ce qui réduit les frais engagés pour la scolarité.

Ces indicateurs montrent bien le rôle d'ascenseur social de nos STS en général et du secteur de la production en particulier dont fait partie la spécialité électrotechnique.

## 2. La réussite des STS au niveau national

L'hétérogénéité des publics interroge sur la réussite des étudiants en fonction de leur diplôme d'origine. Les candidats titulaires d'un baccalauréat professionnel réussissent sensiblement moins bien que ceux titulaires d'un baccalauréat technologique d'environ 20% (tableau fig 9).

	Baccalauréat général	Baccalauréat technologique	Baccalauréat professionnel	Autre
Taux au BTS (%)	80,8	69,6	49,4	53,8
Taux au DUT (%)	81,9	67	45,9	50,6

Taux de succès au BTS selon le régime de formation :

	FI scolaire	FI apprentissage	FC	Autre
Taux au BTS (%)	76,4	70,3	57,8	36

Source : Rapport du Recteur SARRAZIN, Janvier 2010

**Figure 9 :** Taux de succès aux examens en fonction de la formation antérieure

On doit remarquer que la meilleure réussite revient aux candidats ayant un baccalauréat général. Ces jeunes qui ont choisi une orientation en STS ont de l'intérêt et des qualités pour les démarches pratique et expérimentale. Leur formation généraliste offre des outils méthodologiques conceptuels efficaces pour l'acquisition de compétences professionnelles. Par ailleurs, les difficultés des bacheliers professionnels dans le domaine de la conception sont compréhensibles. Cependant, leur compétences professionnelles constituent un atout pour les disciplines de spécialité et les font progresser grâce à l'aller retour entre la théorie et l'expérimentation. On constate par ailleurs une légère plus-value pour la voie scolaire par rapport à l'apprentissage (tableau fig 9).

## 3. La réussite au BTS Électrotechnique

Le nombre de candidats inscrits au BTS électrotechnique est stabilisé depuis 2007 autour de 4000 candidats.

Le BTS électrotechnique représente environ 3 % du flux total des BTS, soit environ 60% des effectifs du génie électrique (40% pour l'électronique et l'informatique industrielle), ce qui le place parmi les spécialités au flux le plus important du secteur de la production (tableau fig 10)

Groupes de spécialités de formation	Admis	% admis par spéc.	Taux de réussite (%)
200 Technologies industrielles fondamentales	3 325	3,0	83,0
201 Technologies de commandes des transformations industrielles	6 150	5,6	72,2
210 Spécialités plurivalentes de l'agronomie et de l'agriculture	12	ε	75,0
220 Spécialités pluritechnologiques des transformations	126	ε	80,8
221 Agroalimentaire, alimentation, cuisine	478	ε	79,9
222 Transformations chimiques et apparentées	1 375	1,2	76,6
223 Métallurgie	388	ε	72,9
224 Matériaux de construction, verre, céramique	23	ε	74,2
225 Plasturgie, matériaux composites	246	ε	82,0
226 Papier, carton	28	ε	66,7
227 Énergie, génie climatique	1 127	1,0	76,7
230 Spécialités pluritechnologiques génie civil, construction, bois	2 169	2,0	71,0
231 Mines et carrières, génie civil, topographie	1 033	ε	72,1
232 Bâtiment : construction et couverture	82	ε	56,2
233 Bâtiment : finitions	163	ε	70,6
234 Travail du bois et de l'ameublement	490	ε	75,5
240 Spécialités pluritechnologiques matériaux souples	380	ε	77,7
241 Textile	87	ε	84,5
242 Habillement	257	ε	76,0
243 Cuirs et peaux	-	-	-
250 Spécialités pluritechnologiques mécanique-électricité	2 549	2,3	78,1
252 Moteurs et mécanique auto	1 438	1,3	78,2
253 Mécanique aéronautique et spatiale	107	ε	75,9
254 Structures métalliques	668	ε	69,9
255 Électricité, électronique	5 469	5,0	82,1
<b>Total des spécialités de production</b>	<b>28 170</b>	<b>25,5</b>	<b>76,6</b>

Source RERS 2010

**Figure 10 :** Tableau des groupes de spécialités de formation session 2009 France métropolitaine +DOM

Pour la session 2010, le nombre de candidats est de 4342, le nombre d'admis est de 3596, le taux de réussite est de 83%. Ce taux de réussite, supérieur à la moyenne des BTS des spécialités de la production (taux de réussite moyen 76,6%, tableau fig 10) est un des meilleurs du secteur de la production.

La forte augmentation de 11% du taux de réussite obtenue entre la session 2007 et 2008 est à mettre au crédit de la réforme de 2006 et du travail réalisé par les enseignants pour sa mise en œuvre (tableau fig 11). Les nouvelles épreuves comme l'organisation de chantier et les modalités de contrôle en cours de formation (CCF) ont contribué à l'amélioration des résultats. Depuis la première session en 2008 consécutive à la réforme de 2006, le taux de réussite est stabilisé à environ de 80%.

Année	Nbr de Candidats	Taux de réussite
2007	4000(estimés)	71%
2008	4153	82%
2009	4027	81%
2010	4342	83%

Source : Divisions académiques des examens et concours 2010 et IA-IPR STI Présidents de jury

**Figure 11 :** Évolution du taux de réussite au BTS Electrotechnique depuis 2007

#### 4. Les résultats académiques au BTS ET session 2010

Il ne s'agit pas de comparer en termes de mérite la réussite des différentes académies. La tentative serait hasardeuse compte tenu de la multiplicité des facteurs qui interviennent. Le tableau fig 12 donne les taux de réussites par académie.

Académies	Nbr de candidats 2010	Admis	Résultats 2010 en %
Aix-Marseille	213	177	83,1
Amiens	144	118	82,1
Besançon	52	36	69,2
Bordeaux	216	198	91,7
Caen	102	90	88,2
Clermont Ferrand	94	86	91,5
Créteil	276	188	68,12
Dijon	111	NC	NC
Grenoble	179	154	86
Lille	348	285	81,9
Limoges	58	50	86,2
Lyon	220	198	90
Montpellier	109	101	92,7
Nancy-Metz	201	175	87,06
Nantes	282	257	91,13
Nice et Corse	64	58	90,6
Orléans-Tours	159	144	90,57
Paris	136	104	76,47
Poitiers	69	54	78,3
Reims	75	65	86,7
Rennes	242	202	83,5
Rouen	105	92	87,6
Strasbourg	135	120	88,9
Toulouse	230	179	78
Versailles	344	273	79,36
La Réunion	26	NC	NC
Guadeloupe (public)	37	26	70,3
Guadeloupe (privé hors contrat)	32	4	12,5
Martinique	39	18	46,15
Polynésie Française	24	15	62,25
Nouvelle Calédonie	20	19	95
total	4342	3596	83 %

Source : Divisions académiques des examens et concours 2010 et IA-IPR STI Présidents de jury

Figure 12 : Taux de réussite académique au BTS Electrotechnique session 2010 France métropolitaine +DOM

Lorsque l'on s'intéresse aux taux de réussite aux différents examens depuis le brevet des collèges, on constate, pour les académies qui réussissent le mieux et à l'autre extrémité pour celles qui réussissent le moins, que ces tendances sont installées parfois depuis le collège, comme le montre le tableau fig 13. Le rang indique le classement par la valeur du taux de réussite (depuis le brevet des collèges) sur les 26 académies de métropole, le 1 correspondant au meilleur taux.

Cependant, dans la majorité des cas on n'identifie pas de forte corrélation entre la réussite aux examens précédents et celle au BTS ET.

ACADÉMIE	Taux de réussite							
	Brevet des collèges 2005		Bac général 2008		Bac techno 2008		BTS ET 2010	
	Taux de réussite	rang	Taux de réussite	rang	Taux de réussite	rang	Taux de réussite	rang
Nantes	82,6%	5	92%	3	87%	1	91,1%	4
Lyon	82,7%	4	89%	8	85%	6	90%	7
Nancy-Metz	79,4%	16	89%	10	81%	13	87%	11
Versailles	77,3%	22	88%	14	79%	16	79,4%	20
Paris	75,3%	24	88%	14	78%	20	76,5%	24

Source : RERS 2007 à 2009, Divisions des examens et concours académiques et IA-IPR STI Présidents de jury 2010

Figure 13 : Taux de réussite aux différents examens depuis le collège en suivi de cohorte depuis la session 2005 du DNB

#### 5. Les résultats aux différentes épreuves de la session 2010

Selon les travaux des jurys en délibération, le rapport entre les moyennes coefficientées aux épreuves et le taux de réussite peut varier d'une académie à l'autre. Le détail des résultats aux différentes épreuves est fourni par le document en annexe, tableau 20. Les calculs utilisent les valeurs de ce tableau. Ils montrent une bonne réussite aux épreuves CGE, anglais, organisation de chantier, stage de technicien en entreprise, évalués selon des modalités de contrôle en cours de formation avec une moyenne (tenant compte des coefficients) de 12,63 (tableau fig 14). Ces résultats sont attendus, inhérents à cette modalité d'évaluation qui mesure la maîtrise du niveau des compétences acquises en formation.

Moyennes coefficientées	
épreuves en CCF	épreuves écrites ponctuelles
12,63	9,92

Figure 14 : Moyennes coefficientées des épreuves écrites ponctuelles et des épreuves en CCF BTS ET Session 2010

Les candidats réussissent à obtenir une note très proche de la moyenne (9,92) sur les épreuves écrites ponctuelles, mathématiques, pré-étude et modélisation (E41), conception et industrialisation (E42) (tableau fig 14). Ils réussissent bien l'épreuve de projet (moyenne de 13,17) qui associe une évaluation réalisée par leurs professeurs en revues de projet et une évaluation ponctuelle externe.

Cette approche globale masque toutefois les disparités entre les académies qui réussissent le mieux les épreuves et celles qui réussissent le moins. En calculant séparément les moyennes pour les académies métropolitaines obtenant les résultats extrêmes, avec un nombre significatif de candidats, environ 1000, on obtient les résultats suivants, tableau fig 15.

Moyennes	6 meilleures académies <sup>1</sup> 973 candidats			6 moins bonnes académies <sup>2</sup> 1012 candidats			Écart relatif
	Math	E41	E42	Math	E41	E42	
Épreuves écrites ponctuelles (8 coef)	9,67	10,1	11,9	6,43	8,41	10,58	22,4%
	10,67			8,72			
Épreuves en CCF (8 coef)	12,95			12,4			4,4%
Projet (6 coef)	13,53			12,81			5,6%

Source : Divisions académiques des examens et concours 2010

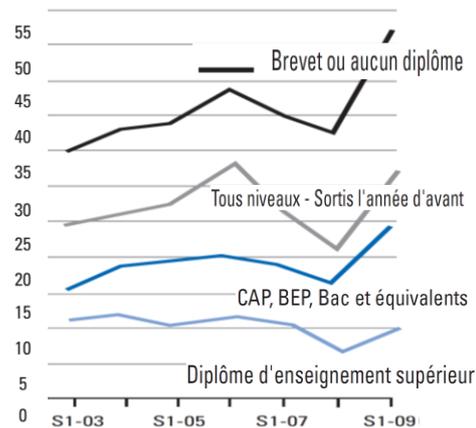
**Figure 15 :** Comparaison entre les moyennes aux épreuves Session 2010

Ces résultats montrent que la différence se réalise essentiellement par une meilleure réussite aux épreuves écrites ponctuelles, qui pèsent le même poids relatif avec 8 coefficients que les épreuves évaluées en CCF. Ces différences sont très significatives pour les mathématiques (50% d'écart relatif) et pour l'épreuve E41 de pré-étude et modélisation, (20% d'écart relatif).

Les faiblesses en mathématiques et en sciences appliquées pèsent sur les résultats au BTS. Il existe certainement une corrélation entre les difficultés avérées en mathématiques, qui est l'épreuve la moins réussie, et les difficultés des étudiants à réussir l'épreuve E41 de pré-étude et modélisation. Ces lacunes ne surgissent pas brutalement du fait d'un passage dans l'enseignement supérieur. Elles sont installées parfois depuis le lycée voire le collège. La tentation qu'ont certains étudiants à négliger la discipline des mathématiques, en considérant la faiblesse du coefficient 2 à l'examen, conduit nombre d'entre eux à l'échec.

## 6. L'intégration professionnelle

Il faut rappeler que l'obtention d'un diplôme reste un atout précieux pour l'intégration professionnelle. La différence se fait dès le CAP entre ceux qui ont un diplôme et ceux qui n'en ont pas. À chaque fois que le niveau de qualification s'élève, (pas de diplôme → aucun niveau, CAP-BEP → niveau 5, baccalauréat → niveau 4, diplôme BAC+2 → niveau 3, licence, master, ingénieur → niveau 2, au-delà → niveau 1) le taux de chômage est diminué par deux environ, comme l'illustre le graphique fig 16.



Source RERS 2010

**Figure 16 :** Taux de chômage en % de un à quatre ans en fonction du diplôme le plus élevé déclaré, janvier 2003 à janvier 2009

Plus haut diplôme obtenu	Total en emploi	CDI	interim	contrats aidés	Chômage	Répartition (1)
Non diplômé	30,9	9,6	7,7	2,7	48,8	6,4
DNB, CFG (2)	42,5	12,6	8,9	5,1	38,7	8,4
BEP ou CAP	48,7	15,7	8,3	6,8	39,5	29,4
Bac techno.	63,5	15,7	9,5	13,8	23,9	12,2
Bac pro	65,9	21,6	12	10	27,5	21,1
BTS	75,9	29	10,4	8,5	19,8	19,8
Ensemble (1)	58,4	19,2	9,7	8,3	31,3	100,0

(1) Situation en 2005-2006 et 2007-2008 des sortants de lycée selon le plus haut diplôme obtenu (%) (France métropolitaine + DOM (sauf Guadeloupe))

(1) Y compris autres diplômes non significatifs : brevet de technicien, baccalauréat général, DECF.  
(2) DNB, CFG : diplôme national du brevet, certificat de formation générale.  
Remarque : autres situations ne figurant pas dans ce tableau : inactivité, stages.

**Figure 17 :** Situation en 2007-2008 des sortants de lycée selon le plus haut diplôme obtenu (%) - France métropolitaine + DOM sauf Guadeloupe

Cette tendance est confirmée pour les titulaires d'un BTS dans le secteur de la production du génie électrique, avec un taux de chômage faible de 6% à trois ans et une forte proportion en situation d'emplois à durée indéterminée, supérieure à l'ensemble des BTS. (Tableau fig 18).

BTS Industriels					
Spécialités	agricoles	transformation (agroalimentaire, chimie)	génie civil, construction, bois	mécanique, électricité, électronique	gestion production industrielle
Taux de chômage à 3 ans	3%	12%	6%	6%	4%
Part des FDI	76%	66%	87%	74%	69%
Salaires net médian (euros)	1 300	1 390	1 520	1 460	1 460

Source : Rapport du Recteur SARRAZIN, Janvier 2010

**Figure 18 :** Situation à 3 ans des titulaires d'un BTS industriel en fonction de la spécialité

<sup>1</sup> Dijon, Nantes, Lyon, Grenoble, Strasbourg, Limoges

<sup>2</sup> Amiens, Besançon, Créteil, Paris, Reims, Versailles

### 7. La poursuite d'étude après le BTS

De plus en plus d'étudiants titulaires d'un BTS poursuivent leurs études, actuellement environ 35% au niveau national. Ce chiffre masque des disparités académiques fortes. Certaines académies, comme celle de Versailles, ont des taux de poursuites beaucoup plus élevés, de l'ordre de 60%. Les étudiants s'orientent vers les licences professionnelles que la moitié d'entre eux obtient, mais aussi en CPGE de type ATS, en écoles d'Ingénieurs par une intégration sur dossier, en écoles de commerce spécialisées dans la vente industrielle ou en Angleterre par des poursuites d'études de type Bachelor. Cette liste est non exhaustive, les possibilités sont très nombreuses et diversifiées. Sans disposer de chiffres spécifiques pour le BTS électrotechnique, on sait toutefois que ce chiffre est identique pour les BTS du domaine industriel ou du tertiaire. Les titulaires d'un DUT sont beaucoup plus nombreux à prolonger au-delà de BAC+2, environ 4 sur 5, et poursuivent plus longtemps. La moitié d'entre eux atteignent le niveau BAC+5.

Le taux d'emploi calculé à trois ans est excellent pour les titulaires d'un BTS, de l'ordre de 94%. La poursuite d'études post BTS n'augmente pas sensiblement ce taux d'emploi mais améliore la progression de carrière (tableau fig 19)

Les titulaires d'une licence professionnelle ou plus accèdent en plus grand nombre au statut de cadre.

	BTS sortie sans diplôme	BTS	BTS et poursuite d'études ou niveau ...		DUT sortie sans diplôme	DUT	DUT et poursuite d'études ou niveau ...	
			licence	maîtrise et +, grandes écoles			licence	maîtrise et +, grandes écoles
Cadres	2	5	13	52	6	13	14	67
Professions intermédiaires	34	51	63	38	44	52	69	25
Employés	33	26	15	8	29	23	12	5
Ouvriers	28	16	6	2	18	10	4	1
Autres (agriculteurs, indépendants etc.)	3	2	3	.	3	2	1	2

Source Cereq n°275 juin 2010

**Figure 19:** Répartition par catégorie socioprofessionnelle des jeunes passés par un BTS ou un DUT selon le diplôme de sortie. Situation en 2007 trois ans après la fin des études pour les personnes en emploi

### 8. Conclusion

Les sections de techniciens supérieurs forment avec une grande réussite un nombre important d'étudiants, dont les origines sociales sont souvent modestes. Elles remplissent ainsi leur rôle d'ascenseur social et participent largement à l'effort de formation dont l'objectif est de permettre à 50% d'une tranche d'âge d'obtenir un diplôme de l'enseignement supérieur. Leur intégration professionnelle est remarquable et souligne la confiance des employeurs dans la qualité de cette formation.

Il reste des progrès possibles à réaliser pour la poursuite d'études post-BTS. La réforme des STI2D renforcera les compétences généralistes de nos futurs bacheliers technologiques. Ces acquis seront un atout important pour ces bacheliers qui choisiront nos sections de techniciens supérieurs comme une étape dans leur formation vers les qualifications supérieures, jusqu'au niveau d'ingénieur.

Remerciements : j'adresse mes vifs remerciements à tous mes collègues IA-IPR STI, Présidents de jury, qui ont fourni les données d'examen post-délibération ainsi qu'aux personnels de la Division des Examens et Concours de l'Académie de Poitiers, en charge du BTS électrotechnique.

**Annexe : tableau 20, moyennes académiques obtenues aux différentes épreuves du BTS Session 2010**

Académies	Nbr de candidats	CGE	Anglais	Maths	Pré-étude modélisation	Conception Industrialisation	Projet	organisation chantier	Stage technicien	Moyenne coefficientée
Aix-Marseille	228	10,97	11,86	8,66	8,06	10,86	12,9	13,66	13,28	11,43
Amiens	144	10,31	11,84	7,33	9,95	9,89	12,18	14,09	14,79	11,30
Besançon	37	11,8	11,11	6,34	9,01	8,01	10,43	13,8	14,08	10,35
Bordeaux	225	11,38	11,36	8,34	9,97	11,31	13,5	14,11	14,47	11,99
Caen	100	11,19	10,2	8,44	9,77	10,74	12,96	13,9	14,77	11,61
Clermont Ferrand	94	11,38	10,21	8,82	9,61	12,66	12,76	13,99	15,43	11,89
Corse	6	11,33	10,17	11,44	11,63	12,06	13,31	14,17	13,5	12,40
Dijon	111	11,64	10,84	9,44	10,11	12,18	14,25	14,9	14,87	12,54
Grenoble	177	11,11	11,55	10,25	9,86	11,64	13,38	14,52	15,02	12,24
Lille	350	11,43	10,89	6,97	7,56	11,66	13,5	14,84	15,54	11,70
Limoges	52	11,91	10,32	12,52	10,78	10,44	12,99	13,1	14,88	12,06
Lyon	220	11,28	11,65	9,37	9,95	12,29	13,22	14,66	15,19	12,26
Martinique										
Montpellier	109	11,43	11,16	6,44	9,98	11,45	13,6	14,62	14,7	11,93
Nancy – Metz	177	11,32	10,96	9,25	10,54	10,54	13	13,94	14,63	11,85
Nantes	282	11,19	10,96	9,19	10,33	11,51	13,83	14,89	15,76	12,35
Nice	54	11,38	9,55	11,28	11,07	10,73	12,67	13,19	14,56	11,82
Orléans Tours	170	11,12	10,16	8,47	8,79	11,47	13,34	14,06	14,77	11,69
Paris/Créteil/Versailles	756	10,88	11,28	6,11	8,02	10,86	13,01	13,58	14,01	11,18
Poitiers										
Polynésie	21	12,38	11,14	8,9	11,76	10,67	13,58	13,57	13,75	12,19
Reims	75	11,14	10,89	7,96	9,12	10,3	13,23	12,65	12,75	11,29
Reunion	26	11,96	10,72	12,38	10,14	13,06	12,74	13,82	13,92	12,34
Rennes										
Rouen	102	11,1	11,57	8,26	9,3	12,95	12,99	14,12	14,66	11,98
Strasbourg	131	11,01	10,85	9,5	9,62	12,97	13,23	13,8	14,9	12,10
Toulouse	230	10,62	9,93	7,79	10,76	10,96	13,13	13,16	14,13	11,56
Moyenne nationale		11,13	11,04	8,12	9,28	11,30	13,18	14,04	14,61	11,73

Source : Divisions académiques des examens et concours 2010 et IA-IPR STI Présidents de jury

## Les enjeux du projet industriel

**P. LE BRUN, O. SALA, A. DOMENACH (Génie Electrique) ; P. ABBO (Physique Appliquée)**

Lycée Louis Armand

173 Boulevard de Strasbourg 94130 Nogent sur Marne

**Résumé :** cet article présente l'environnement, le contexte, l'organisation, la méthodologie que nous employons pour réaliser un projet industriel. Dans un premier temps nous décrivons la « machine à gateaux » qui est le support de ce projet. Nous présentons ensuite la société partenaire SPSI en précisant l'historique et la genèse de ce partenariat, comment il est entretenu....

Enfin nous montrons des activités que nous développons avec nos étudiants dans le cadre du projet technique industriel

### INTRODUCTION

Depuis maintenant 4 ans, le nouveau programme de BTS est entré en vigueur et avec lui une nouvelle organisation du projet.

- Il se déroule en fin de formation (de Février à Juin), donc tous les enseignements techniques et théoriques nécessaires à sa bonne réalisation ont normalement été vus ce qui permet d'être plus efficace que dans l'ancienne version de l'épreuve.

- Il doit, de préférence, être à caractère industriel, cela doit permettre une plus grande motivation et une plus forte implication de nos étudiants qui travaillent alors sur un besoin réel de l'entreprise.

- De plus, le projet étant réalisé pour une société, c'est elle qui fournit les matériels à mettre en œuvre, ainsi, nos étudiants travaillent sur des matériels récents. C'est aussi la société qui définit les critères d'acceptabilité des travaux de nos étudiants. En contre partie, il y aura une obligation de réussite pour le projet, car, si l'on veut que la société nous fournisse encore des thèmes de projets pour les années ultérieures, elle doit être satisfaite de nos réalisations.

Cela implique donc une très forte participation de l'équipe enseignante encadrant le projet pour :

- définir le cahier des charges avec l'entreprise,
- définir les principales solutions techniques que les étudiants devront mettre en œuvre,
- anticiper les achats de matériels,
- valider certaines de ces solutions avec la société,
- définir un planning convenant aux deux parties,
- organiser les visites en entreprise et les venues du responsable du projet au lycée,
- gérer la partie administrative (conventions assurance),

### MACHINE SUPPORT DE PROJET

La machine prototypée (DRESSEUSE) permet la mise en forme et le dépôt de la pâte à gâteau sur les plaques de cuisson.



Figure 1 ; Dresseuse à gateaux

Les gâteaux adoptent de multiples formes :

- ronds sur une couche (avec/sans rotation)
- ronds sur deux couches (avec/sans rotation)
- ronds sur trois couches (avec/sans rotation)
- longs sur une couche (avec/sans rotation)
- longs sur deux couches (avec/sans rotation)
- annulaires sur une couche
- annulaires sur deux couches
- feuille de biscuit



Figure 2 ; les différentes formes de biscuits réalisés

### Extraits du Cahier des charges :

- Un interrupteur/sectionneur général permet la mise sous/hors tension de la machine.
- Le dialogue homme machine est réalisé par un écran tactile de 8 pouces couleur.
- L'utilisateur choisit sur cet écran parmi les différents types de gâteaux proposés.
- Il définit ensuite les caractéristiques de ces gâteaux (volume, hauteurs de dépôt, longueur de dépôt, temps de rotation...).
- Il choisit la taille de la plaque sur laquelle seront déposés les gâteaux et le nombre de rangées de dépôt de 1 à 24.
- Il peut régler précisément la position de dépôt de la pâte sur la plaque de cuisson.
- Il sélectionne une finalisation des gâteaux avec/sans aspiration de la pâte, une découpe des pâtes dure, un coté d'introduction et de sortie des plateaux...
- Une fonction permet l'amorçage des pompes d'injection de la pâte.
- Le lancement de la production (d'une rangée, d'une plaque ou en continu) peut être engagé par l'utilisateur et arrêtée à tout moment ou en fin de rangée.
- Les paramètres de production sont enregistrables pour 48 modèles différents de gâteaux et exploitables pour une éventuelle production future.
- Une cadence de production de 5 plaques de 600mm par minute est souhaitée.
- Nombre d'injection par minute : 30 coups /min.
- Vitesse de montée descente maxi de la tête d'injection : 100 mm/s.
- Vitesse de translation maxi des plateaux : 50 mm/s.

### Extraits des tâches étudiants :

#### ETUDIANT 3

- Gestion de la finalisation des gâteaux.
- Réalisation de l'armoire électrique partie motorisation et liaison modbus avec la réalisation des schémas électriques.
- Gestion des paramètres de la motorisation.
- Gestion de la communication automate vers variateur au protocole modbus.
- Gestion de l'interface homme machine partie réglage des variateurs.

#### ETUDIANT 4

- Réalisation de l'armoire électrique, raccordement des entrées TOR, des sorties TOR et du codeur de déplacement vertical avec réalisation des schémas électriques.
- Gestion de la rotation des buses d'injection
- Gestion de la sortie des plaques en mode plateau par plateau.
- Gestion date et heure.
- Gestion de l'interface homme machine correspondante.

### SOCIETE PARTENAIRE S.P.S.I.

Le point de départ de l'étude qui nous a été confiée par la société S.P.S.I. est lié aux demandes de ses clients :

- La cadence de fonctionnement des machines existantes est trop lente.
- L'interface d'utilisation de ces machines est trop complexe.
- L'adaptation à des besoins spécifiques clients est peu souple et prend trop de temps.
- L'obtention de pièces spécifiques pour la maintenance est délicate et longue.
- Les délais de livraison deviennent de plus en plus pénalisant vis-à-vis d'une clientèle toujours plus pressée.
- Les demandes particulières sont peu ou pas satisfaites.

La société S.P.S.I. pour ces raisons chercha à étudier et à réaliser une DRESSEUSE (machine à déposer la pâte sur les plaques de cuisson) en France. Un parent d'étudiant, faisant partie du personnel de la société, vit nos réalisations lors de nos portes ouvertes et engagea la discussion sur le projet envisagé par sa société. Après quelques contacts et de nombreuses heures de mise au point, le lycée Louis ARMAND et la société S.P.S.I. s'engagèrent dans une étude de faisabilité d'une nouvelle DRESSEUSE. De plus, il fut convenu que si cette étude aboutissait à un résultat satisfaisant il serait demandé la réalisation d'un prototype de validation. Nous décidâmes donc, dans le cadre d'un projet

d'étudiants de BTS électrotechnique, d'engager une réflexion visant à proposer un cahier des charges pouvant conduire à la réalisation d'un prototype.

Les différentes étapes furent les suivantes :

1. Inventaire, le plus exhaustif possible, des solutions proposées sur le marché (visite sur salon et analyse détaillée des caractéristiques des machines concurrentes).
2. Définition d'un cahier des charges fonctionnel qui devra être validé par la société S.P.S.I.
3. Signature d'une convention de partenariat entre le lycée Louis ARMAND et la société S.P.S.I.
4. Etudes de solutions avec chiffrage.
5. Présentation des solutions à la société S.P.S.I.

Parmi les solutions présentées, deux retiennent l'attention des dirigeants de la société : une solution à caractère économique et une solution plus novatrice avec une interface homme machine tactile. Cette dernière solution fut retenue lors d'une ultime présentation avec la collaboration de la société PROFACE fournisseur de l'interface tactile. La société S.P.S.I. nous chargea d'une étude technique de cette solution.

Les différentes étapes furent les suivantes :

6. Etudes techniques (choix/définition des sous ensembles, réalisation des schémas de mise en œuvre, analyse fonctionnelle de l'interface homme machine...).
7. Etude d'industrialisation (définition des procédures d'assemblage, définition des procédures de réalisation des armoires électriques, définition des procédures de programmation et définition des procédures de réglages et de mise au point).

8. Réalisation d'un prototype de validation (la partie mécanique étant à la charge de la société S.P.S.I.).

Ce travail fut réalisé par les étudiants du lycée Louis ARMAND dans le cadre du projet de BTS électrotechnique avec leurs professeurs en liaison avec la société S.P.S.I. Bien entendu une telle réalisation fut délicate à mener avec un groupe d'étudiant, aussi quelques parties restèrent à la charge des enseignants :

9. Finalisation du prototype dans le but de placer la machine chez un client pour des tests en production sur site industriel.

10. Etudes liées à l'internationalisation du produit (interface homme machine et documentations).

11. Etudes liées à la sécurisation de l'équipement (mise en place de dispositions anti rétro-ingénierie, mise en place de procédé anti-copie des logiciels élaborés [programmes et interface homme machine]).

Après quelques mois de tests dans une biscuiterie industrielle, il fut décidé de poursuivre ce projet et de passer du prototype à une version industrialisable de la DRESSEUSE. Ce fut le début d'une seconde année de collaboration dans le but :

12. Optimisation des coûts des matériels électriques (pour notre partie).

13. Réalisation de programmes stables, testés et documentés.

14. Ajout/modification de fonctionnalités suite à la période de tests sur site industriel.

15. Réalisation des documents de montage, configuration et programmation à l'usage des techniciens de la société. Réalisation des documents techniques (partie électrique). Réalisation de la notice d'exploitation.

La gestion du projet consista pour cette deuxième année à satisfaire les besoins de l'entreprise et les contraintes liées aux modalités de l'épreuve de projet.

### PRESENTATION AUX ETUDIANTS

Utilisation d'une méthode heuristique

Cette méthode d'organisation des idées, sous forme de dessin ou d'arborescence permet d'aborder des systèmes complexes en simplifiant leur compréhension et leur appropriation. Les structures schématiques obtenues améliorent les capacités d'organisation et d'imagination de notre cerveau. Une décomposition en tâches et sous tâches permet de plus la mise en place de groupes de travail pour réfléchir à chacune d'entre elles.

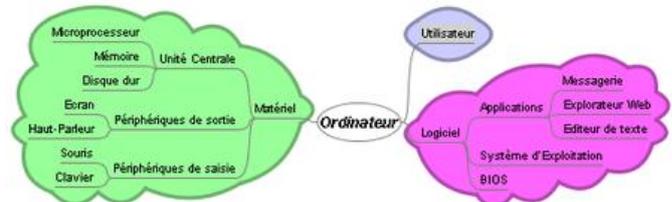


Figure 3 ; organisation des idées

Exploitation d'une séance de remue méninge

Une présentation des fonctionnalités et de l'utilisation de la dresseuse est faite dans les locaux de la société S.P.S.I. Je demande aux étudiants d'observer les rôles de l'opérateur (mise en service de la machine, création des paramètres d'une production ou récupération d'une sauvegarde, lancement de la production et son suivi...) et les différentes fonctions de la machine. De retour au lycée avec des vidéos, nous allons disséquer le fonctionnement de cette dresseuse en tentant de rester le plus fonctionnel possible. Lors de séances de remue méninge nous nous attacherons à formaliser ces différentes fonctions, à établir les liens entre ces différentes fonctions, à les décomposer en plusieurs sous fonctions, à préciser les contraintes pour ces différentes fonctions ou sous fonctions. Nous utilisons pour ces séances l'outil de brainstorming inclus dans le logiciel MINDMANAGER.

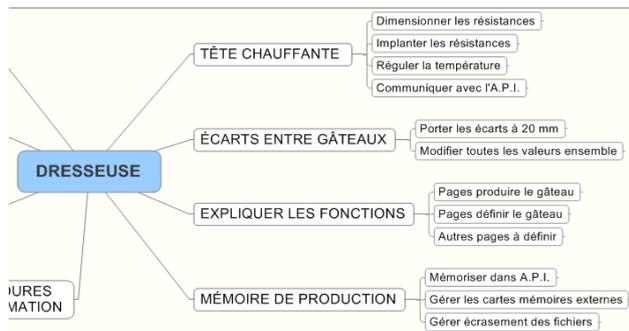


Figure 4 ; Structuration avec MINDMANAGER

Une animation par le professeur est indispensable pour coordonner l'ensemble des idées, les organiser et les hiérarchiser ou réorienter les réflexions. Dans la pratique, 3 niveaux de fonctions semblent être un bon compromis entre complexité de la machine et lisibilité du graphique.

Découpage en tâches et partage entre étudiants :

Nous proposons à la société S.P.S.I., sous forme de liste, les fonctions que nous avons entrevues lors des essais et en visualisant les vidéos afin que celle-ci confirme, infirme ou précise notre analyse.

Après quelques ajustements avec nos interlocuteurs, les besoins de la société sont notés et annexés à la convention de partenariat signé entre la société S.P.S.I. et le Lycée. Nous connaissons désormais l'essentiel des attentes de la société pour ce projet. Les fonctions à réaliser vont devenir des tâches ou des groupements de tâches qui seront confiés à un ou plusieurs étudiants (par exemple le déplacement vertical de la tête d'injection est confié à un groupe de trois étudiants. Il inclut : la motorisation à vitesse ajustable, le positionnement de la tête au mm près, la détection du type de tête montée sur la machine, la communication des vitesses d'exploitation au variateur...). Dans la répartition des tâches individuelles, nous veillerons à ce que chacun des candidats aborde des aspects de dimensionnement, de choix, de raccordement électrique de matériel et de programmation.

### Recherche de solutions

Les solutions techniques que nous apportons doivent être optimum du point de vue technico-économique, durabilité, installation, maintenance, approvisionnement... Les solutions que nous proposons doivent aussi être acceptées par les techniciens que nous bousculons avec beaucoup d'informatique, de réseau et de composants de sécurité.

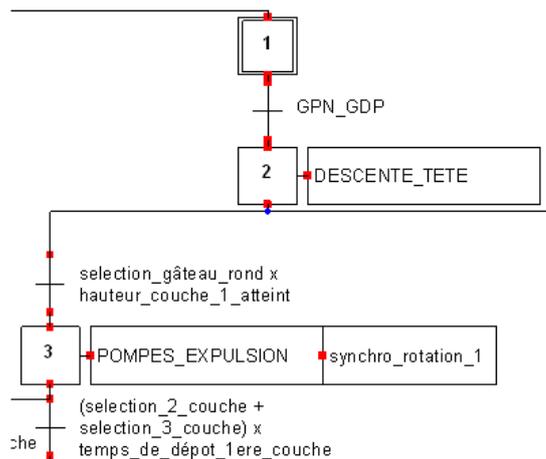


Figure 5 ; extrait d'un grafset étudié par les élèves

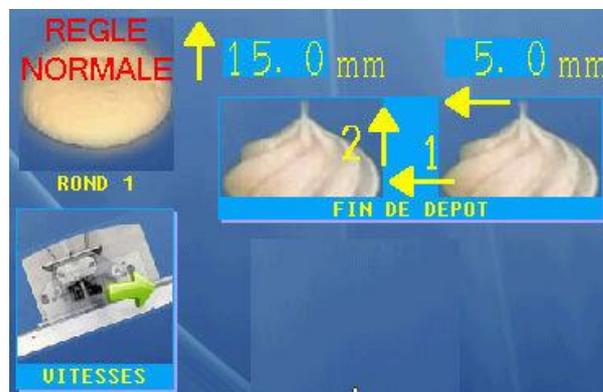


Figure 6 ; exemple de réalisation d'un écran de l'IHM réalisée par les étudiants (paramétrage d'un gâteau rond)



Figure 7 : Platine de commande en cours de réalisation par les étudiants (API + variateurs + annexes)

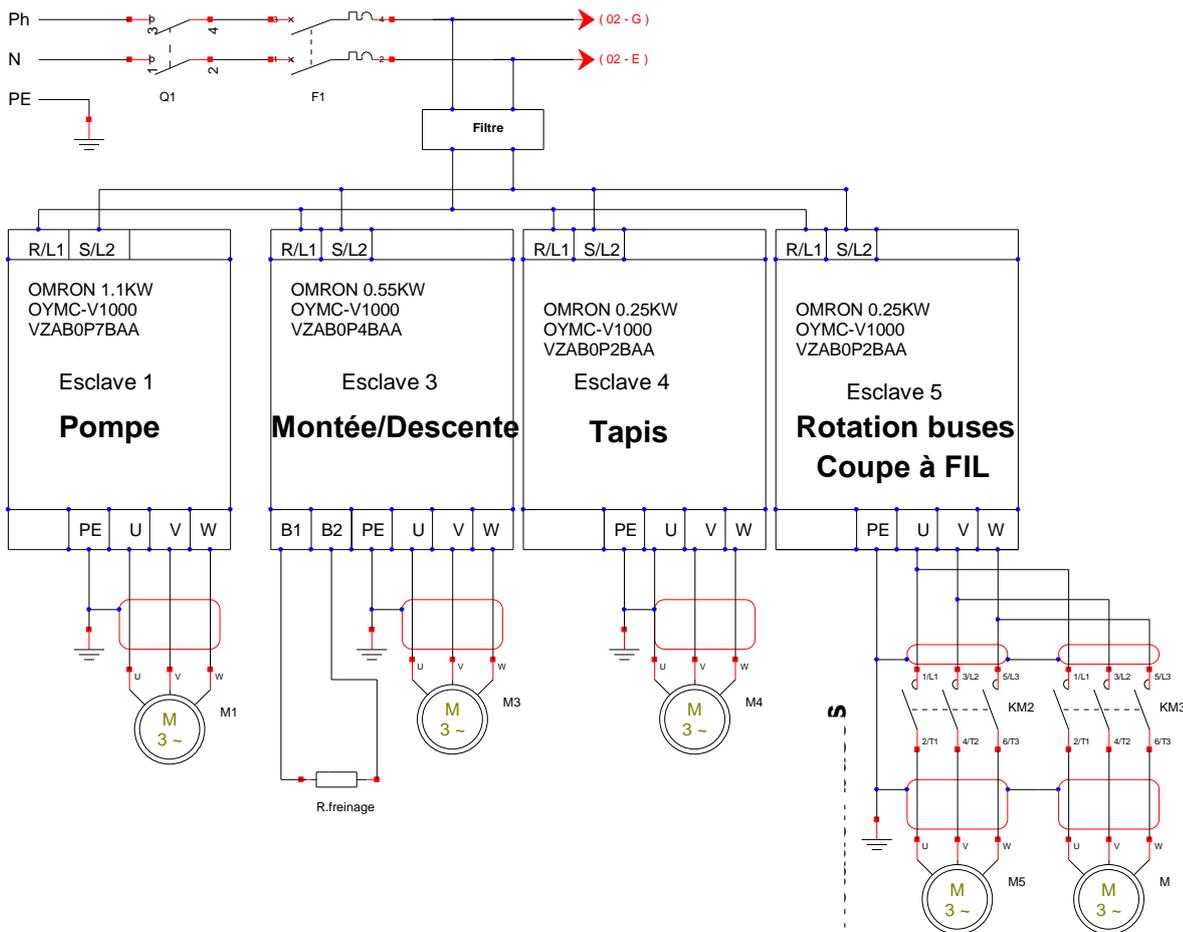


Figure 8 ; schéma de la partie motorisation de la dresseuse

### ORGANISATION DU TRAVAIL

Après la répartition des tâches entre les étudiants, il est impératif d'opter pour une organisation temporelle du travail suivi par le professeur référent incluant :

- Un diagramme de GANTT pour le suivi de l'avancement du projet.
- Des dates de livraison imposées devant être respectées. En cas de défaillance d'un étudiant une solution est proposée.

La première phase du projet doit permettre aux étudiants de faire connaissance avec la dresseuse et de bien comprendre et situer la demande du client. La recherche de solutions techniques est faite en étroite collaboration avec le professeur référent. La planification du projet est un point très important si l'on souhaite apporter des solutions satisfaisantes aux problèmes posés. Le recul des épreuves à la deuxième quinzaine de juin nous a grandement facilité la tâche. Cela nous laisse un mois de travail après les épreuves écrites de mai.

Tâches	Activités
Interpréter la demande du client	Comprendre l'objectif du projet. Apporter les éclaircissements nécessaires. Redéfinir certaines parties du cahier des charges en fonction des évolutions. Faire valider le cahier des charges.
Rechercher des solutions techniques compatibles avec le cahier des charges	Rechercher les solutions constructeurs proches de la demande. Rechercher des solutions dans les ressources internes. Définir les ressources nécessaires à l'élaboration de chaque solution. Choisir la solution la plus adaptée.
Estimer les coûts et les délais de réalisation de chaque solution	Demander des offres de prix auprès des fournisseurs. Chiffrer les recours à la sous-traitance. Demander les délais d'approvisionnement. Estimer les durées d'étude, de réalisation et d'essais. Réaliser les bons de commande.
Planifier le projet	Ventiler le projet en différentes tâches. Positionner les tâches sur un planning en respectant toutes les contraintes.

Figure 9 : tâches à réaliser en début de projet

Nous devons également préparer la revue de projet n°1 en collaboration avec les professeurs de mécanique et de physique, car ce CCF 1 est placé en troisième semaine soit au bout d'une cinquantaine d'heures.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		Épreuve E5 PROJET TECHNIQUE INDUSTRIEL	
Session : .....		Titre :	
Centre d'examen : .....		Compétences évaluées	
Revue N°1 Organisation du projet	C32 : Interpréter la demande du client C05 : Déterminer les ressources et les contraintes C11 : Estimer les coûts prévisionnels	C27 : Estimer les délais d'approvisionnement C15 : Estimer les délais de réalisation	
Tâches	Critères d'évaluation		
Interpréter la demande du client	C32	Le but du projet est nettement identifié	
		Un synoptique ou un croquis du projet a été clairement représenté	
Déterminer les ressources et les contraintes	C05	Les explications données sont claires, les commentaires pertinents	
		Une ou plusieurs solutions technologiques conformes à la demande	
Estimer les coûts prévisionnels	C11	Des ressources humaines sont envisagées et déterminées (matririsés)	
		Des ressources matérielles sont envisagées et déterminées (particuliers)	
		Le matériel principal nécessaire à la réalisation est correctement identifié	
		Les références du matériel sont déterminées convenablement	
		Le coût du matériel et des ressources est estimé (offre de prix)	

Figure 10 : fiche d'évaluation CCF1

La première évaluation (CCF 1) doit permettre un recadrage des candidats, aussi nous prévoyons 45 min. par candidat afin de corriger les présentations avec pour objectif une amélioration des revues suivantes et une préparation de la revue finale. Les attentes de l'industriel ne coïncident pas toujours avec les impératifs des CCF il faut donc beaucoup de souplesse entre les partenaires :

- Incompatibilité de calendrier.
- Disponibilité des personnels.
- Tâches à la lisière de notre spécialité.
- Tâches ardues pour nos étudiants.
- ...

La deuxième phase du projet est parfaitement adaptée aux exigences simultanées de l'industriel et de la formation. Elle va permettre aux étudiants d'ébaucher les solutions techniques définies avec le professeur. Un suivi par l'industriel permet d'éviter des dérives ou des mauvaises orientations.

Tâches	Activités
Étudier la solution technique	Rechercher les documentations techniques nécessaires. Concevoir les schémas développés et de réalisation. Concevoir les plans de l'installation et les schémas de raccordement. Définir l'organisation des programmes. Ecrire les programmes dans un langage approprié.
Déterminer les paramètres de réglages	Identifier les paramètres à régler. Rechercher par calcul ou simulation les valeurs des paramètres de réglages. Définir des méthodes de réglage sur site.
Réaliser le système	Concevoir le système, l'installation ou le produit conformément aux prescriptions du dossier de réalisation.
Organiser la réalisation	Suivre l'évolution de la réalisation par rapport au planning. Réceptionner le matériel. Suivre les évolutions des coûts et en particulier celles dues aux modifications. Mettre en place et participer à des réunions de suivi de travaux.

Figure 11 : tâches à réaliser CCF2

La dernière phase du projet permet aux étudiants et à l'industriel de concrétiser les études menées et de les valider. Nous gardons les 4 dernières semaines pour finaliser et fiabiliser les réalisations, malheureusement cela n'est pas valorisé dans les critères d'évaluation des différentes revues. Nous laissons quinze jours entre le CCF 3 et la présentation du projet pour affiner cette ultime présentation.

### UTILISATION PEDAGOGIQUE DU PROJET : SIMULATION AVEC L'OUTIL SIMAPP

Pendant la période de projet, toutes les heures d'enseignement techniques (technologie, schéma fabrication ...) sont dédiées au projet. Pour les heures de physique appliquée (modélisation), les séances de cours et les TP continuent normalement jusqu'aux épreuves écrites.

On utilise donc certaines heures de TP pour faire des travaux de modélisation liés aux différents projets.

On profite ainsi de l'effet « motivation des élèves pour leur projet » pour faire des rappels et des révisions en vue des épreuves écrites.

Nous allons prendre appui sur la dresseuse précédente et proposer une modélisation de la trémie. Cela permettra d'aborder les points suivants du référentiel de sciences appliquées : Machine à courant continu, notions de mécanique des fluides et du solide, asservissement analogique.

#### Schématisme de la trémie :

Fonctionnement :

Bien que ce fonctionnement ne soit pas celui retenu actuellement, nous considérons que l'ouverture de la trémie est commandée par un moteur à courant continu à excitation séparée alimenté par un hacheur. Un capteur donne la position du sas d'ouverture. On admet que le débit de la pâte est proportionnel à l'ouverture du sas de la trémie.

Etude de la motorisation : Moteur à courant continu excitation séparée  $U_n = 30V$ ,  $N_n = 2000$  t/mn

Le modèle équivalent de l'induit du moteur est le suivant

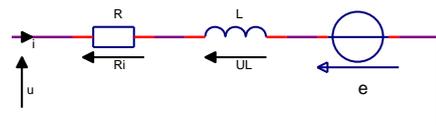


Figure 12 : Schéma équivalent de l'induit

$$\text{Equations électriques : } u = Ri + \frac{Ldi}{dt} + K\Omega ;$$

$$\text{Equations mécaniques } C_{em} = KI$$

En substituant la variable intensité :,

$$H(p) = \frac{\Omega(p)}{U(p)} = \frac{1/K}{1 + \frac{RJ}{K^2} p + \frac{LJ}{K^2} p^2}$$

Il est possible de proposer le schéma-bloc classique : dans lequel on distingue les blocs liés aux constantes de temps électrique et mécanique.

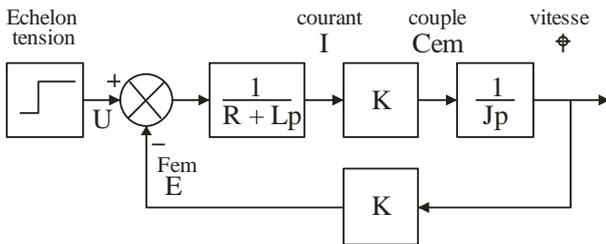


Figure 13 : Schéma bloc du moteur et de sa charge

**Simulation :**

Observons la réponse indicielle de ce moteur en utilisant le logiciel simapp. Ce logiciel disponible sur le site [www.simapp.com](http://www.simapp.com) permet de simuler des systèmes dynamiques analogiques et numériques. Son usage est assez intuitif, une barre d'outils propose un accès rapide à des blocs de fonctions, la variable naturelle de Laplace est noté « s ».

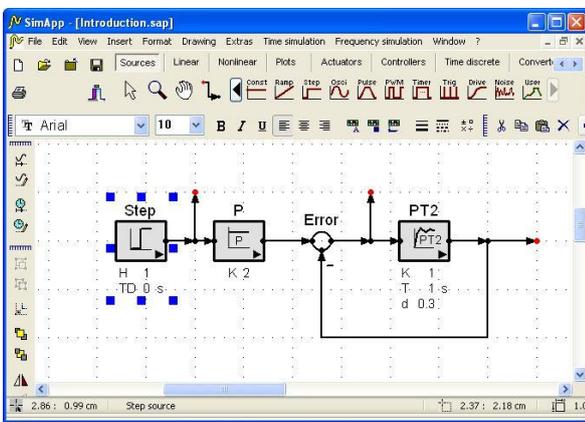


Figure 14 : exemple de fenêtre principale du logiciel SIMAPP

On réalise donc le schéma bloc en allant chercher les différents éléments dans les onglets « SOURCES », « MESURER », « LINEAIRE »

On réalise les connexions à aide du bouton

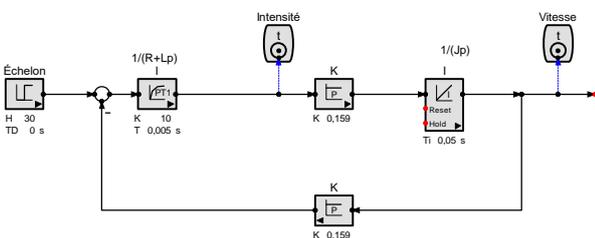


Figure 15 : schéma bloc du moteur et de sa charge réalisé dans SIMAPP

L'analyse temporelle est ensuite lancée à partir du bouton et nous permet d'obtenir la réponse indicielle du système :

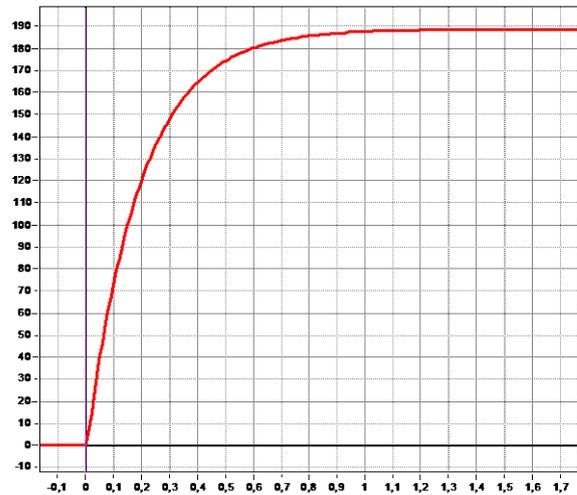


Figure 16 : Vitesse du moteur (rad.s<sup>-1</sup>) en fonction du temps

On constate que la réponse du système est du premier ordre. La fonction transfert en boucle fermée s'écrit :

$$H(p) = \frac{\Omega(p)}{U(p)} = \frac{6.28}{(1+0.19p)(1+0.005p)}$$

En remplaçant les valeurs numériques de  $R = 0.1\Omega$ ,  $L = 0.5mH$ ,  $J = 0.05 \text{ kg.m}^2$ ,  $K = 0.159 \text{ Vs.Rad}^{-1}$  et en factorisant le dénominateur.

$$\tau_e = \frac{L}{R} = 5 \text{ ms} \Rightarrow \tau_1 = 5.1 \text{ ms}$$

$$\tau_m = \frac{RJ}{K^2} = 0.198 \text{ s} \Rightarrow \tau_2 = 0.192 \text{ s}$$

Ces valeurs sont très proches du fait de l'absence de frottement visqueux.

Compte-tenu de sa valeur numérique la constante de temps électrique sera négligée par rapport à la constante de temps mécanique. On assimilera donc  $H(p)$  à un système du premier ordre.

$$H(p) = \frac{\Omega(p)}{U(p)} = \frac{6.28}{(1+0.19p)}$$

**Prolongement :**

Observer d'autres variables comme l'intensité du courant qui peut dans certain cas atteindre des valeurs inacceptables. On peut placer un bloc « saturation » pour limiter sa valeur, puis observer son influence sur le système. Par ailleurs, il peut être intéressant de faire apparaître le hacheur, sa commande, et la mesure de la vitesse par dynamo-tachymétrique par exemple. Cela permet de proposer un schéma de ce type :

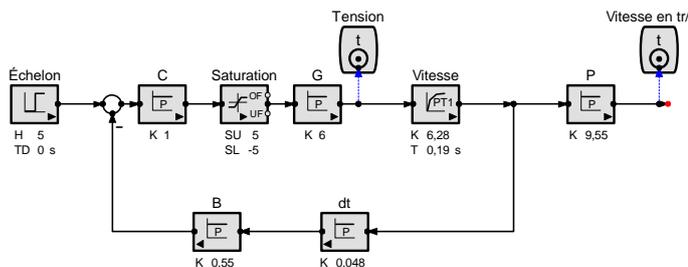


Figure 17 : mise en place d'un hacheur, prise en compte des saturations

Observer l'effet du bouclage, et l'intérêt de choisir un correcteur adapté.



Figure 18 : Allure de la vitesse en boucle ouverte



Figure 19 : Allure de la vitesse en boucle fermée



Figure 20 : Allure de la vitesse en boucle fermée avec correcteur PI

**Asservissement du débit :**

On réalise l'asservissement du débit en restant dans le domaine linéaire (butée du sas non atteinte).

Expression du débit en fonction de la vitesse de rotation du moteur.

En exprimant la vitesse linéaire du sas en fonction du débit de la pâte et en admettant que la vitesse de la pâte est constante, on obtient une relation du type

$$\Omega = k \frac{dq}{dt}$$

q étant le débit exprimé en kg.s<sup>-1</sup>, k une constante en rad.kg<sup>-1</sup>, dans laquelle figure les caractéristiques géométriques du dispositif.

Voici donc une modélisation envisageable :

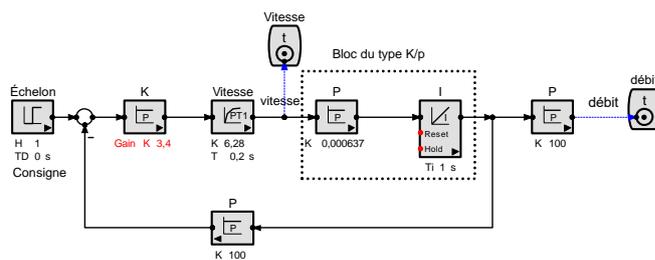


Figure 21 : modélisation de l'asservissement de débit

Examinons la vitesse de moteur d'ouverture de la trémie :

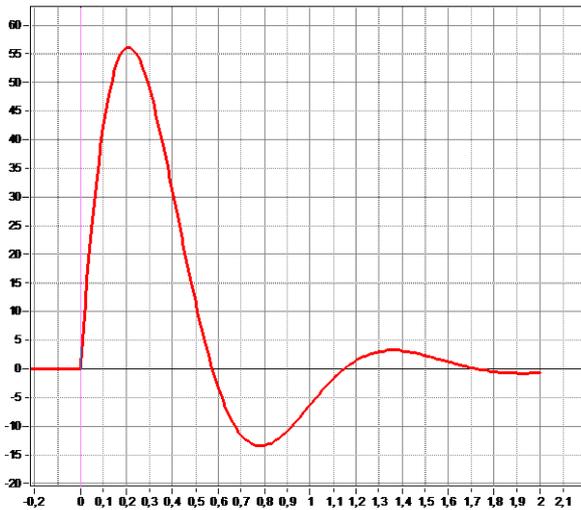


Figure 22 : évolution de la vitesse du moteur lors de l'ouverture de la trémie

Il est possible de rechercher la valeur du gain  $K$  (correcteur  $P$ ) qui impose une vitesse strictement positive. Pour cela il suffit de faire varier «  $K$  ». en cochant « multiple » dans le paramétrage du correcteur.

Nombre de séries de paramètres	5	Modifier les séries de paramètres	Propriétés des paramètres...
<b>Général</b>			
Gain	$K$	3,4	<input checked="" type="checkbox"/> multiple

en sélectionnant « modifier les séries de paramètres »  $K$  prend les valeurs discrètes suivantes :

$K$  : 1 5 10 15 25

On observe que la valeur de  $K$  recherchée est comprise entre 1 et 5 une simulation plus fine donne environ 3, le calcul abouti à 3,12.

Résultats :

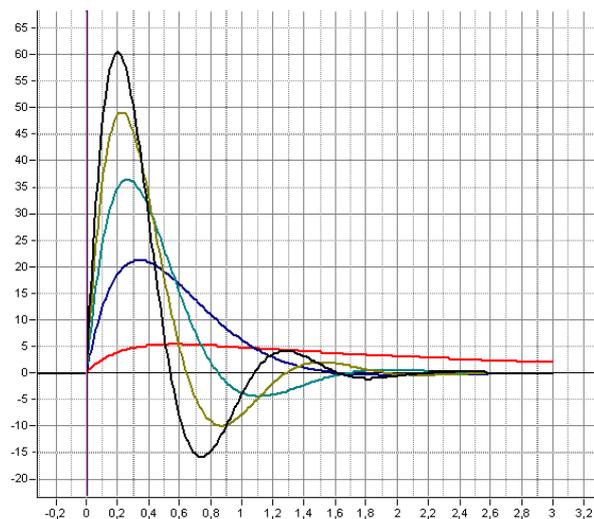


Figure 23 : évolution de la vitesse du moteur lors de l'ouverture de la trémie pour différentes valeurs de  $K$

Cette introduction permet d'aborder les asservissements assez simplement, Il est possible d'approcher les problèmes de non linéarité liés aux saturations, par exemple. Enfin les notions de marge de phase et de marge de gain peuvent être étudiées sans faire de calculs trop compliqués à partir d'une étude fréquentielle très simple à mettre en œuvre.

## BILAN, CONCLUSION

En guise de conclusion, nous avons fait un bilan depuis 4 ans d'un point de vue étudiant et d'un point de vue enseignant.

Du point de vue étudiant, on a pu constater une plus grande motivation, plus d'investissement et de dynamisme.

Cela est en partie dû au fait qu'ils réalisent un projet réel répondant à un vrai cahier des charges issu d'une société (ils ne sont plus tout à fait à l'école).

Ils ont de plus l'impression d'être déjà confrontés à la réalité du monde du travail, du fait des délais obligatoires à respecter et de l'obligation de réussite.

Certains étudiants inscrivent même cette première expérience dans leurs CV.

Du point de vue enseignant, le projet est un moyen de lutte contre la désaffection scolaire des étudiants, puisqu'ils sont motivés pour le réaliser.

Il est difficile de trouver des projets industriels compatibles avec notre formation en termes de timing et de contenu.

Le financement externe du projet nous coûte peu en termes de finances.

Il y a une charge de travail énorme pour toute la préparation en amont du projet (pré études, choix et définitions des matériels, contacts, dialogue avec l'entreprise etc etc...).

Nécessité d'une excellente collaboration entre collègues, car, le projet industriel est un travail sollicitant fortement toute l'équipe ; Par exemple, lorsque les étudiants doivent aller valider des solutions à l'entreprise, ils sont systématiquement accompagnés par leur professeur référent, celui-ci doit donc être remplacé auprès des étudiants qui restent au lycée par un autre collègue.

Enfin, il semble très difficile de pouvoir avoir toute une classe qui fasse des projets industriels, car il sera alors très compliqué pour l'équipe enseignante de pouvoir tout gérer en même temps de façon efficace notamment auprès des entreprises partenaires.

# Rénovation électrique d'un chariot autoporteur FENWICK

**B. FAOUR, S. GUITTON, A. SENI**

Lycée Evariste Galois – Noisy-le-Grand

Contact : [bruno.faour@orange.fr](mailto:bruno.faour@orange.fr)

**Résumé :** Dans le cadre de l'épreuve E5 - projet technique industriel - du BTS ELECTROTECHNIQUE, trois étudiants du lycée Evariste GALOIS de Noisy-le-Grand ont réalisé la rénovation électrique d'un chariot motorisé. Ce chariot porteur 2 tonnes est utilisé par la RATP, dans son atelier de maintenance patrimonial du matériel pneumatique ferroviaire de Fontenay sous Bois, pour le transport de matières. Au début du projet, il était hors service et a été livré sur le site du lycée avec son chargeur de batteries par la RATP, ce qui a facilité sa rénovation.

Les deux roues arrière du véhicule sont indépendantes et chacune d'entre elles est motorisée par une machine à courant continu à excitation série ( $P= 2,2 \text{ kW}$ ,  $36 \text{ V} - 75 \text{ A}$ ). L'alimentation électrique est assurée par un réseau de batteries d'accumulateurs 36V.

Les étudiants ont entre autres installé et configuré un variateur de vitesse de type 4 quadrants. A l'issue du projet, l'équipement est de nouveau opérationnel sur le site de la RATP depuis juillet 2010 et nous poursuivons cette année notre partenariat, sur la rénovation d'une grenailleuse à turbines.

## 1. Préambule

La rénovation du BTS électrotechnique a renforcé le caractère industriel de l'épreuve de projet. Dans ce contexte, le lycée Evariste Galois de Noisy-le-Grand a développé des partenariats avec le milieu industriel. Ainsi, nous avons réalisé la mise en place d'un variateur de vitesse pour la mise en rotation des machines de traction de métro, dans une étuve de séchage de vernis isolant, à la suite d'un rebobinage.

Suite à cette première collaboration fructueuse, l'atelier de maintenance patrimonial du matériel pneumatique ferroviaire de Fontenay sous Bois nous a confié, lors de l'année scolaire 2009-2010, la réparation d'un véhicule électrique utilisé à l'intérieur de l'atelier.

## 2. Etat du chariot avant le projet

L'atelier dispose d'un chariot électrique pour assurer la manutention de différents matériels tels que des barres longues en acier. Ce chariot autoporteur produit par la société industrielle FENWICK, et mis en service en 1975, était hors d'usage.

Les caractéristiques principales du chariot (figure 1) sont exposées ci-dessous. Le poids à vide est de 1510kg, le poids en charge de 3510kg. La motorisation est assurée par deux machines identiques à courant continu à excitation série dont la plaque signalétique indique 36V-75A-2,2kW. Chaque machine entraîne une des

roues arrière. Le véhicule dispose de 18 accumulateurs 2 volts-400A.h associés en série.



Figure 1 : photo du chariot autoporteur 2 tonnes

Le schéma électrique de la partie puissance (figure 2) montre le dispositif utilisé permettant d'obtenir cinq vitesses différentes en marche avant, par l'utilisation

d'une résistance de démarrage et par différentes associations (série ou parallèle) des inducts et des inducteurs. L'inversion du sens de marche est réalisée par inversion du courant dans les inducteurs grâce aux contacteurs AV et AR.

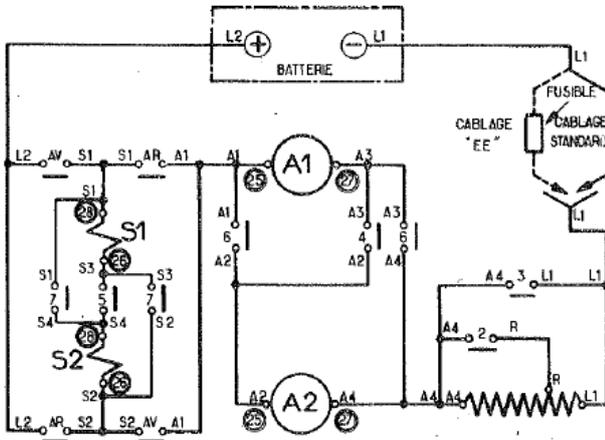


Figure 2 : schéma électrique de la partie puissance du chariot avant rénovation

Le tableau figure 3 résume la topologie du montage correspondant aux différentes vitesses.

vitesse	contacts fermés	Configuration de la partie puissance des deux MCC de type série
1	4, 5	inducteurs et inducts en série, résistance de démarrage (totalité)
2	2, 4, 5	inducteurs et inducts en série, résistance de démarrage (partielle)
3	2, 3, 4, 5	inducteurs et inducts en série
4	3, 4, 7	inducteurs en parallèle et inducts en série
5	3, 6, 7	inducteurs en parallèle, inducts en parallèle

Figure 3 : différentes configurations utilisées avant la rénovation du chariot

Le changement de vitesse est temporisé par un système dash-pot (amortisseur par frottement fluide) à air. L'accélérateur commande ce système dash-pot qui permet d'alimenter les différentes bobines de contacteurs (voir figure 4). La défaillance de ce commutateur se traduit par une variation de la durée de temporisation du passage de vitesse, des difficultés de démarrage, ou l'impossibilité de passer les vitesses. Cet organe étant devenu défectueux et les pièces de rechange n'étant plus disponibles, le chariot était alors hors service.



Figure 4 : photo des contacteurs de puissance et de la batterie d'accumulateurs du véhicule électrique, avant rénovation

### 3. Solution retenue pour la rénovation

L'évolution de l'électronique de puissance permet aujourd'hui d'embarquer le convertisseur statique d'énergie électrique, sa commande et ses protections.

Pour des raisons d'économie, d'encombrement et de simplicité, nous avons choisi l'achat d'un unique variateur pour alimenter les deux moteurs.

Le dimensionnement du variateur a été ensuite effectué avec les données électriques suivantes :

- la tension continue délivrée par la batterie d'accumulateurs (36V),
- l'intensité du courant nécessaire au démarrage qui est sensiblement de  $3 I_n$  soit 450 A lorsque les inducts sont en parallèle.

Le variateur retenu est un variateur 4 quadrants de marque CURTIS de référence 1215-8306 dont les principales caractéristiques sont :

- tension d'entrée 36/48 V,
- intensité du courant nominal 500 A.

Ce modèle présente de nombreux avantages :

- un rendement élevé et la réversibilité de la conversion d'énergie,
- un nombre réduit de contacteurs à installer car la commande est intégrée au variateur, d'où une simplification du schéma électrique,
- une pédale d'accélérateur de type potentiométrique permettant toutes les vitesses possibles (et non plus un nombre discret),
- un paramétrage et un contrôle par liaison informatique,
- des protections intégrées (surtension et sous-tension batterie, limitation du courant dans la charge...).

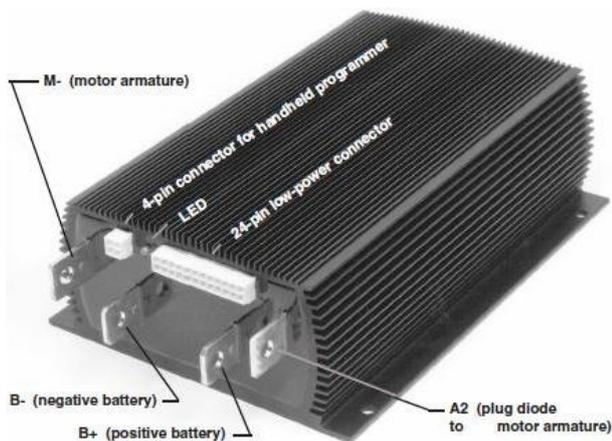


Figure 5 : Variateur de vitesse CURTIS de référence 1215-8306

Le schéma de câblage préconisé par le constructeur est le suivant :

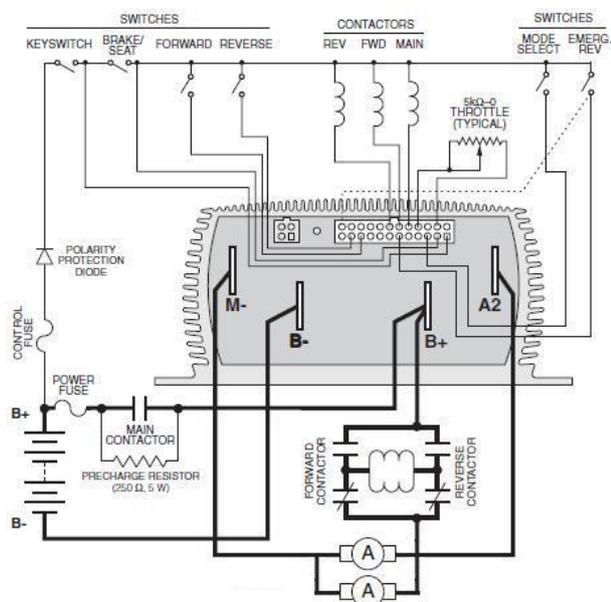


Figure 6 : schéma de câblage du variateur

Le câblage retenu pour les machines est l'association des induits et des inducteurs en parallèle, ce qui correspond à la configuration qui donne la vitesse maximale.

Afin d'optimiser la place et de conserver l'accessibilité du convertisseur, ce variateur sera finalement installé en lieu et place des anciens contacteurs qui ont été intégralement déposés (figure 7). Cette implantation permet de plus au variateur d'être à proximité de la source d'énergie et des machines à courant continu.

L'installation du variateur a nécessité, de plus, la mise en place d'un contacteur principal dit «MAIN contactor».

D'autre part, deux autres contacteurs permettront l'inversion du courant dans les inducteurs afin de disposer de deux sens de rotation, respectivement « forward et reverse ».

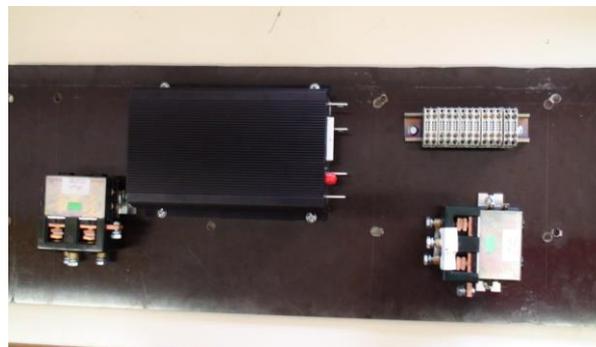


Figure 7 : photo du variateur installé avec les 3 contacteurs de puissance en cours de câblage

#### 4. Organisation de l'année :

A chaque fois que nous développons un projet avec une entreprise partenaire et jusqu'à aujourd'hui, nous proposons à cette entreprise d'accueillir en stage des étudiants du groupe de projet. Pour ce projet, 2 des 3 étudiants ont réalisé leur stage au service Maintenance de équipements industriels du site de Fontenay sous Bois. Ces deux étudiants ont, entre autres, démonté la rangée de 9 contacteurs avec repérage des câbles et préparé le véhicule pour sa mise en peinture.

D'une façon générale, cette démarche à notre sens permet aux étudiants de mieux appréhender les besoins et les attentes de l'industriel partenaire du projet.

De Février à Juin, nous invitons nos partenaires à participer, en fonction de leur possibilité, aux différentes revues de projet. Leurs interventions permettent de ne pas faire « fausse route » quant à leurs desideratas et de motiver nos étudiants.

#### 5. Répartition des tâches :

Le groupe de projet est composé de trois étudiants :

- Un étudiant A est chargé de l'installation du hacheur de type 4 quadrants et de sa configuration logicielle.
- Un étudiant B est chargé de la gestion des sécurités du véhicule électrique avec la reprise du câblage du tableau de bord du véhicule, ainsi que l'éclairage de celui-ci.
- Enfin, l'étudiant C est chargé de s'intéresser à la charge de la batterie d'accumulateurs 36V.

Définir le nombre d'étudiants qui travaillent sur un projet est une tâche délicate. En effet, la période consacrée à la réalisation du projet de seconde année est relativement courte.

Dans le cadre d'un partenariat avec un industriel, il nous semble qu'il est judicieux de mettre suffisamment de moyens humains afin d'assurer la réussite du projet et la pérennité de ce partenariat.

## 6. Equipe pédagogique :

Ce support de projet est intéressant pour les collègues de sciences appliquées, puisque celui-ci a permis de mettre en évidence des notions, sur la conversion Continu – Continu et la machine à courant continu, abordées en cours.

En outre, notre collègue de construction Davy LAILLE s'est intéressé à la mise en place de la nouvelle pédale d'accélérateur, nécessitant la réalisation d'une chape de fixation réalisée par une entreprise partenaire.

## 7. Essais de réception :

Les premiers essais ont été réalisés, à vide, dans la salle de cours, en levant les roues arrière du véhicule. Puis nous avons réalisé des essais dans la cour du lycée en utilisant des oscilloscopes portatifs. Le paramétrage du variateur était lui réalisé avec un ordinateur portable.

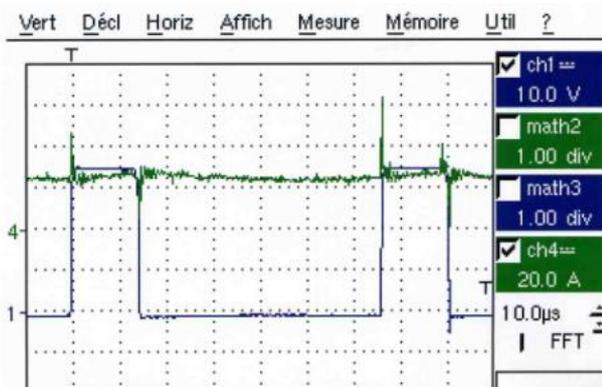


Figure 8 : relevé de la tension et du courant variateur lors d'un essai à vide

La tension de sortie du variateur est toujours unipolaire et c'est l'état des contacteurs « Forward et Reverse » qui détermine le sens de rotation des 2 machines.

Ce choix technologique permet de minimiser les pertes par commutation du convertisseur 4 quadrants et d'autre part de diminuer l'ondulation de courant dans les machines. L'ondulation de courant est faible et nous vérifions bien le rôle bénéfique des inductances série des inducteurs. La tension de sortie du variateur a une fréquence de 15 kHz.

## 8. Valeur ajoutée technologique :

Nous obtenons un fonctionnement plus souple du chariot, sans à-coup lors du passage des vitesses.

D'autre part, l'utilisation du convertisseur va permettre de recharger la batterie lors des phases de freinage. Ce dispositif améliore le rendement énergétique de la chaîne de traction et permet en outre d'augmenter l'autonomie du véhicule.

On peut aussi noter le passage de 9 à 3 contacteurs et la diminution de l'usure des organes de freinage (2 tambours arrière).

## 9. Aspect économique :

La RATP a évalué le remplacement de ce véhicule, en panne à l'origine du projet, à 30.000 euros.

Le coût d'achat du variateur, des nouveaux contacteurs et les frais de transport du véhicule au lycée sont sensiblement de 3.000 euros.

## 10. Conclusion :

Ce projet a fortement motivé nos étudiants et nous pensons qu'il facilite leur insertion professionnelle dans notre secteur d'activité.

Le projet avait une forte connotation « motorisation et électronique de puissance ». Nous poursuivons cette année notre collaboration avec la RATP sur une étude qui est cette fois-ci axée sur l'automatisme. Il s'agit de remplacer un automate obsolète par un écran tactile/automate, cela dans le cadre d'une maintenance préventive sur une grenailleuse à turbines.

## Liens internet :

<http://www.curtisstruments.com/>

<http://www.albrightinternational.com/>

<http://www.fenwick-linde.com/>

## Bassin et mur végétal partiellement autonomes en énergie

**Didier ALVY (Sciences appliquées), Hervé BORDU (Génie électrique), Luc LASSERRE (Génie électrique) et Alain ARMSPACH (Chef des Travaux)**

Lycée Polyvalent Paul ELUARD, 15-17 avenue Jean Moulin  
93206 SAINT DENIS Cedex

**Résumé :** Cet article présente un projet industriel réalisé en 2010 et finalisé en 2011 ayant amené l'équipe pédagogique de BTS électrotechnique deuxième année à travailler en collaboration avec le GRETA du lycée horticole de Montreuil et le lycée professionnel de l'ENNA à Saint Denis. Les 3 étudiants chargés de ce projet ont ainsi pu être confrontés aux contraintes liées à une sous-traitance technique et une réalisation utilisant des énergies renouvelables.



### 1. Contexte et énoncé du besoin.

#### 1.1. Contexte :

Le secteur technique industriel du lycée Paul Eluard à Saint DENIS dispose d'un espace de circulation qui n'est pas mis en valeur. Les élèves qui circulent dans cette zone suivent des enseignements industriels électronique, électrotechnique, S option SI. Les murs sont aveugles et la lumière est fournie par des "SkyDomes" placés sur le toit.

L'idée d'améliorer le cadre dans lequel ces élèves passent la majeure partie de leurs enseignements semblait donc naturelle. Une décoration vivante et animée paraissait être une bonne idée en associant le côté décoration au côté respect de la nature. Le choix s'est donc porté vers un bassin associé à un mur végétal, le bassin procurant au mur végétal l'ambiance humide favorable au développement des plantes.

Enfin, ce projet est l'occasion d'installer un système réel utilisant des énergies renouvelables (photovoltaïque autonome) en adéquation avec les futures formations (STI2D) et évolutions du secteur électrotechnique.

#### 1.2. Présentation.

##### 1.2.1. Caractéristiques.

Le mur a une surface de 10 m<sup>2</sup> environ et le bassin a un volume de 2,5 m<sup>3</sup>.

L'alimentation en énergie est prioritairement photovoltaïque (autonomie l'été) avec secours par le réseau EDF monophasé.

##### 1.2.2. Automatisation.

- Mode manuel :

Permet de tester tous les actionneurs.

- Mode automatique :

Gestion avec programmation horaire :

- ✓ Filtrage de l'eau du bassin (volume total en 1 h).
- ✓ Animation cascade aux heures de pause.
- ✓ Arrosage des plantes. 10 min / h goutte-à-goutte ; hauteur max 4,5 m.
- ✓ Maintien du niveau d'eau pour compenser l'évaporation et la consommation des plantes.
- ✓ Eclairage du bassin et des plantes.

##### 1.2.3. Communication.

- Contrôle et commande par interface WEB.
- Gestion complémentaire des alarmes par GSM.

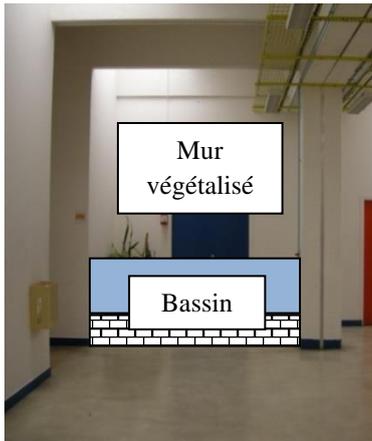
#### 1.3. Cahier des charges simplifié.

##### 1.3.1. Génie civil.

Le bassin est placé dans un coin du hall, sous un "SkyDome" utilisé comme évacuateur de fumées dont la commande devra être déplacée. Ce bassin sera empoissonné (carpes). L'eau d'arrosage des plantes sera

prise dans le bassin de façon à ce que les déjections des poissons et les résidus des plantes aquatiques fournissent les oligo-éléments nécessaires à la survie des plantes (pas d'engrais).

Le local technique, situé sous la partie horizontale du mur sera accessible via une double porte donnant dans la salle de préparation des professeurs de STI électrotechnique. Il contient la partie hydraulique (filtre, vannes et vidanges) ainsi que la partie photovoltaïque (batteries et régulateur). L'armoire de commande électrique sera fixée sur le mur dans la salle de préparation.



La partie génie civil (bassin, plomberie et supports du mur végétal) a été réalisée par notre chef des travaux.

### 1.3.2. Alimentation électrique.

Les armoires de distribution du bâtiment technique sont protégées par un disjoncteur associé à une bobine à manque de tension. Ainsi, lors d'une coupure du réseau EDF, il faut réenclencher manuellement les disjoncteurs. Si cela ne pose pas de gros problème lors de l'année scolaire, c'est beaucoup plus gênant lorsque le lycée est fermé en été et que les agents techniques sont en vacances. Il faut donc que le système soit autonome en énergie l'été. Les contraintes urbaines et du bâtiment imposent d'utiliser une source photovoltaïque. Pour limiter le coût de cette solution, il faudra optimiser les consommations et n'utiliser la source photovoltaïque que pour les actionneurs nécessaires à la survie des poissons et des plantes. Durant l'année scolaire, le bassin fonctionnera sur la source photovoltaïque et utilisera le réseau EDF monophasé en secours lorsque les batteries seront déchargées.

### 1.4. Contrôle et Interface Homme-Machine.

Le système sera commandé par un API. Par souci d'économie d'énergie, l'interface sera entièrement réalisée en accès web. Il faudra prévoir un accès en consultation pour tous les utilisateurs du lycée et un accès protégé par mot de passe pour le contrôle et la configuration du système. Pour des raisons de sécurité,

les responsables du réseau du lycée ne veulent pas autoriser une passerelle VPN (Virtual Personal Network) pour pouvoir prendre le contrôle du système depuis l'extérieur du lycée. Il faut donc que l'API soit doté d'une interface GSM pour pouvoir prévenir les personnels de maintenance et permettre le redémarrage du système à distance. Un interrupteur à 2 positions en façade de l'armoire de commande permettra de couper les actionneurs le temps d'une maintenance (filtre, pompes ...).

## 2. Choix technologiques principaux

### 2.1. Synoptiques.

Par souci d'optimisation des rendements de la chaîne de transmission de l'énergie, de respect des tensions de sécurité nous avons opté pour une alimentation principale en 24 VDC. La pompe de circulation immergée étant alimentée en 12 VDC.

Pour assurer une continuité d'alimentation de l'API durant le basculement des sources d'énergie, les 2 contacteurs sont fermés simultanément. Ainsi on ne peut pas mettre de verrouillage mécanique entre KM1 et KM2 (figure 1) car on risque une microcoupure lors du basculement des sources. Nous avons pallié à ce problème en insérant des diodes Schottky en série avec les sources pour permettre le fonctionnement en parallèle momentané sans risque pour l'alimentation ou le régulateur.

De plus le régulateur doit être équipé d'un contact pour prévenir l'API qu'il va bientôt couper l'alimentation photovoltaïque pour préserver les batteries. Ce contact permettra à l'API de lancer le basculement vers la source de secours avant toute perte d'énergie ou l'envoi d'un SMS d'alarme en cas d'absence du réseau EDF.

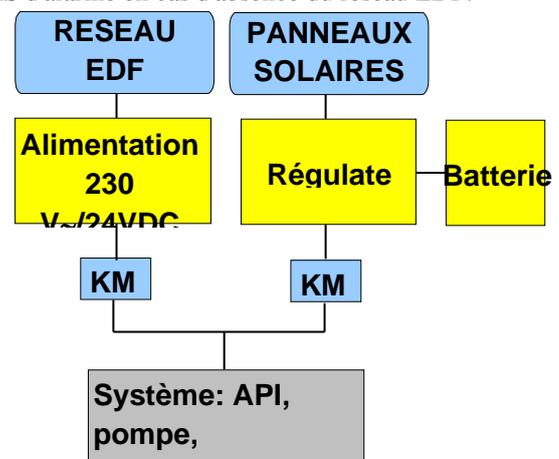


Figure 1 : synoptique énergétique

La tension en sortie du régulateur est celle des batteries. Elle n'est donc pas réglée à 24 V et peut monter jusqu'à 29,5 V. Il faut donc faire attention à ce que tous les éléments alimentés en 24 V puissent supporter cette tension de 29,5 V.

Le synoptique hydraulique (figure 2) montre qu'on doit utiliser une vanne 3 voies distributrice (1 entrée / 2 sorties) pour choisir le circuit filtrage ou le circuit cascade. Pour réduire très fortement la consommation, une vanne motorisée qui ne consomme que 3 W pendant le déplacement (30 s) a été préférée à une électrovanne équivalente qui doit être commandée pour rester dans une position donnée. En revanche pour la vanne de remplissage en eau potable, nous avons choisi une électrovanne NF car elle est très peu souvent commandée (moins d'une fois par jour en été).

La pompe de circulation et le filtre ont été surdimensionnés de façon à pouvoir réduire la durée de fonctionnement (20 minutes par heure) lorsque le système fonctionne sur la source photovoltaïque. Le surcoût est compensé par l'économie en énergie que cela génère par rapport à un ensemble dimensionné pour un bassin de 3000 litres.

Les pompes de filtrage ont une hauteur manométrique insuffisante pour les utiliser pour l'arrosage. Il faut donc une pompe volumétrique dédiée avec un faible débit mais une hauteur manométrique suffisante.

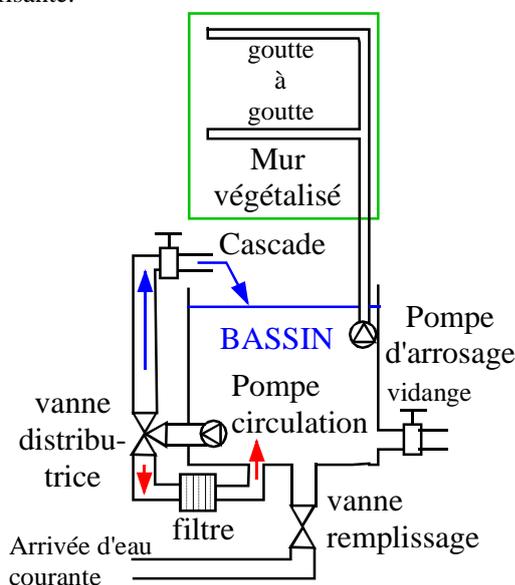


Figure 2 : synoptique hydraulique.

Le synoptique de commande (figure 3) montre que toutes les entrées et les sorties sont de type TOR.

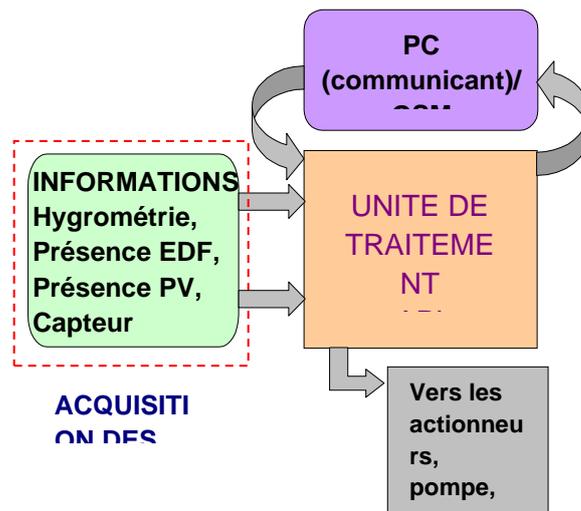


Figure 3 : synoptique de commande.

## 2.2. API

L'API doit être doté d'interfaces WEB et GSM (SMS) et d'une horloge pour permettre la programmation horaire des animations et des arrosages. Nous avons choisi un API ICL150-GSM/GPRS associé à une extension I/O TOR de marque Phoenix Contact pour son excellent rapport fonctions/prix. Le logiciel de programmation associé supporte les langages GRAFCET, logigrammes et évolué (norme IEC61131-3). Le logiciel de programmation de l'interface WEB est fourni avec des macro-commandes correspondant aux utilisations courantes (appel de page sur événement, utilisation d'un mot de passe, ...).

## 2.3. Alimentation photovoltaïque.

Les étudiants ont déterminé les éléments vitaux pour le mur végétal et les poissons (API, arrosage, pompe de circulation, vanne 3 voies distributrice, électrovanne de remplissage,...). Ces éléments ont été choisis de façon à minimiser les énergies consommées. La puissance maximale totale de ces composants ne dépasse pas 160 W. Ils ont ensuite fait un bilan journalier des besoins énergétiques de ces éléments en tenant compte de leur durée de fonctionnement et des données constructeur : 1250 Wh/j. Il est à noter que la durée de fonctionnement est un critère fondamental : en effet, après la pompe de circulation, le composant qui consomme le plus d'énergie est l'API qui n'absorbe que 12 W selon le constructeur mais 24h/24 ! Les panneaux sont orientés plein Sud. Nous avons ensuite fait un relevé du masque sur le toit du bâtiment. Un étudiant a ensuite utilisé le site Calsol pour choisir la puissance des panneaux solaires et les batteries en gardant en tête les contraintes budgétaires : le choix s'est arrêté sur 6 panneaux 12 V poly-cristallins de 135 Wc associés en 3 "strings" de 24 V et quatre batteries 12 V/205 Ah plomb-acide. Cette

technologie de batterie est de loin la moins chère même en limitant la décharge à 30% pour optimiser sa durée de vie. Dans ces conditions, le système a une autonomie de 2,5 jours en fonctionnant à 100 % sur les batteries. C'est inférieur à la norme admise (5 j) mais la simulation Calsol montre que, l'été, les panneaux sont en moyenne capables de fournir l'énergie au système tout en rechargeant les batteries. Nous étions d'autre part limités par le coût et le faible volume disponible dans le local technique et nous pouvons privilégier l'autonomie l'été en réglant à 30° l'inclinaison des supports des panneaux photovoltaïques.

Le choix du régulateur a été plus difficile car il fallait un régulateur configurable suivant la technologie des batteries et capable de donner des informations sur l'état de leur charge et sur les transferts d'énergie (dans un but pédagogique). Il fallait aussi qu'il soit doté d'un contact d'alarme pour gérer le basculement de source. Or cette dernière fonction semble réservée aux régulateurs très chers à usage industriel pour des champs de panneaux. Nous avons finalement opté pour la gamme TAROM du constructeur allemand STECA. La gamme TAROM n'a plus de contact d'alarme mais elle peut être associée à un relais programmable PA15 qui peut être commandé en fonction du niveau de charge des batteries. Elle est aussi dotée d'un afficheur fournissant de nombreuses informations (niveau de charge des batteries, courants etc.). Elle peut être associée à toute une gamme d'accessoires, notamment des shunts et des enregistreurs de données (éventuellement Ethernet) qui la rendent très flexible et intéressante pour une utilisation pédagogique.

Les étudiants ont défini avec les enseignants la structure et les plans des supports des panneaux photovoltaïques. Comme le toit est assez encombré nous avons opté pour 3 supports en acier réglables en inclinaison (30, 35, 40 et 45 °) sur lesquels seront fixés 2 panneaux réalisant une "String" 24 V. La réalisation des supports de panneaux a été sous-traitée à la section OBMVMS (ouvrages du bâtiment métallerie verre et matériaux de synthèse) du lycée d'Application de L'ENNA de Saint Denis.

#### 2.4. Sous-traitance de la partie horticole.

Nos recherches sur Internet nous ont rapidement montré que la réalisation d'un mur végétal n'était pas un travail d'amateur. Le chef des travaux a donc contacté l'équipe du lycée horticole de Montreuil pour qu'elle nous donne des conseils sur la réalisation du mur (structure, arrosage goutte-à-goutte et durées d'arrosage, support en feutre et réalisation des poches). Nous avons décidé d'intégrer notre projet dans la formation

du GRETA en sous-traitant la réalisation du mur, le choix et l'implantation des plantes à des étudiants en CAP Agricole ; cette réalisation constituant l'épreuve pratique de leur diplôme. Ils fournissent la main d'œuvre gratuitement et notre lycée finance les plantes et le matériel.

La réalisation du mur végétal a duré 3 jours à 10 personnes. Il a fallu intégrer leur intervention dans le planning de réalisation du projet. Le chef des travaux a assuré la coordination en contactant à plusieurs reprises le chargé de la formation du GRETA au fur et à mesure de la réalisation de la structure du mur pour valider nos choix.

### 3. Plannings prévisionnels et réels.

L'idée du projet a été donnée par notre chef des travaux en mars 2009 et notre proviseur a accepté de le financer. Nous avons contacté l'ingénieur de la région Ile de France chargé des lycées pour obtenir les contraintes et les autorisations pour la réalisation du mur et du bassin.

Ensuite, en décembre 2009 et janvier 2010, nous avons contacté les fournisseurs, choisi et commandé les matériels principaux.

Les étudiants ont eu beaucoup de difficultés pour établir le planning prévisionnel du projet car il fallait tenir compte des contraintes des différents intervenants et ils manquaient d'expérience pour évaluer certaines durées de réalisation.

Ce planning prévisionnel n'a pu être respecté car :

- Certains matériels sont arrivés en retard (alimentation 230/24V, supports de PV ...)
- L'expertise de la dalle du bâtiment a retardé de 2 semaines le début des travaux de génie civil qui de plus ont duré plus de temps que prévu.
- La prise en main des logiciels de programmation API et interface web a été plus longue que prévu (problème de licence inadéquate pour le serveur web, limites logicielles de la série ICL 150 mal renseignées dans la documentation et fonctions SMS difficiles à mettre en œuvre par manque de documentation).

Ces différents retards ne nous ont pas permis de valider le cahier des charges complet et seul le fonctionnement sur réseau EDF a été réalisé.

#### 4. Réalisation et solutions adoptées.

##### 4.1. Génie civil.



Figure 4 : structure du système

Notre chef des travaux a réalisé toute la partie génie civil (réalisation du bassin et étanchéité, pose des tasseaux et du placoplâtre hydrofuge) pour recevoir la structure du mur végétal.

##### 4.2. Réalisation du mur.



Figure 5 : Installation du mur.

Les plantes sont installées en fonction de leurs besoins en lumière. Ce sont principalement des plantes vertes. Les étudiants du GRETA et l'enseignant qui les encadrait utilisaient un logiciel pour placer les plantes en fonction de leurs caractéristiques et de leurs besoins en lumière et en eau. La grande taille du mur impose 2 lignes horizontales d'arrosage. Comme le "SkyDomes" est décalé sur le coin du mur, les étudiants du GRETA nous ont signalé qu'il faudrait prévoir un éclairage d'appoint pour la partie droite du mur. Une gouttière est installée en bas du feutre pour récupérer les eaux de ruissellement et les renvoyer vers le bassin. Un velum fixé entre la cloison de polycarbonate et les plaques de plâtre recouvre la partie horizontale du bassin assure l'étanchéité du local technique.



Figure 6 : bassin terminé et empoissonné.

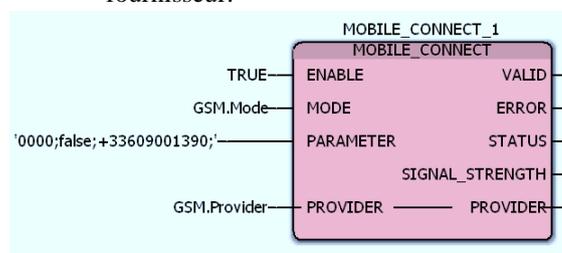
Sur la photographie de droite, on peut noter que la partie sous le "SkyDomes" s'est fortement développée. Certaines plantes n'ont pas survécu suite à un défaut d'arrosage et la partie droite manque de lumière. Le collègue du lycée horticole a dû revenir pour percer d'autres trous dans le tuyau de goutte-à-goutte. Il semble que ces difficultés soient courantes dans les murs végétaux.

##### 4.3. Programmation API.

La partie programmation sous PCWORX ne présente pas de difficulté particulière car c'est de la gestion d'entrées/sorties TOR et la possibilité de mixer les langages de programmation simplifie la tâche.

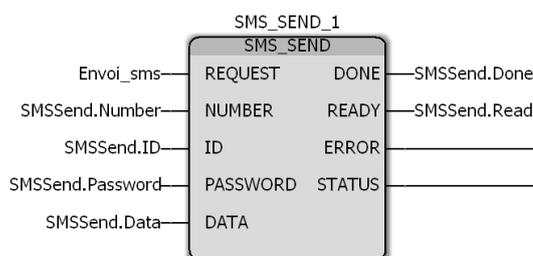
La partie plus délicate est la gestion du GSM. Il faut utiliser 3 blocs fonctionnels :

- Bloc de déclaration et de configuration du fournisseur.

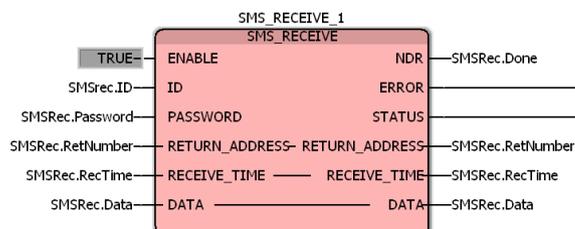


En France, il n'y a aujourd'hui que 3 fournisseurs GSM. Pour envoyer ou recevoir un SMS, il faut paramétrer le numéro correspondant au fournisseur de la carte SIM et son code PIN.

- Blocs d'envoi et de réception de SMS.



SMSSend.Number est le numéro de téléphone à appeler et SMSSend.Data est le message.



SMSRetNumber est le numéro de l'appelant. SMSRec.Data est le message sous forme de chaîne de caractères.

Sur un événement (alarme) l'API envoie un SMS au numéro prédéfini. L'API peut recevoir un SMS, et par comparaison à une chaîne de caractères, réalise

l'action demandée. En cas de réussite, il peut envoyer un accusé de réception.

#### 4.4. Interface web.

La bibliothèque livrée avec le logiciel WEBVISIT n'est pas très développée mais elle s'étoffe au fur et à mesure des années. On peut développer ses propres éléments et utiliser des GIF animés pour les rendre plus agréables.

La figure 7, montre le synoptique du système accessible à tous. Il est animé suivant les actionneurs activés.

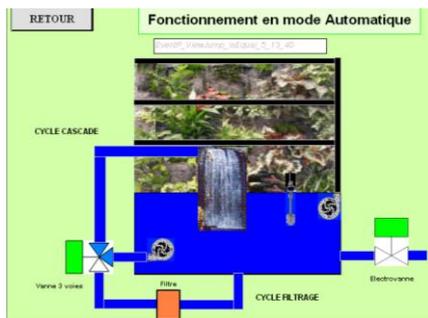


Figure 7 : synoptique animé du système.

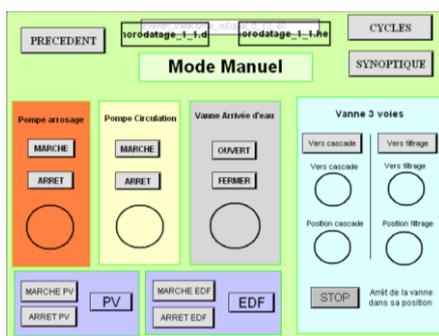


Figure 8 : écran mode manuel.

L'interface web permet tout ce qu'on peut réaliser avec un écran tactile (boutons "settés" ou impulsions, entrées de données, afficheurs et voyants...). Il faut simplement garder à l'esprit pour la synchronisation des écrans que lorsque l'on tape l'adresse IP de l'API, on se retrouve toujours dans la page d'accueil du système. On ne peut pas lier l'affichage d'un écran à une case du GEMMA par exemple. Il faut donc faire attention à ce que seules les personnes autorisées puissent accéder au mode manuel et au paramétrage.

D'autre part le navigateur web doit être équipé de JAVA.

## 5. Evolutions en 2011.

Le projet a été reconduit pour 5 étudiants en 2011 pour être finalisé : 3 refont l'armoire de commande et 2 une armoire provisoire (qui servir de secours) ne

fonctionnant que sur le réseau EDF et utilisant un automate Crouzet Millénium. La partie photovoltaïque est terminée et on ajoute un enregistreur de données STECA TARCOM, relié en réseau propriétaire avec le régulateur TAROM et interrogeable via intranet. Il peut stocker une année de mesures suivant sa programmation (fréquence d'échantillonnage). Il permet à toute personne du lycée d'avoir un accès à des mesures (transferts d'énergie, charge des batteries et rendements) sur la partie photovoltaïque et donc de faire des T.P. ou des études de cas sur un système réel. L'interface web a été revue de façon à garantir que personne ne puisse activer le mode manuel ou le mode automatique sans entrer un mot de passe et l'interface GSM est fonctionnelle.

Certaines plantes ont mal passé l'hiver et ont été remplacées soit parce que leurs besoins en eau étaient différents des autres plantes, soit parce qu'elles manquaient de lumière naturelle. C'est pourquoi les étudiants chargés du projet ont choisi des luminaires dédiés aux plantes.

## 6. Tests du système et de la source photovoltaïque

Les beaux jours de la fin du mois de mai 2011 et ceux plus nuageux et pluvieux du début du mois de juin nous ont permis de tester le système alimenté en priorité par la source photovoltaïque.

Nous avons modifié le programme pour que la pompe de circulation et les contacteurs KM1 et KM2 soient en fonctionnement 24h/24. Les diodes Schottky et la tension en sortie du régulateur supérieure à 24 V assurent une alimentation prioritaire par la source photovoltaïque. Le système ainsi modifié a une autonomie sur batteries réduite à un peu moins de 24h.

Figure 9 et 10 : I mod est le courant fourni par les panneaux solaires ; I out, celui fourni par le régulateur à l'armoire de commande ; I total, le courant de charge des batteries ; U, la tension aux bornes des batteries et donc en sortie du régulateur ; SOC est le niveau de charge des batteries exprimé en %.

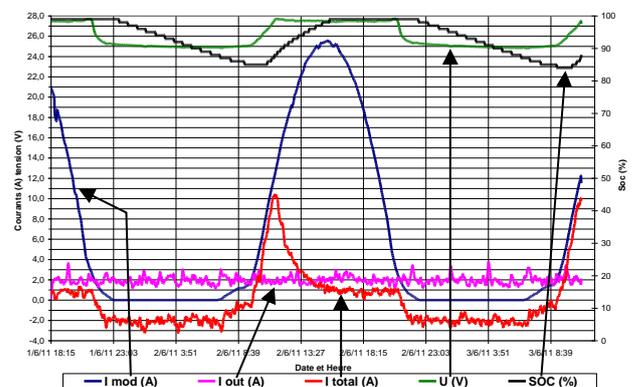


Figure 9 : test sur une journée ensoleillée.

On peut noter que la courbe de  $I_{mod}$  est très régulière en l'absence de nuages. Le courant de charge des batteries est élevé en début de charge puis réduit progressivement pour passer en charge d'entretien quand le SOC atteint 99%. Il devient naturellement négatif quand le courant  $I_{mod}$  devient insuffisant pour alimenter le système. La tension augmente en début de charge car le régulateur réalise une charge rapide si l'énergie disponible aux panneaux solaires le permet. Une nuit de fonctionnement ne suffit pas à amener le régulateur à son seuil (SOC = 70%) de coupure d'alimentation de la charge. Comme prévu avec le logiciel Calsol, une grosse partie du courant fourni par les panneaux dans une journée ensoleillée n'est pas utilisée faute de capacité de stockage.

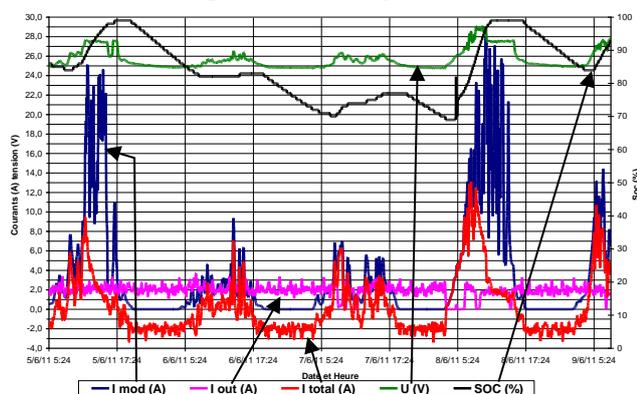


Figure 10 : test sur 5 journées nuageuses.

Lors des 2 jours les plus nuageux, le courant fourni par les panneaux a tout juste été suffisant pour alimenter le système et conserver le niveau de charge des batteries. Ainsi, le régulateur a dû couper l'alimentation pour les préserver (SOC < 70%). On peut noter un dysfonctionnement du régulateur puisqu'il a recommencé à alimenter l'armoire lorsque le SOC a atteint 75% alors qu'il était programmé pour reconnecter la charge pour un SOC de 90%. Ce dysfonctionnement va nous obliger à retourner le régulateur au S.A.V. STECA.

## 7. Conclusion.

Ce projet a été très motivant pour l'équipe enseignante du BTS et pour les étudiants qui en ont été chargés. Il est intéressant et moins coûteux de faire appel aux compétences et matériels de collègues d'autres établissements dont les formations sont souvent complémentaires. Mais le fait de sous-traiter à des élèves peut avoir des inconvénients : les supports de panneaux ont des petits défauts de réalisation. Il faut bien sûr une bonne entente et des contacts réguliers pour que tout se passe bien. Notre chef des travaux a été d'une grande aide à ce niveau.

Même si le budget initial a été dépassé notamment à cause du coût de l'expertise de la dalle, l'investissement reste inférieur à celui d'un système didactisé photovoltaïque du commerce qui nécessite d'être sorti du bâtiment pour effectuer des mesures correctes.

D'autre part, ce bassin a changé l'ambiance du hall du bâtiment technique et il faut dire que, mis à part quelques tentatives de pêche infructueuses de la part d'élèves, le bassin et le mur sont bien respectés et constituent un point d'attraction vers les sections techniques. Enfin, ce système a bien été assimilé par l'ensemble des formations puisque des terminales S option SI l'utilisent comme support de projet et doivent réaliser un système automatique d'alimentation des poissons.

Dans le cadre du projet académique sur les énergies renouvelables, le système a été présenté par les étudiants de la promotion 2011 à M. William MAROIS, recteur de l'académie de Créteil. Ils ont été fiers de voir leur travail reconnu et apprécié.

Les étudiants chargés du projet ont pris conscience des contraintes liées à une sous-traitance technique et notamment les retards et changements de planning que cela peut induire. De plus ils ont été confrontés à l'investissement conséquent que représente une autonomie en énergie renouvelable (investissement qui ne sera jamais amorti vu la durée de vie des batteries). Ils ont compris la problématique du stockage de l'énergie électrique. Ils ont été désarçonnés au début par le dimensionnement en énergie qui amène à privilégier des solutions à haute efficacité énergétique même si le surcoût paraît important de prime abord. La démarche qui consiste à essayer d'économiser quelques Wattheures pour gagner sur la partie photovoltaïque est surprenante pour des étudiants habitués à considérer qu'en dessous d'un kilowatt l'investissement en économie d'énergie n'est pas rentable.

Une autre difficulté importante à laquelle ils ont été confronté est l'utilisation d'un API et de logiciels associés différents (très) de ceux qu'ils ont vu en formation initiale même si la programmation était en principe assez simple (pas d'asservissements et entrées/sorties de type TOR). C'est malheureusement une difficulté que l'on rencontre de plus en plus avec les projets industriels et qui rend plus ardue la formation des étudiants sur les automatismes programmables.

# Rénovation de l'installation de chauffage de l'école communale Emile Blanchet

Jean-Marc BOREL ; Pierre CHOFFARDET ; Pascal PANNI

LPR VOILLAUME, 136 route de Mitry  
93600 Aulnay-Sous-Bois

**Résumé :** *La collaboration avec les collectivités territoriales, est une source de projets pour nos sections de BTS électrotechnique. Nous présenterons ici, à travers un cas d'école la richesse de ces projets, tant en génie électrique, qu'en sciences appliquées*

## 1. Introduction

Trouver des entreprises désirant mener des projets industriels en collaboration avec nos BTS électrotechniques n'est pas toujours simple. Le tissu des entreprises de région parisienne est largement orienté vers le service alors que le nombre de sections de BTS est relativement important. Ce n'est pas le cas des villes, qui sont de toutes tailles et très nombreuses.

Depuis trois ans maintenant, nous réalisons des projets pour des collectivités, la gestion de ces projets est assez différente de ce que nous faisons avec des entreprises du secteur privé. Les domaines abordés sont variés : éclairage public, CVC (Chauffage Ventilation Climatisation), gestion technique des bâtiments.

Cet article présentera la démarche de projet industriel en collaboration avec une collectivité, puis quelques-unes des notions techniques abordées dans ces projets et nous terminerons par la présentation des retombées pédagogiques de ces projets.

## 2. La démarche de projet

Lors de nos recherches de projets, avec les collectivités, nous insistons sur plusieurs aspects qui sont favorablement accueillis (économies d'énergie, confort, cout, rénovation d'installation, compétences, GTC, formation des jeunes). Ces projets ont bien évidemment leurs contraintes (gestion des commandes, limitation de la prestation, compétences techniques dans la ville). Ces différents éléments nous amènent donc à signer un acte d'engagement précis.

### 2.1. Les arguments

L'aspect économie d'énergie est particulièrement bien reçu dans les petites collectivités, ou les ressources sont contraintes. Dans les grandes villes, cet aspect est moins important. En effet, la rénovation de la chaufferie du groupe scolaire de Pomponne (77) qui représente 80 % de la consommation de gaz de la ville aura un impact bien plus important sur les finances de la ville

que celle du groupe scolaire Jean Jaurès de la ville de Drancy qui possède 90 autres chaufferies.

L'amélioration du confort est par contre toujours appréciée, d'autant que le sujet est toujours sensible avec les utilisateurs. L'amélioration du confort est obtenue par la prise en compte des apports gratuits liés au soleil ou aux occupants eux-mêmes. Le chauffage se réduit ou se coupe évitant (ou limitant) ainsi une régulation par l'ouverture des fenêtres lors des belles journées ensoleillées d'hiver.

Le cout du projet est important, surtout pour les petites villes, ce cout est divisé par trois environ (comparaison avec une prestation équivalente réalisée par une entreprise)

L'état des installations peut être très différent. Les grandes villes passent souvent par un prestataire qui les entretient, les répare et les modernise. Par contre, dans les petites villes, il est fréquent de trouver des chaufferies quasiment laissées à l'abandon (régulateur arraché, commandes shuntées, fonctionnement confort continu...) L'artisan fait ce qu'il peut avec ses moyens techniques et ceux donnés par la commune.

L'installation d'une GTC est particulièrement appréciée dans les petites villes, qui accèdent ainsi à des technologies qu'elles croyaient réservées au "grands" par contre c'est incontournable pour les grandes villes.

Nous devons évidemment mettre en avant nos réalisations précédentes, éventuellement organiser des visites, des démonstrations des GTC, mais la présence d'un support technique extérieur au lycée est très importante. MM GALLOIS et BARTOLY ingénieurs chez SIEMENS assurent ce support sur le matériel CVC, ils participent aux revues de projet, ce qui est très apprécié, tant par les élèves que par les collectivités

Enfin, tous nos interlocuteurs ont été très sensibles au côté formation des jeunes, participation à leur insertion professionnelle en leur offrant des sujets de projets, la possibilité de travailler sur des matériels performants.

## 2.2. Les contraintes

Travailler avec des collectivités comporte aussi des contraintes.

Si le projet est considéré comme un investissement, son budget doit être voté et donc anticipé presque un an avant sa réalisation.

Dans les petites collectivités, les moyens en personnel sont limités, il doit y avoir nécessairement un transfert de compétences il faut donc absolument rédiger des notices détaillées d'utilisation des systèmes installés.

Comme dans tout projet industriel, la gestion des commandes n'est pas simple :

Envoi de la liste du matériel à commander, réalisation de marché ou plusieurs devis, réception du matériel dans la collectivité, puis transfert du matériel au lycée. Il faut avoir du stock au lycée et poursuivre les commandes au-delà de la réalisation du projet afin de reconstituer les stocks lycée (c'est précisé dans l'acte d'engagement).

## 2.3. L'acte d'engagement

Enfin, lors de la discussion du projet, nous insistons sur deux points :

La date de livraison du système pleinement fonctionnel ne peut être garantie. Il faut envisager que des élèves ne mènent pas leur travail à terme (démission, déménagement, maladie, non-investissement). Dans ce cas, le projet serait reconduit l'année suivante si la collectivité le désire, le matériel restant sa propriété bien évidemment. Ce point ne pose pas de problème, il est parfaitement admis qu'on ne peut payer un système au tiers de son prix sans prendre quelques risques.

Le périmètre d'intervention. Quel est le rôle de chacun des contractants ?

Nous pensons que les fixations mécaniques (armoire, chemin de câble) ainsi que les poses de sondes et les passages de câble sont du ressort de la collectivité.

Enfin, notre prestation s'arrête à la mise en service du système CVC.

Après le raccordement de l'armoire, nous effectuons une série de tests de qualification qui sont définis dans le cahier des charges. Ces tests nous assurent que tous les organes sont correctement raccordés (du bloc logique du régulateur aux organes).

L'exploitation et l'optimisation (affiner les courbes de chauffe, adapter les plages horaires) sont du ressort de la ville ou de son exploitant. Ces réglages demandent des compétences et du temps. Nous proposons une société qui peut réaliser cette prestation.

Concrètement, un document d'engagement, cosigné par la collectivité et le lycée précise clairement ces points. Le document précise également le cout du projet et un cahier des charges sommaire.

## 2.4. Conclusion

Les collectivités nous offrent de nombreuses opportunités de projets dans le domaine du CVC, mais également dans la gestion des bâtiments (GTB) ou de l'éclairage public. Nous n'avons jusqu'à présent essayé aucun refus, au contraire, nous refusons des projets et limitons nos prospections afin de travailler plusieurs années avec les mêmes interlocuteurs. Ainsi depuis trois ans, nous avons réalisé 4 projets sur la ville de Dampmart, et un sur la ville de Drancy, pour la session 2012, ce sont les villes de Pomponne et Aulnay-Sous-Bois qui nous font confiance... L'implication des responsables des services techniques et des élus a toujours été remarquable par leur présence aux différents CCF. Les élèves sont très motivés par la réalisation de ces projets et nous leur ouvrons des perspectives de travail dans le CVC qui manque cruellement de main-d'œuvre qualifiée. Plusieurs de nos élèves ont décidé suite à ces projets de poursuivre leurs études en spécialisation génie climatique.

Enfin, d'un point de vue éthique, les économies réalisées, tant sur le cout du projet que sur les consommations d'énergies, sont utilisées par ces villes pour bénéficier à leurs administrés des baisses d'impôts, ou de nouveaux services. C'est un juste retour des choses, car ce sont aussi les contribuables qui financent les études de nos élèves...

## 3. Le projet École Émile Blanchet



Figure 1 : Ecole Emile blanchet

### 3.1. L'existant

Le premier projet de ce type réalisé, concerne la rénovation d'une installation de chauffage au gaz de l'école élémentaire Émile Blanchet de la Ville de Dampmart (1 200 m<sup>2</sup>).

L'installation (Figure 2) est à bout de souffle, plusieurs technologies se côtoient suite à l'agrandissement de l'école, à des interventions sur l'école.

Les deux chaudières de 150 kW sont assez récentes (1995) et de bonne qualité. Elles sont gérées par une régulation de type VIELSMANN qui donne de nombreux signes de fatigue (boutons bloqués, écrans LCD noirs), mais cela reste en état de fonctionnement minimum.

La chaleur est distribuée dans quatre réseaux. Deux de ces réseaux sont gérés par un régulateur Honeywell des années 80. Son fonctionnement pose problème, car il ne mémorise plus ses réglages, il perd tous ses réglages à la moindre coupure de courant. Un autre réseau est géré par un régulateur Landis & Gyr RVL46 des années 80 et le dernier réseau est géré par un régulateur SIEMENS récent.

Il y a quatre horloges pour gérer l'ensemble, aucune communication entre les régulateurs des réseaux et les chaudières. Le système de chauffage est en position confort continue. Il n'y a pas de sondes d'ambiance, pas de GTC.

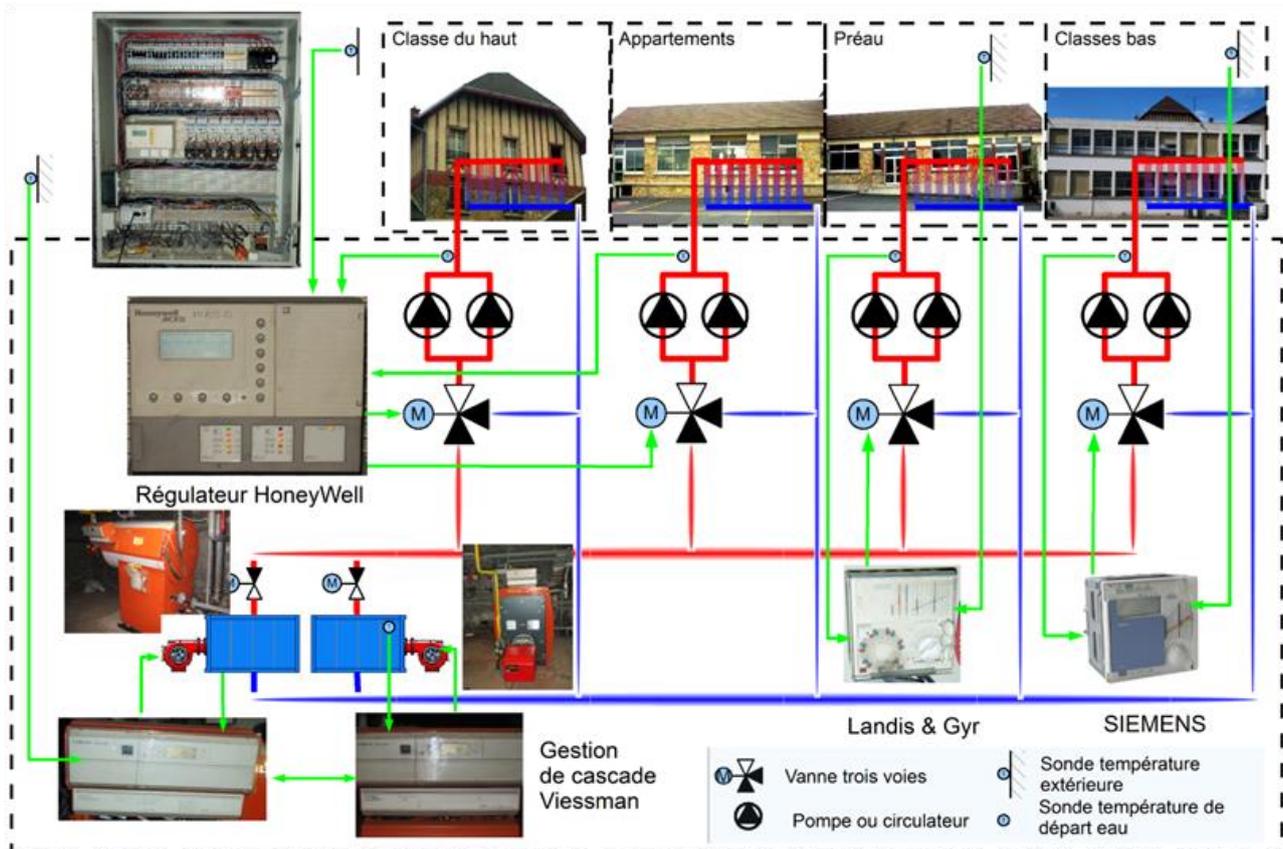


Figure 2 : Installation existante à l'école Émile Blanchet

### 3.2. Projets réalisés sur le site

L'enjeu du projet est donc simple : rénover, améliorer et simplifier l'installation de gestion du chauffage de l'école élémentaire. Transférer les compétences nécessaires à l'exploitation de la future installation.

Nous avons remplacé l'ensemble de cette installation en utilisant du matériel SIEMENS SYNCO700. Cette

gamme de matériel est communicante au standard KNX et offre des possibilités de GTC. Un premier projet a permis d'installer un système gérant les 4 réseaux ainsi qu'une gestion partielle des chaudières. L'année suivante, un second projet a complété l'installation par une gestion complète de la cascade de chaudières (gestion des chaudières directement sur le brûleur).

Nous avons souhaité présenter ici les spécificités des matériels utilisés ainsi que leur mise en œuvre. Il nous a également semblé important de présenter la partie communication

#### 4. Choix et mise en service du matériel de régulation

Pour notre première réalisation, nous recherchions du matériel simple de mise en œuvre, permettant l'installation d'une GTC. Notre choix s'est donc naturellement tourné vers l'utilisation de régulateurs dédiés plutôt que d'automates. Pour la partie GTC, la simplicité de mise en œuvre était également un critère important. Nous avons finalement choisi la gamme de régulateurs SYNCO 700 de siemens. Ces régulateurs sont communicant à la norme KNX, ils permettent de gérer tout type d'installation CVC (Chauffage, Traitement de l'air, Cascades de chaudières). La partie GTC est on ne peut plus simple, une fois la centrale de communication reliée au bus KNX, en un clic, elle analyse les différents appareils présents sur le bus KNX et construit les pages web en conséquence. Il est possible de compléter la GTC en ajoutant des schémas et par glisser-déposer des points de mesure.

##### 4.1. La gamme SYNCO 700

Cette série de régulateurs est articulée autour de quelques produits :

**RMH760B** : régulateur de chauffage. Il permet la gestion d'une chaudière, de trois zones de chauffage, de la production d'eau chaude sanitaire (ECS) et de divers éléments de gestion (comptage, défauts divers)

**RMK770** gestion d'une cascade de chaudière, pouvant comporter jusqu'à six chaudières, une zone de chauffage et production ECS.

**RMU710B, 720B et 730B** régulateurs de gestion de CTA comportant une, deux ou trois boucles de régulation.

**RMS705B** régulateur universel comportant différents blocs tels que des régulateurs PI, des blocs fonctions logique, de calcul, de gestion de groupe de moteur, de permutation, etc.

**OZW772 ou 775**, centrale de communication pour la GTC.

Notre cahier des charges imposait la gestion de quatre zones de chauffage, servies par deux chaudières en cascade. Nous avons choisi les matériels suivants :

Un RMH760B, pour les trois zones de l'école

Un RMK770 pour la cascade de chaudière et la zone appartements

Un OZW772 pour la GTC.

On se contentera de détailler ici la mise en service du régulateur RMH760B.

#### 4.2. Régulateur RMH760B

##### 4.2.1. Principe

Chaque régulateur possède un grand nombre de blocs fonction (cf. figure 8 pour l'ensemble des blocs fonction du RMH760B) ici, un circuit de chauffage.

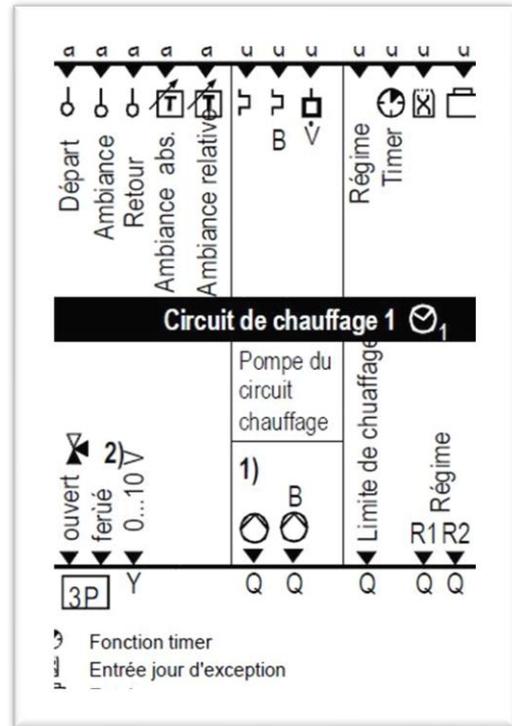


Figure 3 : Bloc circuit de chauffage

Il y a dans ce régulateur, trois circuits de chauffage. Ils sont associés au schéma hydraulique suivant :

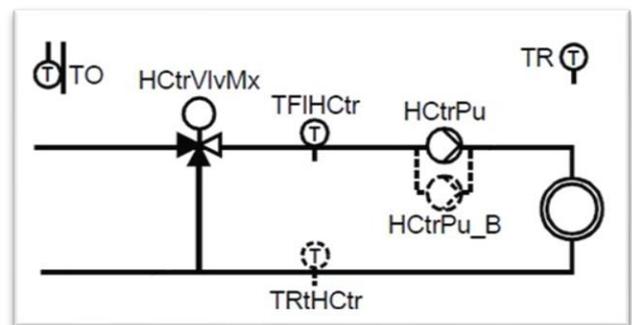


Figure 4 : schéma hydraulique type d'un circuit de chauffage

TFIHctr	température de départ
TRtHctr	température de retour
TR	température ambiante
TO	température extérieure
HCtrPu	pompe du circuit de chauffage
HCtrPu_B	pompe du circuit de chauffage B
HCtrVIMx	vanne de mélange

#### 4.2.2. Les Entrées

- Température de départ, de retour et d'ambiance.
- Consigne d'ambiance absolue ou relative.
- Deux retours de défaut pompe, validation de débit.
- Prescription de régime, dérogation au régime d'ambiance, jour d'exception, régime vacance.

#### 4.2.3. Les sorties

- Vanne de mélange trois points ou 0-10V.
- Commande de la pompe principale ou de la pompe B.
- Relais de limite de chauffage ou d'indication du régime d'ambiance.

On n'est pas obligé d'utiliser toutes ces entrées-sorties, leur grand nombre permet d'adapter le régulateur à l'existant. On peut, par exemple ne pas utiliser de sonde d'ambiance, ni de retour de température et avoir une seule pompe. N'utiliser pour les régimes de fonctionnement (confort – préconfort – économie – hors gel) que les calendriers proposés par le régulateur.

#### 4.2.4. La terminologie SIEMENS :

Les entrées '**a**' sont de type analogique (active 0-10V, ou passive LG-NI 1000 ou 2x LG-NI1000, ou PT1000)

Les entrées '**d**' sont des entrées TOR à contact sec, de retour à la masse uniquement.

Les entrées '**i**' sont des entrées front montant.

Les sorties '**Q**' sont des sorties contact sec 3 A 250V max.

Les sorties '**3P**' sont utilisées pour le positionnement de servomoteurs, elles sont obtenues par l'association de deux sorties '**Q**'.

Les sorties '**Y**' sont des sorties 0-10V

#### 4.3. La démarche

Le travail consiste donc à traduire le cahier des charges en une utilisation des régulateurs appropriés, puis des blocs utilisés dans ces régulateurs,

Un bilan des E/S des entrées sorties est alors nécessaire pour le choix des modules d'extension d'E/S des régulateurs.

Il faut ensuite réaliser les diagrammes de mise en service des régulateurs, puis les schémas électriques.

Un test de câblage est réalisé au lycée puis sur le site.

Les boucles de régulations sont alors déterminées par des relevés sur site.

Enfin, la partie communication est activée.

#### 4.4. Le diagramme de mise en service

Dans notre cas, pour un circuit de chauffage, nous avons besoin de :

- Une entrée température de départ
- Une entrée température de retour
- Une entrée température ambiante
- deux sorties et deux entrées de défaut de pompe pour gérer le groupe de pompes jumelles,
- Une sortie commande de vanne trois points
- Une dérogation au régime d'ambiance (timer)
- Une indication du régime d'ambiance.

Soit 3 entrées de type '**a**', 3 entrées de type '**d**' et 5 sorties de type '**Q**'.

Au total, pour les trois zones, il faut multiplier ces besoins par trois !

Le régulateur RMH760, possède 6 entrées universelles ('**a**', '**d**' ou '**i**') 5 sorties de type '**Q**', dont deux antiparasitées pour la commande de servomoteur de vanne-mélangeuse.

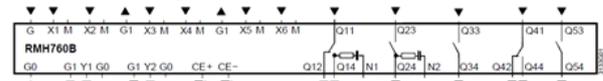


Figure 5 : Régulateur de chauffage RMH760B

Il faut donc adjoindre à ce régulateur, des modules d'extension d'entrées sorties. On peut ajouter jusqu'à 4 modules d'extension, pour un total de 26 entrées x, 22 sorties Q et 7 sorties Y.

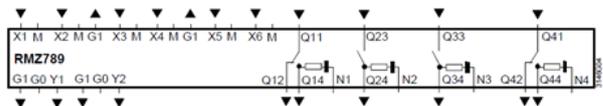


Figure 6 : module d'extension RMZ789 (6 E / 4 S)

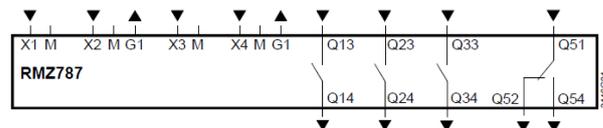


Figure 7 : Module d'extension RMZ787 (4 E / 4 S)

Une fois ce choix fait, il faut compléter le diagramme figure 8 qui sera la base de la réalisation des schémas électrique de l'installation.

Dans ce diagramme, on trouve également

Sur le bloc compteur :

- Un comptage gaz.
- Un comptage du volume des condensats.

Sur le bloc défauts :

- Une alarme débordement de cuve des condensats.

Et aussi

- Une entrée température extérieure.
- Une sortie relais de température extérieure.



## 5. Réglage d'une boucle de régulation de vanne-mélangeuse

### 5.1. Introduction

La vanne trois voies effectue un mélange entre l'eau revenant du circuit de chauffage et l'eau issue de la chaudière.



Figure 9 : Principe d'une vanne trois voies

Les proportions sont réglées par la position de la vanne pilotée par un servomoteur entre 0 et 100% d'ouverture (figure 9&10), de sorte qu'en sortie de vanne on ait :

$$\theta = x.\theta_{chaudière} + (1-x)\theta_{retour}$$

C'est-à-dire

$$\Delta\theta = \Delta x.(\theta_{chaudière} - \theta_{retour})$$

Le gain statique de la vanne peut alors être exprimé par  $k = \theta_{chaudière} - \theta_{retour}$ , soit environ 60 K dans notre cas. Il faut préciser que la température de retour  $\theta_{retour}$  varie plus de 10 minutes après une modification de la température de départ  $\theta$ . Aussi la considérerons-nous comme constante par rapport au temps de réaction de la boucle d'asservissement.

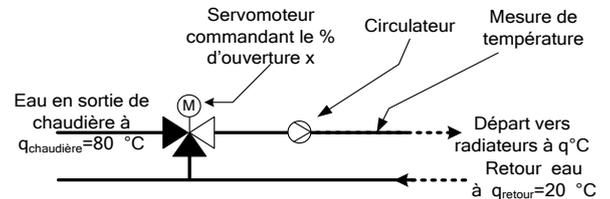


Figure 10 : Principe d'une vanne trois voies

La régulation de cette vanne permettant d'obtenir une variation de la température de sortie conforme à celle de la consigne, passe nécessairement par une identification précise du système, que l'on peut schématiser par la boucle de la figure 11.

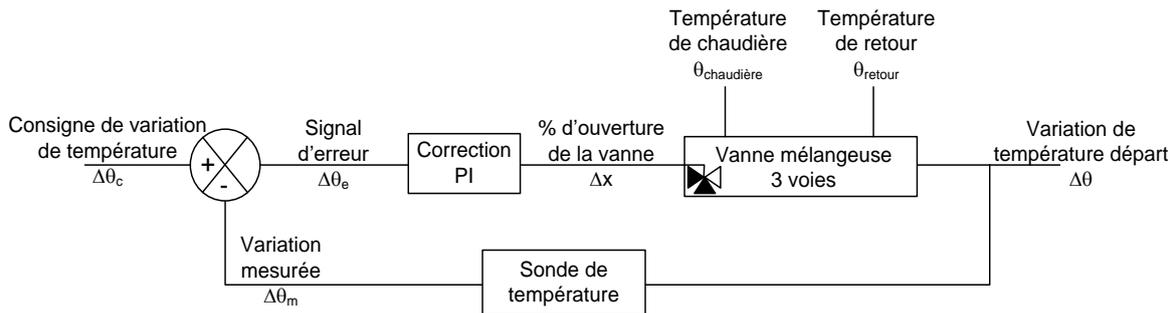


Figure 11 : Boucle de régulation complète

L'intérêt pour un enseignant de sciences appliquées est de confronter les paramètres d'asservissement préconisés par le constructeur du régulateur, aux méthodes traditionnelles étudiées en classe de BTS. En outre, comme nous le verrons en partie 2, le système présente l'intérêt non négligeable de faire appel à des notions élémentaires de mécanique des fluides illustrant très bien le cours de sciences.

### 5.2. Identification par la méthode de Broïda

En premier lieu, il est nécessaire d'obtenir une réponse indicielle en boucle ouverte. Pendant la mesure, la température de retour est restée constante à environ 20°C, et le saut de consigne s'est traduit par une ouverture de vanne manuelle de 25% à 75%. Le relevé de la température mesurée  $\theta_m$  est présenté ci-dessous :

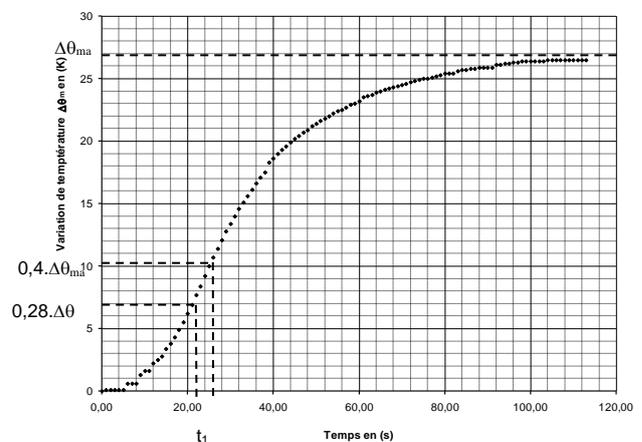


Figure 12 : Réponse à un échelon d'ouverture de vanne

Après un changement de position de la vanne, le nouveau mélange se propage dans la canalisation introduisant un retard pur  $t_r$ . Puis, la nouvelle température se propage dans l'acier de la canalisation et, enfin, la sonde transmet son information. Ces deux derniers phénomènes (propagation + sonde) peuvent être modélisés par deux systèmes du premier ordre.

Pour simplifier, et mieux approcher la réponse indicielle du système par celle d'un premier ordre unique avec retard, Broïda proposa en première approximation, de calculer les paramètres du modèle ( $\tau$  et  $t_r$ ) en déterminant (analytiquement ou graphiquement) les abscisses de temps  $t_1$  et  $t_2$  pour lesquelles la réponse du procédé atteignait respectivement 28 % et 40 % de la valeur finale.

Dans notre cas, nous obtenons :

$$\Delta\theta_m(t_1) = 0,28.\Delta\theta_{max} \text{ et}$$

$$\Delta\theta_m(t_2) = 0,4.\Delta\theta_{max}.$$

Avec ces valeurs, la modélisation de Broïda prévoit  $\tau = 5,5.(t_2 - t_1)$  et  $t_r = 2,8.t_1 - 1,8.t_2$ .

La réponse indicielle du premier ordre avec retard résultant de ce calcul devrait bien approximer celle d'un système d'ordre supérieur avec des constantes de temps dispersées.

Dans notre cas, nous obtenons  $t_r = 15$  s et  $\tau = 22$  s, ce qui se traduit par la courbe en trait plein de la figure 5.

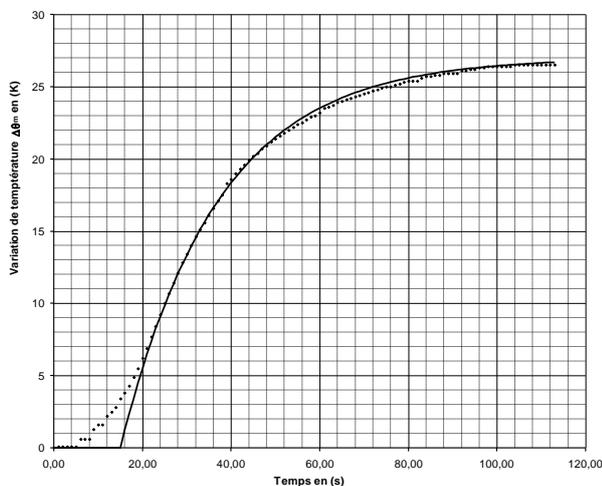


Figure 13 : Modélisation de la réponse indicielle

### 5.3. Origine du retard $t_r$

A ce stade il peut être intéressant de se pencher sur la justification physique du retard  $t_r$ .

La pompe de circulation d'eau est un modèle DCX 40-25 de Salmson dont la hauteur manométrique en fonction du débit apparaît dans le graphe de la figure 14.

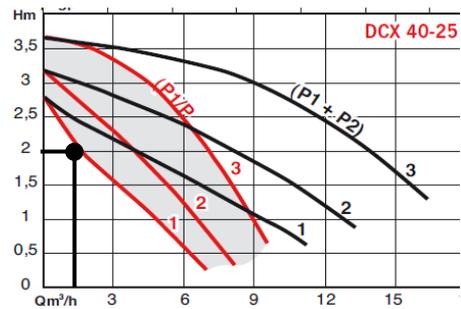


Figure 14 : Caractéristique de la pompe de circulation

Lors de la mesure, une seule pompe est en fonctionnement en vitesse 1. La pression est mesurée en hauteur manométrique d'une colonne d'eau. Elle affiche environ 2 m soit une surpression de 0,2 hPa. Le débit annoncé vaut dans ce cas environ  $Q = 1,5$  m³/h.

Sachant que le diamètre de la canalisation vaut  $d = 80$  mm, la vitesse de circulation estimée est :

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{1,5/3600}{\pi \cdot 0,08^2 / 4} \approx 0,083 \text{ m/s}$$

Or, il y a environ 1,20 m entre la vanne et la sonde de température (voir figure 15).

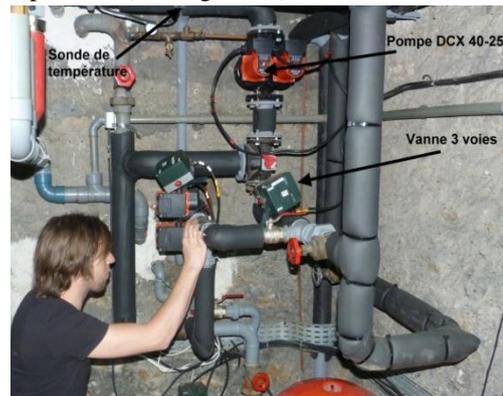


Figure 15 : Vue globale du système

Cela nous donne un temps de propagation du liquide de  $t = 14,5$  s. La valeur de 15 s constatée dans le paragraphe précédent paraît alors tout à fait cohérente.

### 5.4. Correction PI par diagramme de Bode

Pour les systèmes lents comme les systèmes thermiques, l'acquisition expérimentale du diagramme de Bode n'est pas possible car les constantes de temps sont si longues que les fréquences d'étude seraient trop basses. Néanmoins, il est toujours possible de faire cette étude en simulation à partir de la fonction de transfert prédéterminée et de comparer les résultats obtenus à des méthodes plus adaptées comme celle de Broïda que l'on exposera également dans la suite.

Pour simplifier, nous étudierons la boucle sans correction représentée figure 16.

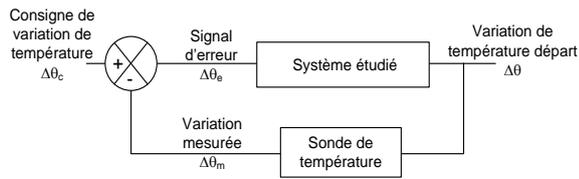


Figure 16: Boucle réduite

Le système réduit en boucle ouverte est donc constitué d'un premier ordre avec retard, et il admet pour fonction de transfert :

$$H(p) = \frac{\Delta\theta_m}{\Delta\theta_e} = \frac{G_0 e^{-p \cdot t_r}}{1 + \tau p}$$

avec  $G_0 = 1$ ,

$t_r$  : retard de 15 s,

et  $\tau$ , constante de temps de 22 s.

Les courbes de gain et de phase obtenues pour ce système sont présentées figure 17.

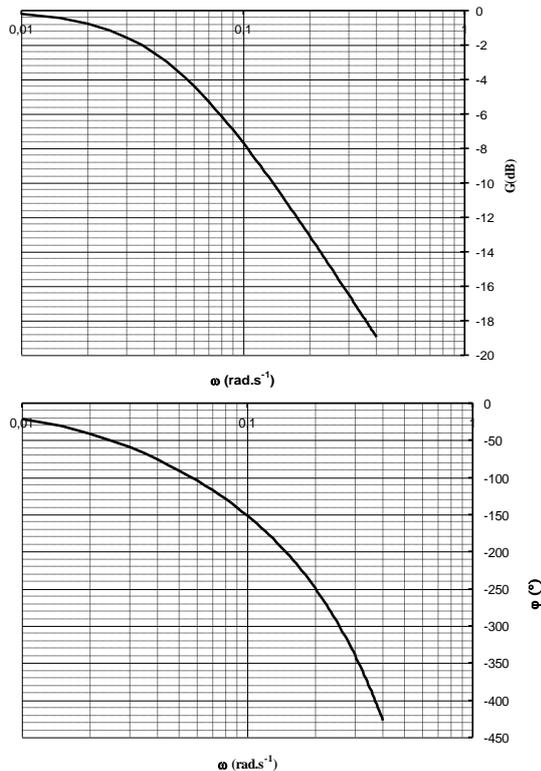


Figure 17 : Diagramme de Bode sans correction

On peut y lire une marge de phase de 180° (lorsque  $\omega_{0dB}$  tend vers 0  $\text{rad.s}^{-1}$ ) et une marge de gain d'environ 9,2 dB (à  $\omega_{-180^\circ} = 0,13 \text{ rad.s}^{-1}$ ).

Afin d'améliorer la précision et la rapidité du système bouclé, on peut abaisser la marge de phase  $M_\phi$  à 45° (on rappelle que cela correspond à un dépassement acceptable de 20 % de la réponse indicielle bouclée). La marge de gain  $M_G$  peut quant à elle être abaissée jusqu'à 6 dB sans risquer de rendre le système instable.

Le correcteur PI a une fonction de transfert de type :

$$C(p) = K_p \cdot \left( 1 + \frac{1}{T_i \cdot p} \right)$$

Du fait du retard, le réglage précis de  $T_i$  et  $K_p$  est relativement complexe à entreprendre avec des élèves de façon analytique, mais il peut être très intéressant de le faire par approximations successives par une approche purement graphique à l'aide d'outils comme Matlab ou d'un simple tableur comme cela a été fait ici. D'ailleurs, l'approche purement graphique aide souvent les élèves à ressentir ces phénomènes.

Après quelques tâtonnements on obtient les valeurs  $T_i = 21 \text{ s}$  et  $K_p = 1,2$  correspondant au diagramme de Bode corrigé figure 18.

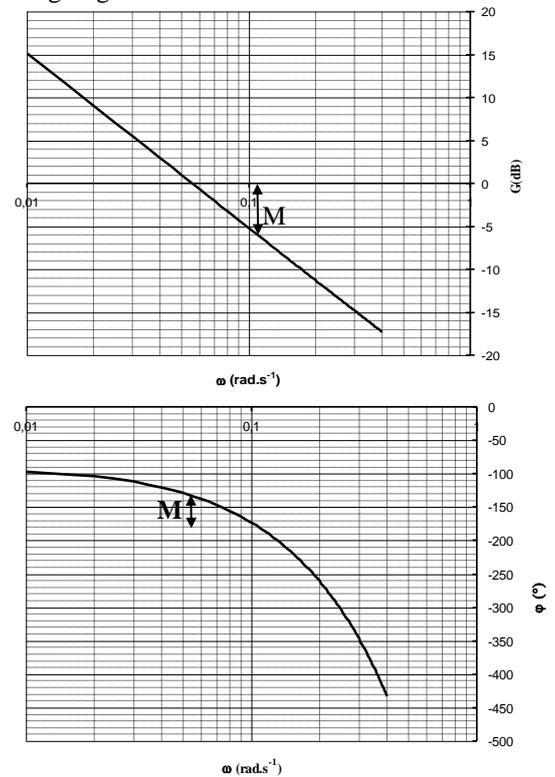


Figure 18 : Diagramme de Bode avec correction

On peut y lire une marge de phase de 45° (à  $\omega_{0dB} = 0,055 \text{ rad.s}^{-1}$ ) et une marge de gain d'environ 6 dB (à  $\omega_{-180^\circ} = 0,11 \text{ rad.s}^{-1}$ ). Le système est alors stable et optimisé pour la boucle fermée.

### 5.5. Correction PI par la méthode de Broïda

Afin d'éviter les tâtonnements précédents, il peut être intéressant d'observer les résultats obtenus par la méthode de Broïda. Cette dernière est une méthode expérimentale permettant de calculer les paramètres de correction directement à partir des grandeurs ( $G_0$ ,  $\tau$ ,  $t_r$ ) du système identifié.

Elle attribue de façon empirique les paramètres du correcteur PID ( $K_p$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ ) voulu selon le tableau de la figure 19.

Type de régulateur	P	PI	PID
$K_p$	$\frac{0,8\tau}{G_0.t_r}$	$\frac{0,8\tau}{G_0.t_r}$	$\frac{0,8\tau + 0,33t_r}{G_0.t_r}$
$T_i$		$1,25.G_0.t_r$	$1,33.G_0.t_r$
$T_d$			$\frac{0,35\tau}{G_0}$

Figure 19 : Paramétrage d'un correcteur selon la méthode de Broïda

Dans notre cas, un correcteur PI (plus adapté aux systèmes lents) aurait pour paramètres  $K_p = 1,17$  et  $T_i = 19$  s.

Il est assez rassurant de constater que cette méthode « clé en main » permet de retrouver assez fidèlement les résultats précédemment obtenus par l'optimisation du diagramme de Bode.

#### 5.6. Correction préconisée par le constructeur

Comme la plupart des fabricants de régulateurs industriels, Siemens exprime la correction proportionnelle à l'aide de la notion de « bande proportionnelle », notée  $X_p$  correspondant en fait à l'inverse du gain  $k$  de la vanne tel qu'on l'a défini plus haut.

La bande proportionnelle (exprimée en [K]) préconisée par la documentation technique du régulateur s'exprime par

$$X_p = 2 \cdot \frac{t_r}{\tau} \cdot k$$

Ce qui donne en terme de gain proportionnel (en [K<sup>-1</sup>]) :

$$k_p = 0,5 \cdot \frac{\tau}{k.t_r}$$

Pour la boucle réduite étudiée précédemment, cela revient à choisir un gain proportionnel égal à :

$$K_p = \frac{0,5.\tau}{G_0.t_r}$$

Il est intéressant de noter que cette expression est, dans la forme, assez comparable à celle de Broïda, l'application numérique donnant cependant ici  $K_p = 0,73$ . On découvre ainsi probablement l'origine de la méthode du constructeur.

Pour le choix du temps intégral, Siemens recommande une valeur égale à trois fois le retard :  $T_i = 3.t_r$ . Ce qui, dans notre cas, donne une valeur d'environ 45 s.

Le tracé du diagramme de Bode avec ces valeurs conduirait à une marge de phase de 80° au lieu de 45° et une marge de gain d'environ 11 dB au lieu de 6 dB.

#### 5.7. Conclusions

Lorsque l'on confronte la régulation Siemens aux méthodes traditionnelles exposées plus haut, on peut constater que le constructeur favorise largement la stabilité du système (choix de  $T_i$ ) au détriment de sa vitesse (diminution du gain). Cela peut sembler logique au regard de ce type de régulation assez délicat à régler en raison du fort retard ( $t_r / \tau > 0,3$ ). En outre, la vitesse n'est pas un critère décisif pour des systèmes thermiques par nature très lents. Enfin, une meilleure stabilité permet d'accroître de façon significative la durée de vie des contacts de commande de la vanne en leur évitant des ouvertures et fermetures intempestives.

On peut également ajouter que le réglage d'usine de ce régulateur correspond à une bande proportionnelle de 48 K soit un gain proportionnel de notre boucle réduite précédente d'environ 1,12 et un temps intégral de 10 s. Un nouvel examen du diagramme de Bode avec ces valeurs montrerait une marge de phase de 10° et une marge de gain d'environ 1,5 dB. Ces valeurs bien trop faibles conduiraient inévitablement à de nombreuses oscillations dans la réponse indicielle bouclée, et donc un très grand risque d'instabilité du système. Un réglage précis est donc indispensable.

Historiquement, les installateurs sur-dimensionnaient leurs pompes, car il fallait que le retour soit plus chaud que prévu, afin d'éviter une condensation dans la chaudière. Avec une chaudière à condensation, il faut au contraire sous-dimensionner un peu les circulateurs, afin de condenser un peu plus et cela induit fatalement un retard important dans la chaîne de régulation. Dans notre installation, les pompes ont ainsi été changées. Les anciennes avaient un débit de 5 m<sup>3</sup> / h. Il n'est pas impossible que les réglages d'usine du régulateur auraient été corrects dans ce cas.

Ce type d'étude peut tout à fait servir de support à l'enseignement des sciences appliquées, puisqu'il illustre de façon simple et concrète le cours sur les asservissements en s'appuyant sur celui de mécanique des fluides. Et nous n'en avons montré que quelques exemples.

Ainsi, l'étude abordée au paragraphe 2 pourrait être prolongée par une discussion sur le choix du moteur du circulateur, connaissant la surpression et le débit, ainsi que sur le rendement très faible du circulateur (< 30 %). En fait, ce mauvais rendement s'explique en partie par le fait que le moteur est en vitesse 1, que les puissances mises en jeu sont faibles et que les pompes elles-mêmes

ont un mauvais rendement (< 60 %). Cependant, une partie de l'énergie perdue étant récupérée par l'eau de chauffage, ce mauvais rendement a finalement peu d'impact.

A un autre niveau, une approche des phénomènes mis en œuvre dans une chaudière à condensation peut également servir de socle à la découverte de notions thermodynamiques importantes comme le changement d'état, la chaleur latente, la variation d'enthalpie, les pouvoirs calorifiques etc.

La richesse d'un tel système donne ainsi lieu à de nombreux développements possibles en sciences par le biais d'une réalité industrielle s'inscrivant directement dans la thématique du développement durable.

## 6. Communication

### 6.1. Introduction le KNX, TCP-IP, Internet

Ces régulateurs communiquant se sont avérés être un bon support pour présenter les notions de matériels communiquant. En effet on retrouve ici les différentes problématiques du monde de la communication : différents protocoles, couches physiques, réseau privé, public, passerelle, etc.

### 6.2. Configuration KNX

#### 6.2.1. Adressage

Les régulateurs KNX doivent être configurés afin de pouvoir communiquer, pas de 'plug and play'. Par défaut, chaque appareil est livré avec l'adresse KNX 0.2.255. Une adresse finissant par 255 est une adresse spéciale qui désactive la communication. Le régulateur est alors en fonctionnement autonome. Une adresse se terminant par 254 est également réservée.

Les adresses choisies sont les suivantes :

0.2.1 → RMK770

0.2.2 → RMH760B

0.2.250 → OZW772

#### 6.2.2. Horloges KNX

Il faut ensuite, pour profiter des avantages d'une mise en réseau des appareils, définir une horloge maitresse (l'OZW dans notre cas) et les horloges esclaves pour les autres appareils.

On peut aussi indiquer que le réglage de l'horloge se fait à partir de n'importe quel appareil (fonction *réglage à distance des horloges esclave* positionnée sur oui). Le réglage d'une horloge est alors propagé à l'horloge maitresse, qui la redistribue à tous les autres régulateurs.

#### 6.2.3. Gestion des défauts

On peut aussi activer l'acquiescement des défauts à distance (fonction *déverrouillage des défauts à distance*)

Ainsi, l'acquiescement d'un défaut sur l'entrée d'acquiescement de défaut d'un appareil, sera transmis à tous les appareils présents sur le bus et acceptant les acquiescements de défaut distants.

#### 6.2.4. Zone de distribution de chaud

Dans des installations plus vastes, il y a plusieurs chaudières, de nombreux circuits de chauffage, des prérégulateurs, des centrales de traitement de l'air (CTA), de la production d'ECS, etc.

Les circuits consommateurs (production ECS, chauffage, CTA) doivent adresser leurs demandes de chaleur à la bonne chaudière. Deux circuits hydrauliques séparés peuvent être gérés par des régulateurs reliés en réseau.

Chaque chaudière produit sa chaleur dans une zone de distribution de chaud. Et chaque consommateur adresse ses demandes à une zone de distribution de chaud.

Le cas du prérégulateur de chauffage est un peu particulier dans le sens où il est à la fois générateur de chaud et consommateur. Il génère du chaud pour tous les consommateurs situés derrière lui et collecte donc toutes leurs demandes. Il est aussi un consommateur pour la chaudière à laquelle il est raccordé. Il lui transmet donc sa demande de chaud.

Cette configuration réalisée, il est nécessaire de vérifier que les demandes de chaud sont bien émises et reçues par les bons récepteurs.

#### 6.2.5. Zone géographique

Une même zone géographique peut contenir plusieurs circuits de chauffage (par le sol et par radiateur), du traitement de l'air. Chaque circuit de régulation peut être affecté à une zone géographique.

Dans une même zone géographique, la température ambiante est partagée, de même que les régimes d'ambiance et donc les programmations hebdomadaires et les calendriers de vacances. Cependant, deux zones géographiques différentes peuvent utiliser la même programmation hebdomadaire et/ou le même calendrier de vacances.

#### 6.2.6. Mise en application

Dans notre projet, Les trois zones classe de l'école sont les zones géographiques 1, 2 et 3. Ces trois zones utilisent le même calendrier vacances, mais des programmations horaires hebdomadaires séparés, car certaines salles sont utilisées pour l'accueil périscolaire,

d'autres pour le soutient, les horaires ne sont pas identiques dans toutes les salles.

Les appartements sont dans la zone géographique 4 qui possède ses propres calendriers hebdomadaires et de vacances.

Les chaudières produisent de la chaleur pour la zone 'production de chaud' 1 et les circuits de chauffage adressent leurs demandes de chaleur à cette zone.

Pour configurer les régulateurs, on utilise soit une console débrochable sur les régulateurs, soit un logiciel (ACS700) qui communique avec les régulateurs via la centrale de communication OZW772 et une prise USB. Il faut bien évidemment être passé une première fois sur chaque régulateur pour leur affecter leur adresse KNX.

### 6.3. GTC, serveur Web

La centrale de communication possède de nombreuses fonctions.

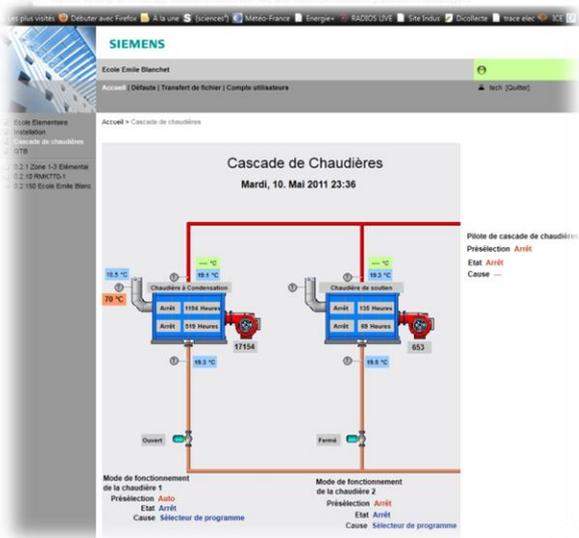


Figure 20 : GTC sur Navigateur Internet

Passerelle KNX /TCP-IP, comme évoqué précédemment. Mais aussi centrale de surveillance, car elle permet l'envoi de mails réguliers indiquant l'état de l'installation, ou bien de mails à chaque apparition/disparition de défaut.

Elle intègre également un serveur web pour la gestion via internet de l'installation.

Elle est donc à la jonction des mondes TCP-IP/KNX. Une fois le monde KNX correctement configuré, il faut donc s'attaquer au monde TCP-IP.

#### 6.3.1. Configuration TCP-IP

L'ensemble des réglages doit donc permettre à la centrale de communiquer sur le réseau TCP-IP du site, d'envoyer des mails, et d'être accessible de tout navigateur web relié à Internet (ordinateur, téléphone portable, etc.)

#### 6.3.2. Configuration de base

La première partie de la configuration consiste donc à attribuer une adresse IP valide sur le réseau du site (généralement privé), le moyen de sortir de ce réseau (passerelle) et le moyen de résoudre des adresses DNS (serveur DNS), si l'on veut utiliser [smtp.orange.fr](http://smtp.orange.fr) plutôt que l'adresse IP du serveur de courrier sortant d'orange, qui du reste, peut changer, alors que son nom sera fixe.

Ces données sont fournies par le responsable réseau du site.

Pour l'envoi de mails, il faudra renseigner le nom du serveur SMTP ainsi que les adresses mail des destinataires des messages (il est possible de renseigner plusieurs destinataires et chaque destinataire possède ses horaires de réception de mails ainsi qu'un calendrier vacances...)

#### 6.3.3. Serveur Web

La centrale fait aussi office de serveur web, elle répond donc aux requêtes sur son port 80 venant.

L'accès à ce serveur web se fait suivant ce processus :

Dans la barre d'adresse d'un navigateur Internet, on tape l'URL de l'installation :

<http://cvc-blanchet.dampmart.fr/>

Premier point - Cette requête doit arriver sur le routeur/pare-feu du site.

Second point - Le routeur doit rediriger le trafic vers la centrale de communication

Le second point est simple, il consiste à rediriger, au niveau du routeur, tout le trafic arrivant de l'extérieur sur le port 80 du routeur vers la centrale. C'est une règle à lui ajouter. (La dernière version de la centrale de communication supporte maintenant https, c'est donc le port 443 qu'il faut rediriger)



Figure 21 : Règle du routeur

Le point n°1 est un peu plus subtil, plusieurs cas peuvent se présenter. Nous partirons du principe que la ville possède son nom de domaine et donc un accès à un service DNS public.

- L'adresse IP publique est fixe (elle est fournie par le prestataire Internet Orange, Free...).

Dans ce cas, il suffit de demander la création du nom de domaine et son association à l'adresse IP publique du site au prestataire du nom de domaine.

- L'adresse IP publique n'est pas fixe (dynamique). Les prestataires de domaine DNS ne proposent généralement pas d'associer des noms de domaine à des adresses IP dynamique.

Le moyen le plus simple consiste à faire appel à un service tel que DYNDNS.

Une fois créé un compte sur ce service (gratuit pour cinq adresses en .dyndns.org, il faut renseigner le routeur avec le nom de compte, le mot de passe et l'adresse DNS choisie.

Ainsi, à chaque changement d'adresse IP, le routeur prévient le service DYNDNS de ce changement d'adresse.

Dans le cas où l'adresse IP est fixe, ce type de service permet d'avoir simplement un nom de domaine qui se terminera par dyndns.org pour un service gratuit.

#### 6.3.4. Et concrètement...

Dans notre cas, pas d'adresse fixe, un nom de domaine (dampmart.fr), nous avons proposé le nom

DNS : cvc-blanchet.dampmart.fr.

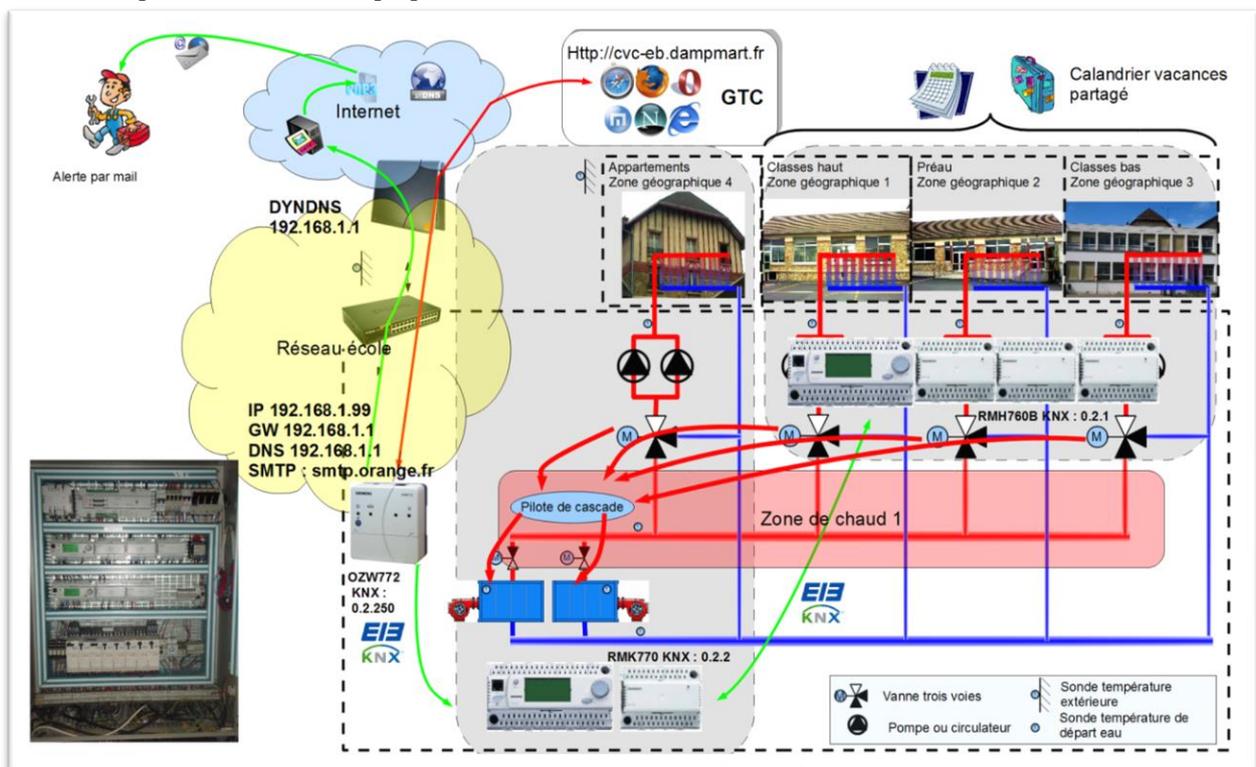
Nous avons utilisé le service DYNDNS pour créer un domaine ch-eb.dyndns.org, ce service est renseigné au niveau de la borne ADSL.



Figure 22 : utilisation du service DynDNS

Il est donc possible d'accéder au serveur web de l'école via l'adresse <http://ch-eb.dyndns.org>.

Ensuite, nous avons demandé la création du nom DNS cvc-blanchet.dampmart.fr et demandé l'association des noms ch-eb.dyndns.org et cvc-blanchet.dampmart.fr (création d'un enregistrement de type CNAME)



b : La nouvelle installation

## 7. Les aspects pédagogiques

### 7.1. Pour les élèves

#### 7.1.1. Formation SIEMENS

SIEMENS a proposé de prendre nos élèves en formation d'une journée sur leurs matériels, pour ce qui concerne la présentation de leurs fonctions et de leurs mises en service. Ils y vont par groupe de deux à quatre élèves et côtoient ainsi les professionnels du secteur qui suivent ces formations.

Un ingénieur vient également nous faire une présentation des principaux schémas hydrauliques au lycée pendant une demi-journée.

#### 7.1.2. Intégration dans notre formation

Nous avons acquis quelques régulateurs SYNCO 700, et nous proposons des TP en première année.

Par exemple, avec une sonde CO<sub>2</sub>, et un régulateur universel, on doit réaliser la mise en service du système qui déclenche un ventilateur lorsque le taux de CO<sub>2</sub> dépasse 1 200 ppm ET que le calendrier hebdomadaire autorise cette action (mode confort). Il faut ensuite réaliser la page web qui indique l'état du ventilateur. Ce TP, présente toute la démarche de mise en service autour de quelques notions simples (comparateur à hystérésis, ET, calendrier) intégrées sous forme de bloc fonction dans le régulateur.

#### 7.1.3. Déroulé rapide du projet

En janvier, après validation des projets, signature de l'acte d'engagement.

##### → Premier CCF

Les élèves présentent un cahier des charges fonctionnel (que nous avons rédigé) ainsi que la faisabilité du projet (en termes de cout, matériel-compétences et organisation). Des options peuvent être présentées. La ville s'engage alors sur ce cahier des charges.

##### → Second CCF

Un ingénieur SIEMENS vient valider les solutions retenues.

##### → Troisième CCF

Réalisation des tests de câblage au lycée. Schémas, fiches de configuration (l'armoire est normalement déjà sur le site)

##### → Epreuve finale

Installation sur site et qualification de l'installation

### 7.2. Pour les professeurs

Ce domaine est nouveau pour nous, il nous a fallu intégrer de nombreuses notions de génie climatique ou encore les aspects législatifs, les normes, les documents techniques unifiés du CSTB (DTU) de ce domaine.

Cependant, la réalisation de l'armoire de gestion reste de l'électrotechnique de base : commande de pompe, de vannes, protections, surveillance, chaîne de sécurité, continuité de service, etc.

L'utilisation de régulateurs plutôt que d'automates nous a permis de nous affranchir de la partie programmation que nous ne maîtrisons pas dans ce domaine.

## 8. Conclusion

Ces projets nous ont demandé beaucoup de travail, mais finalement, nous avons maintenant un ensemble de schémas types fiables, des cahiers des charges, des réalisations qui fonctionnent bien. Les notions nécessaires à ces projets ont été intégrées dans nos cours. Nous avons même réalisé un banc de test sous Labview pour simuler une installation (les régulateurs envoient et récupèrent leurs informations à Labview qui simule chaudière, radiateur, température extérieure, etc.). Le bus KNX et la GTC nous permettent également d'aborder toute la partie communication du référentiel.

Nous partageons également, avec nos élèves la fierté de nos réalisations :

**Ecole Emile blanchet** ; deux projets, 13 000 euros, 50 % d'économies soit 7 000 euros par ans

**Mairie de Dampmart** : L'installation à rendu l'âme deux mois avant l'arrivée de notre projet ; une cascade de deux chaudière de 50 kW, deux zones de chauffage. 6 000 euros, 30 % d'économies, soit 1 500 euros par an environ.

**Gymnase de Dampmart** : Installation ayant des difficultés à chauffer correctement la salle de danse. Une chaudière de 230 kW, 3 zones, ECS. 8 000 euros, 30 % de la surface gérée. 40 % d'économies, soit 15 000 euros par an la satisfaction des usagers en plus !

Cette Année :

**Gymnase** deuxième partie : Ensemble du traitement de l'air (qui n'est pas utilisé) chauffage de la salle de Sport : 12 000 euros.

**Ecole Gambetta** : 2 chaudières de 75 kW, deux zones. Installation à bout de souffle : 13 000 euros

Groupe scolaire Jean Jaurès à Drancy : 2 chaudières de 500 kW, 5 zones de chauffage : 15 000 euros.

Soit près de 80 000 euros pour nos projets en trois ans !

L'année prochaine, un projet avec la Ville de Pomponne pour leur groupe scolaire est en discussion (15 000 euros), la ville de Drancy nous reporte sa confiance ainsi que la ville de Dampmart ou nous commencerons à travailler sur l'éclairage public et nous discutons aussi avec la ville d'Aulnay-sous-Bois.

*Le Développement Durable est une action qui n'est plus à considérer comme une mode ou comme une démarche pour se distinguer. Le « DD » (Développement Durable) est une démarche volontaire et obligatoire au vu de l'époque où nous vivons. Les projets menés par Dampmart sur la réfection des installations CVC de ses bâtiments publics vont plus loin qu'une simple réparation ou changement de chaudière. C'est une réflexion de fond, sur l'étude thermique, la réalisation, la formation sur le terrain avec transfert de compétence et le partenariat avec un grand groupe industriel.*

*Ce projet est parti d'un constat : très forte dépense énergétique, faible budget à consacrer, technologie de pointe à mettre en place, compétence à créer pour la commune.*

*Cela nous a donné des idées pour mettre autour de la table un lycée technique, un industriel en pointe sur la gestion des énergies et le transfert de compétence pour la ville de Dampmart.*

*Une à deux réalisations par an qui correspondent à des projets menés par des élèves du Lycée Voillaume assistés des compétences de l'industriel Siemens. Tout le monde a joué le jeu, les élèves tout d'abord, très motivés, ils se sont donnés à fond pour que ces projets puissent tenir chacun sur une année. L'industriel qui a permis un transfert de compétence à la fois pour les élèves et pour les techniciens communaux. Le DD c'est la convergence de l'apprentissage par la prise de compétence sur un sujet réel avec l'appui d'un industriel.*

*Sans cette démarche tripolaire, une GTC n'aurait sans doute pas vu le jour à Dampmart. Le retour sur investissement est de l'ordre de 2 à 3 ans, puisque les économies d'énergie représentent maintenant près de 30 % de notre facture initiale. Cela nous positionne comme très bon élève le jour où la taxe carbone pour les collectivités sera instaurée, ce dont je ne doute pas.*

**Georges Carré, Maire de Dampmart**

## 9. Quelques liens Internet pour approfondir...

Énergie+ : site sur la conception et la rénovation de bâtiments tertiaire. L'audit des bâtiments, les projets, la gestion énergétique, les techniques CVC, éclairage, etc.  
<http://www.energieplus-lesite.be/energieplus/>

L'offre SIEMENS CVC :  
[https://www.swe.siemens.com/belux/portal/fr/offre/buildingtechnologies/produits/hvac/portefeuille/Pages/egulateurs\\_standard.aspx](https://www.swe.siemens.com/belux/portal/fr/offre/buildingtechnologies/produits/hvac/portefeuille/Pages/egulateurs_standard.aspx)

KNX, Le site officiel :  
<http://www.konnex.fr/>

Le bus EIB /KNX sur STI ELEC  
<http://www.stielec.ac-aix-marseille.fr/cours/abati/eib/eib.htm>

DNS  
[http://fr.wikipedia.org/wiki/Domain\\_Name\\_System](http://fr.wikipedia.org/wiki/Domain_Name_System)

DYNDNS :  
<http://www.dyndns.fr/articles/routeurdyndns.html>

Configuration d'un routeur :  
<http://www.figer.com/publications/nat.htm>

## Etude de cas d'éco-conception par la norme NF E01-005 : Le STÉRI 5

**Jean-François SERREAU**

LPR Voillaume, 136, Rue de Mitry  
93600 Aulnay-Sous-Bois

**Résumé :** Enseigner la normalisation et les normes contribue à élargir les compétences des jeunes et à favoriser leur insertion professionnelle. Le Ministère de l'Education nationale et AFNOR ont signé en 2008 un partenariat pour développer l'enseignement de la normalisation dans les lycées technologiques et professionnels et pour favoriser l'accès aux normes. Nous allons utiliser l'outil norme dans une démarche d'éco conception en nous appuyant sur la NF E01-005 : Produits mécaniques - Méthodologie d'éco-conception. Elle a été rédigée pour aider les PME à intégrer l'impact environnemental lors de la conception d'un produit. Cette étude est disponible pour un travail dirigé sur le site développé dans le cadre du partenariat : [www.enseignants.afnor.org](http://www.enseignants.afnor.org). Elle a pour support un projet de deuxième année de BTS.

### 1. Le partenariat AFNOR Education Nationale

La normalisation et la certification impactent au quotidien la vie des entreprises, et ce, dans toutes les fonctions de l'entreprise (R&D, production, achats, marketing, qualité...).

Or les jeunes diplômés ne sont généralement pas sensibilisés à ces questions, alors même que les entreprises sont désireuses d'employer des jeunes formés à ces notions.

Former les jeunes générations au rôle de la normalisation comme outil de compétition économique, comme instrument potentiel de gouvernance ou comme complément à la réglementation, constitue un véritable enjeu pour améliorer la compétitivité des entreprises à l'international.

L'AFNOR et le Ministère de l'Education Nationale ont noué un partenariat marquant la volonté d'amélioration constante et d'adaptation au monde économique de l'enseignement technologique et professionnel.

Il porte sur 4 axes principaux :

#### 1. Développer l'enseignement de la normalisation :

- en intégrant la normalisation dans les programmes d'enseignement,

- en développant un réseau national de référents académiques du partenariat et de formateurs relais en normalisation,
- en développant des modules de formation et des ressources pédagogiques. (cf figure1)



Figure 1 : la bannière du site [www.enseignants.afnor.org](http://www.enseignants.afnor.org)

2. Donner accès aux normes aux enseignants et aux élèves, à un tarif préférentiel, dans le cadre d'une utilisation pédagogique (dispositif « Saga Web Education nationale »),
3. Communiquer sur le partenariat, au travers d'actions menées aux niveaux national et académique (colloques, articles de presse dans des revues spécialisées, sites Web académiques, etc.),
4. Piloter le déploiement de la démarche, en liaison étroite avec le corps d'inspection.

### 2. Pourquoi cette étude ?

Dans le cadre du partenariat, ANFNOR Education Nationale je suis en stage à mis temps à l'AFNOR notamment pour développer un ensemble de ressources pédagogiques sur la normalisation. D'autre part l'éco-conception est inscrite dans les référentiels lors de la

réforme des diplômes industriels. Celui du BTS électrotechnique y fait référence depuis la dernière réforme de 2007. C'est une approche basée sur le fait que tout produit ou procédé ont un impact sur l'environnement, qu'il s'agisse de production de biens ou de service. Son objectif est la réduction de cet impact sur l'environnement en l'analysant afin de réduire les ressources nécessaires à sa conception, matière première, énergie etc., utilisée depuis sa fabrication jusqu'à son recyclage. Il était donc intéressant de proposer une application pédagogique sur l'éco-conception utilisant une méthodologie simple présente dans une norme. Elle est disponible pour un travail dirigé de quatre heures sur le site [www.enseignants.afnor.org](http://www.enseignants.afnor.org), sous forme de quatre fichiers : livret, présentation et tableur avec son corrigé et a été validé par les experts du CETIM. Elle nécessite d'avoir accès à la norme NF E01-005.

### 3. Le support pédagogique : un stérilisateur de laboratoire

#### 3.1. Objectif du projet

La version existante du Stéri 5, est vieillissante. L'automate n'est plus fabriqué, d'où des difficultés de maintenance. Il y a des retours d'acide dans les tubes pendant certaines phases de fonctionnement qui oxydent les électrovannes.

La société envisage donc de reprendre sa conception. Elle désire moderniser son produit en le rendant communicant, et en remplaçant les boutons et les voyants par une console tactile. A cette occasion elle décide de mettre en place, et pour la première fois, une démarche d'éco-conception. Elle espère ainsi

- réduire son impact sur l'environnement ;
- réduire son coût de matière première notamment sur l'acier ;
- rendre plus visible son respect de la réglementation ;
- avoir un argument supplémentaire pour répondre aux appels d'offre par exemple des hôpitaux.

Ce travail est confié à un groupe d'élève de deuxième année de BTS en projet.

#### 3.2. La société AEROFLUX



Figure 2 Le logo de la société

Située en Seine et Marne, la société AEROFLUX est une PME qui fabrique des appareils destinés aux laboratoires et aux services médicaux tels que :

- des couveuses,
- des bulles pédiatriques (cf figure 3),
- des boîtes à gants, etc.

Ces enceintes doivent être stérilisées entre deux activités. C'est le rôle du Stéri 5.

#### 3.3. Le Stéri 5 (cf figure 4)

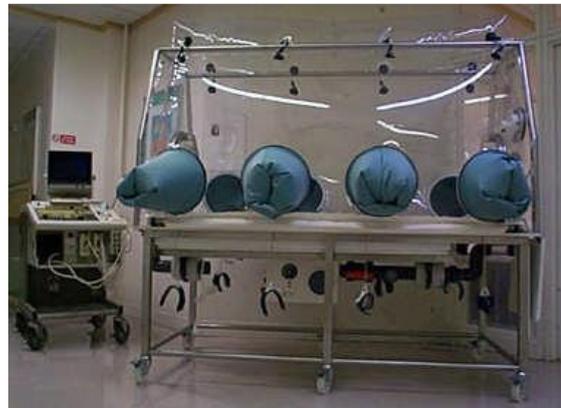


Figure 3 : bulle pédiatrique

C'est un appareil de stérilisation d'enceinte de laboratoire.



Figure 4 : Stéri 5 en action

Cette stérilisation est obtenue en vaporisant de l'acide per acétique, ou APA à 5% (d'où son nom) chauffé, selon les besoins entre 45 et 55°C. Connu depuis 1902, il peut être obtenu par le mélange de l'acide acétique avec le peroxyde d'hydrogène.

Il est à la fois :

- Bactéricide ;
- Mycobactéricide ;
- Sporicide ;
- Virucide ;
- Inactivateur modéré du prion.

#### 3.4. Spécifications à prendre en compte

Pour pouvoir faire son éco conception, il est nécessaire de posséder des informations sur le système sur tous les aspects de sa durée de vie :

- Fabrication ;
- Transport ;
- Utilisation ;
- Recyclage fin de vie.

### 3.4.1. Fabrication

Sa fabrication comprend :

- la mise en forme de l'enveloppe mécanique ;
- l'assemblage du circuit hydraulique (tube, clapet, électrovanne, cuve inox...) ;
- le montage et le raccordement des matériels électriques (automate, contacteur, console tactile, disjoncteurs...);
- les programmations et configurations nécessaires.

Le câblage électrique est en cuivre, le circuit hydraulique en plastique, et la cuve en inox.

Le châssis et les parois extérieures sont sous-traités.

### 3.4.2. Transport

Les fournisseurs des différents composants sont en Ile de France à moins de 100 km.

Les clients sont à 20% en Ile de France et 80% dans le reste de la France.

Les Stéri 5 sont emballés séparément par un film plastique puis posés sur une palette en bois.

### 3.4.3. Utilisation

Le Stéri 5 nécessite :

- une alimentation électrique de 240 V 50Hz
- une alimentation en air comprimé médical à 3 bars.

Pendant le cycle de stérilisation, qui, au maximum, dure 50 minutes, le Stéri 5 consomme 0,35kWh.

En moyenne il est utilisé 5 fois par semaine toute l'année.

Il a une durée de vie de 5 ans à 10 ans.

### 3.4.4. Recyclage fin de vie

Les Stéri 5, en fin de vie, ne sont pas repris par l'entreprise.

L'utilisateur se charge du recyclage.

L'emballage n'est pas récupéré.

Le Stéri 5 est soumis à la directive 2002/96/CE sur les déchets d'équipements électriques et électroniques Nomenclature (cf : figure 5)

Pour notre étude nous devons connaître :

- La nomenclature des composants du Stéri 5
- Des informations précises sur ces composants :
  - Poids ;
  - Matière ;
  - Quantité ;
  - Pourcentage recyclable ;
  - Substances dangereuses éventuelles ;
  - Fournisseur et sa localisation...
  -

#### REMARQUES :

- Il faudrait normalement comptabiliser les pièces mono-matériau de chaque composant. On considère ici que le coefficient de recyclabilité de chaque composant est celui donné par le constructeur du composant.

- La cuve, les parois, le châssis, les tuyaux en plastique, et les clapets anti-retour sont réutilisables en fin de vie du Stéri 5 d'où un coefficient de 1.

Composants du produit	Nbre de pièces constitutives	Quantité dans le produit	Masse unitaire (kg)	Masse totale (kg)	Matériaux	Coefficient de recyclabilité associé	Masse recyclable	Substance dangereuse identifiée	Nom fournisseur	Localisation fournisseur
Automate	1	1	0,5	0,5	métaux et plastiques	0,5	0,25	plomb étain	Schneider	Ile de France
écran tactile	1	1	0,7	0,7	métaux et plastiques	0,5	0,35	plomb étain	KEP	Ile de France
cuve pour acide	1	1	2	2	acier inox	1	2	??	??	Ile de France
électrovanne	1	4	0,4	1,6	acier plastique cuivre	0,5	0,8		Schneider	Ile de France
disjoncteur	1	4	0,3	1,2	métaux et plastiques	0,5	0,6		Rexel	Ile de France
tuyaux plastiques	1	2	0,05	0,1	plastique	1	0,1		Rexel	Ile de France
clapet anti retour	1	4	0,15	0,6	plastique	1	0,6		Rexel	Ile de France
pressostat	1	1	0,3	0,3	métaux et plastiques	0,5	0,15		Rexel	Ile de France
résistance chauffante	1	1	0,5	0,5	métal	0,5	0,25		Rexel	Ile de France
surchauffeur	1	1	0,3	0,3	métal	0,5	0,15		Rexel	Ile de France
thermostat	1	1	0,2	0,2	métal	0,5	0,1		Rexel	Ile de France
sonde de température	1	1	0,15	0,15	métal	0,5	0,075		Rexel	Ile de France
chassis	1	1	2	2	acier inox	1	2			Ile de France
parois	1	1	5	5	acier inox	1	5			Ile de France
fils électriques	1	10	0,2	2	cuivre et PVC	0,5	1		Rexel	Ile de France
régulateur de température	1	1	0,5	0,5	plastique et circuit imprimé	0,2	0,1	plomb étain	Rexel	Ile de France

Figure 2 : Extrait de la nomenclature

#### 4. La norme NF E01-005 : 2010 Produits mécaniques - Méthodologie d'éco-conception

##### 4.1. Présentation

Issue de travaux de recherche du CETIM, Centre Technique des Industries Mécaniques, c'est à l'initiative de l'Union de la Normalisation de la Mécanique et du caoutchouc (UNM) qu'elle est devenue une norme. Elle est homologuée depuis août 2010 et fait l'objet de travaux pour une adoption au niveau européen.



Figure 3 : les logos du CETIM et de l'UNM

C'est une norme méthodologique : elle décrit les différentes phases d'une éco-conception et leurs différents objectifs. Son utilisation est recommandée lors de la reconception d'un produit.

Elle est particulièrement adaptée aux PME. Quatre d'entre elles l'ont testée (EX Témoignages 4 entreprises éco conception NF E01-005.pdf sur le site [www.enseignants.afnor.org](http://www.enseignants.afnor.org))

##### 4.2. Principe de la méthodologie de la norme NF E01-005

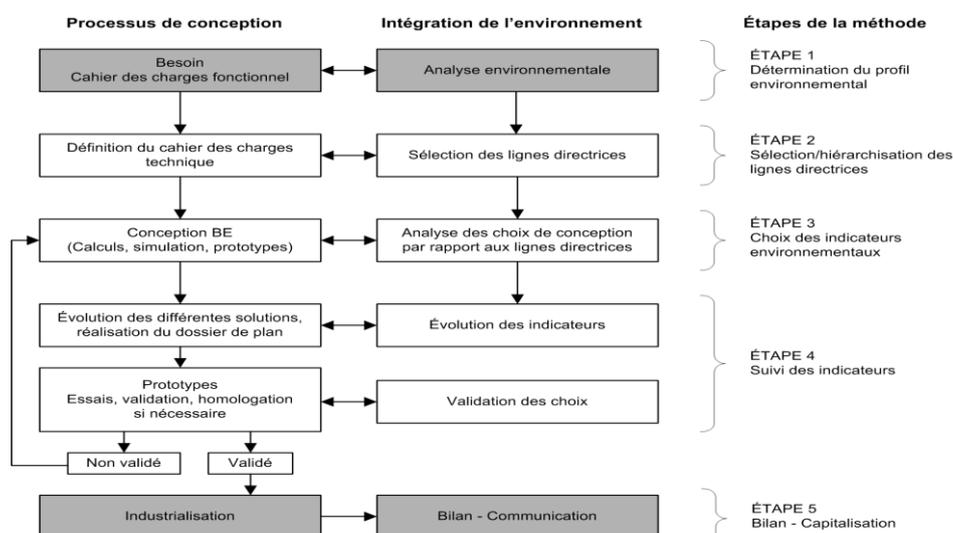


Figure 4 : les étapes de la méthode

Nous allons développer les deux premières étapes de cette étude (cf figure 7). Les trois dernières seront seulement analysées. Dans cette démarche, il s'agit bien d'**intégrer** l'environnement au processus de conception.

#### 5. Etude d'éco conception

##### 5.1. Étape 1 : détermination du profil environnemental

Cette étape va permettre de hiérarchiser les sept aspects environnementaux en fonction de leur importance relative vis-à-vis de l'impact environnemental du produit

##### 5.2. Définitions (D'après NF E01-005)

Les sept aspects environnementaux (AE) sont :

- **Matières premières (MP)** : lié aux choix des matériaux, des composants (achetés), des fluides entrant dans la composition du produit (hors emballage), etc. ;

- **Fabrication (F)** : lié à l'ensemble des procédés nécessaires à l'élaboration du produit et des composants (hors emballage), en interne et en externe (nombre de pièces, opérations «polluantes», etc.), etc. ;

- **Utilisation (U)** : lié à l'ensemble des ressources nécessaires à l'utilisation du produit (produit consommateur d'énergie, source d'énergie, interaction énergétique avec un ensemble, produit nécessitant des consommables, de la maintenance, durée de vie du produit, etc.), etc. ;

- **Recyclabilité en fin de vie (FV-R)** : prend en compte la réduction de l'impact du produit en fin de vie et son taux de recyclabilité ;

- **Substances dangereuses (S)** : lié aux substances contenues dans le produit et susceptibles de pénaliser la fin de vie du produit (métaux lourds, retardateurs de flamme, atomes de fluor, brome, chlore, etc.), etc. ;

- **Transport (T)** : lié à la répartition géographique (régionale, nationale, européenne, mondiale) du nombre de fournisseurs et sous-traitants, aux volumes d'expédition, etc. ;

- **Emballage (EMB)** : prend en compte le nombre, la réutilisation, la recyclabilité, la biodégradabilité des emballages, etc

On retrouve tous les aspects de l'analyse du cycle de vie (F, U, FV-R, T, EMB) et matériaux (MP, S) de toutes les méthodes d'éco-conception.

### 5.3. Définition du Stéri 5

Le tableau 1 permet de définir le produit. (D'après la norme NF E01-005)

Nom du produit (référence commerciale, référence du projet, etc.)	STÉRI5
Description du produit	Stérilisateur à acide per acétique vaporisée
Principales caractéristiques techniques du produit	
Le produit fait-il partie d'une gamme, et si oui, préciser laquelle ?	NON
Préciser si les réponses au questionnaire sont concernent :	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uniquement STÉRI5 pour les questions techniques</li> </ul>
Types de marchés visés pour le produit : consommateurs (Business to Consumers) ou industriels (Business to Business), secteurs industriels, etc.	marché entre industriels et laboratoires
Attentes connues (exprimées) de ces marchés en matière d'environnement en lien avec les stratégies d'éco-conception ou les lignes directrices (voir Annexe C)	A traiter après la réalisation du prototype

**Tableau 1 : définition du Stéri 5**

### 5.4. Questionnaire

L'annexe A de la norme, comprend un questionnaire qui permet de faire l'analyse environnementale du produit en tenant compte de la réglementation. Il va nous permettre de réaliser le profil environnemental du Stéri 5 et d'alimenter la réflexion de l'entreprise sur les lignes directrices.

### Exemples de questions extraites de la NF E01-005 : A.2.3 Utilisation

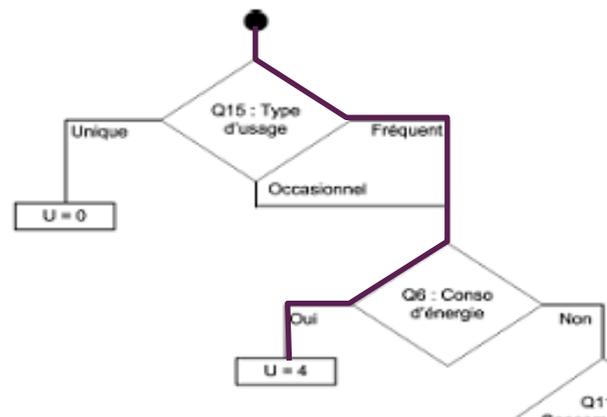
6) \*Votre produit consomme-t-il de l'énergie durant sa phase utilisation ?

- Oui
- Non

7) Si oui, quel type d'énergie (source d'énergie directe du produit) ?

- Électricité
- Énergie primaire (produits pétroliers, gaz, etc.)
- Énergie renouvelable ou issue d'un procédé de valorisation

Les réponses au questionnaire sont exploitées à travers les arbres de décision de l'annexe B de la norme. Dans l'exemple ci-dessous, les réponses « fréquent » à la question 15 et OUI à la question 6 donnent la valeur « 4 » au l'aspect U.



**Figure 5 : Arbre de décision pour U**

L'annexe B termine par un tableau permettant la prise en compte de la réglementation.

**Figure 6 : tableau de la réglementation**

Le produit est soumis à la directive 2002/96/CE sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE).	FV-R = 4
Le produit est soumis à la directive 2002/95/CE sur la limitation des substances dangereuses (y compris indirectement).	S = 4
Le produit est soumis à la directive 2000/53/CE sur les véhicules hors d'usage (VHU) (y compris indirectement).	FV-R = 4 et S = 4
Le produit est soumis à la directive 2004/12/CE sur les emballages.	En tant que produit d'emballage : Emb = 4

Si le produit est soumis à une directive européenne, il faut en tenir compte dans notre analyse. Le Stéri 5 est soumis à la directive européenne 2002/96/CE sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE). L'aspect FV-R prend donc la valeur « 4 » au lieu de « 2 ».

Nous obtenons alors :

MP	3
F	2
U	4
FV-R	4
S	3
T	1
EMB	2

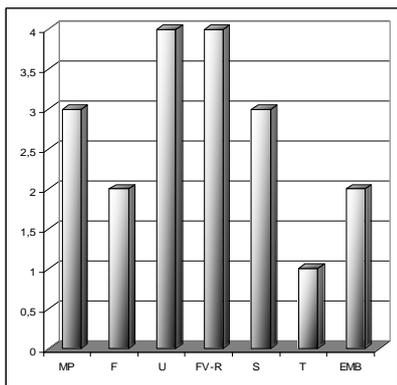


Figure 7 Profil environnemental du Stéri 5

5.5. Étape 2 : sélection/hiérarchisation des lignes directrices (LD)

La norme indique les aspects environnementaux (AE) sur lesquels il faut agir en priorité en fonction de leurs valeurs selon le tableau 2 (d'après NF E01-005) :

Note Environnementale ↑ Donnée par le profil environnemental	0	1	2	3	4
	LD non sélectionnées	LD peu pertinentes	LD moyennement pertinentes	LD pouvant être sélectionnées	LD à sélectionner en priorité

Tableau 2 : Priorité de sélection des LD

Nous sélectionnons d'abord les AE de valeur « 4 » U, FV-R, puis éventuellement celles qui valent « 3 » MP, et S.

5.6. Étape 3 : choix des indicateurs environnementaux.

Il faut maintenant définir les moyens à mettre en œuvre pour réduire l'impact du produit. La norme propose un tableau pour chaque AE permettant de déterminer les indicateurs environnementaux qui permettront de réduire l'impact du produit. Il y a pour cela 2 valeurs à fixer pour chaque action possible. Une note technique (T) comprise entre 0 et 4 et qui dépend de la faisabilité technique de la LD. La note stratégique (S) reflète l'importance stratégique de la LD dans la politique de l'entreprise. La note S est de la compétence de la direction de l'entreprise et du bureau d'étude. Elle est comprise entre 0 et 3. Il existe beaucoup de logiciels permettant de déterminer cette valeur.

Pour le Stéri 5 la note stratégique de chaque Ligne Directrice a été évaluée par la direction de l'entreprise.

Le tableau de la figure 12, issu de la norme NF E01-005, présente l'échelle d'évaluation de la note technique.

Pour chacune des lignes directrices retenues :

- Déterminons la note technique (T) entre 0 et 4
- Identifions les actions prioritaires

Nous obtenons un certain nombre d'action possibles qui permettent de réduire l'impact du produit.

	0	1	2	3	4
Note Technique	LD non faisable techniquement — pas de possibilités dans les cahiers des charges Client	LD ne pouvant être éliminée d'un point de vue technique, mais les pistes sont susceptibles de se heurter à des contraintes lourdes autres (Investissements lourds, qualifications/requalification, sécurité, etc.)	LD a priori envisageable mais études préliminaires en R&D nécessaires. Moyen/long terme	LD correspondant à une solution technique existante — faisabilité à tester — coût de mise en œuvre non négligeable	LD correspondant à — une solution réalisable dans un délai rapide et à un coût acceptable, ou — une solution déjà mise en œuvre par l'entreprise, ou — une bonne caractéristique effective du produit et que l'entreprise veut valoriser

Figure 8 : Echelle de la note T

Sur L'aspect utilisation (U), nous agissons en modifiant le pupitre et en documentant le système. Il sera amélioré par une régulation de température mieux maîtrisée. La présence de la console à la place des boutons poussoir et voyants sécurise l'utilisation du Stéri 5.

Sur l'aspect matières premières(MP), on peut gagner en intégrant la régulation dans l'automate. Cela rejoint l'aspect utilisation avec une meilleure maîtrise de la régulation.

AE	Substances (S)		
Stratégies	Gérer les substances dangereuses (Q18)		
LD du référentiel	Réduire éliminer les substances dangereuses	Faciliter une incinération «sûre» (moins polluante) du produit	Faciliter une mise en décharge «sûre» (moins polluante) du produit
Note E	3	3	3
Note T	4		
Justification note T	recyclage de DEEE plomb cuivre		
Note S	3		
Justification note S	image de marque		
Total	36		

Tableau 3 : Evaluation des indicateurs pour l'aspect S

Sur l'aspect fin de vie recyclage (FV-R), il faut surtout proposer un service supplémentaire au client. Récupérer le matériel en fin de vie permettra aussi de

réaliser une économie sur le châssis et les parois, d'avoir des matériels de test pour la maintenance, et d'améliorer l'image de marque en communiquant sur le tri des déchets.

Sur l'aspect substances dangereuses (S) (voir Tableau 3), c'est aussi en recyclant les déchets électriques que l'on peut avoir une amélioration. Cela rejoint l'aspect FV-R et est donc ce qui semble le plus important.

5.7. Étape 4 : suivi des indicateurs

Les choix qui viennent d'être fait doivent être évalués pour :

- confirmer les orientations définies ;
- identifier les problèmes éventuels ;
- proposer les actions nécessaires.

Cette étape est faite lors de la conception de l'appareil. Il faudra

- tenir compte des résultats précédents et mettre en œuvre les actions retenues ;
- veiller à ne pas dégrader les aspects environnementaux ;
- enregistrer les difficultés rencontrées dans l'utilisation des outils de conception.

Il est indispensable de rédiger les documents suivants avant d'aborder l'étape 5 :

- évolution des indicateurs pour les lignes directrices prioritaires ;
- évolution des indicateurs d'aspect environnemental pour les AE les plus significatifs ;
- enregistrement des difficultés liées à l'utilisation des outils.

**Remarque :** Si l'on applique de nouveau la méthode au produit reconçu, la valeur des aspects environnementaux après reconception est inchangée. En effet, par exemple, un produit soumis à la directive DEEE l'est toujours après reconception et l'aspect environnemental FV-R vaut toujours 4.

5.8. Étape 5 : bilan — capitalisation

Il faut s'assurer de l'efficacité de la démarche, pour cela le projet doit être évalué sur les points suivants

- qualité environnementale du produit avant et après la conception,
- mise en œuvre de la méthode,
- capitalisation de l'expérience acquise.

Ce bilan permettra de diffuser l'acquis de la démarche afin :

- d'évaluer la pertinence de l'extension sur les autres produits fabriqués par l'entreprise. Pour cela il faut refaire l'étude des aspects environnementaux sur le Stéri 5 reconçu ;

- d'analyser les difficultés rencontrées pour mettre en place des méthodes permettant de s'en affranchir.

Les documents suivants seront produits lors de cette étape :

- cahier des charges d'éco-conception complet ;
- évaluation de la pertinence des outils utilisés et des lignes directrices sélectionnées ;
- processus de capitalisation mis en place.

5.9. Certification

Il est alors possible pour le fabricant valoriser sa démarche par une auto-déclaration environnementale sur le Stéri 5. Cette auto-déclaration est elle aussi normalisée par la NF EN ISO 14021 (cf figure 13).

**Norme ISO 14021**  
**Marquages et déclarations environnementales - Auto-déclarations environnementales (étiquetage de type II)**  
 Aide à la lecture

Articles et Paragraphes  
 Exigences s'appliquant à toutes les auto-déclarations environnementales  
 Exigences relatives aux informations  
 Déclarations de type « sans... »  
 Déclarations relatives au développement durable  
 Utilisation de déclarations explicatives  
 Exigences particulières  
 Autres informations  
 Autres informations ou déclarations  
 Symboles particuliers  
 Exigences d'évaluation et de vérification des déclarations  
 Préférences du déclarant  
 Fiabilité de la méthodologie d'évaluation  
 Évaluation des déclarations comparatives  
 Sélection des méthodes  
 Accès aux informations  
 Exigences particulières relatives aux déclarations sélectionnées (termes couramment utilisés)  
 Compostable  
 Conçu pour être désassemblé  
 Conçu pour être réparé  
 Énergie récupérée  
 Recyclable  
 Contenu recyclé  
 Consommation réduite d'énergie  
 Utilisation réduite des ressources  
 Réduction des émissions de CO<sub>2</sub>  
 Réutilisable et rechargeable  
 Réduction des déchets

INDISPENSABLE POUR OBTENIR UNE REPONSE :  
 1) Cocher l'article et entourer le paragraphe concerné par votre demande.  
 2) Ne laisser qu'une seule mention par formulaire. Merci

Informations importantes  
 Secteur d'activité : \_\_\_\_\_  
 Effectif : \_\_\_\_\_

Person : Prénom : \_\_\_\_\_ Fonction : \_\_\_\_\_  
 Société : \_\_\_\_\_  
 Adresse : \_\_\_\_\_ Téléphone direct : \_\_\_\_\_ Fax direct : \_\_\_\_\_  
 Code client AFNOR : \_\_\_\_\_ date : \_\_\_\_\_

Merci de renvoyer ce document à : AFNOR - Coffre 081 Centre - Tour Europe - 80249 Paris La Défense Cedex ou par fax : 01 42 01 56 16

Figure 9 : La demande de marquage sur auto déclaration environnementale d'après NF ISO 14021

6. Conclusion

Cette démarche est l'application d'une norme originale qui a fortement intéressé les élèves. Elle leur a donné une vision de la normalisation moins contraignante et plus dynamique. Elle a permis de leur faire saisir l'intérêt de la norme en tant qu'outils méthodologique et d'innovation.

# Instrumentation virtuelle ou des instruments à la carte pour l'enseignement des essais de systèmes

**Bruno CORDIER ; Alain CUNIERE ; Jean Luc EOUZAN (génie électrique)**

**Frederic CADET (sciences appliquées)**

**Jean Pierre DURIEZ ; Christian HAMEL (génie mécanique)**

Lycée Pierre de Coubertin, Chaussée de Paris

77100 Meaux

*Résumé : aujourd'hui, le dialogue homme/machine est une réalité industrielle. La commande de processus nécessite de pouvoir contrôler/commander/superviser à distance. Le logiciel LABVIEW de National Instruments apporte une réponse concrète à ce besoin. Son mode de programmation graphique et sa librairie de fonctions permettent de développer très rapidement un instrument virtuel de supervision sur une machine hôte. En outre, la possibilité de prise de contrôle par le Web de l'application rend possible l'exploitation de systèmes pouvant présenter une certaine dangerosité. L'article présente l'utilisation de l'instrumentation virtuelle appliquée à une éolienne conçue par les auteurs pour l'enseignement relatif aux énergies renouvelables.*

## 1. Introduction

En préalable à toute exploitation pédagogique, il faut posséder le système. Concernant les éoliennes les produits industriels et/ou didactiques présentent plusieurs inconvénients. Faire appel à une entreprise pour l'installation, disposer d'une surface au sol suffisante, bénéficier de conditions de vent suffisantes et au bon moment, réaliser des travaux de raccordement nécessitant des opérations de génie civil sur les bâtiments, disposer d'un budget conséquent sont autant d'obstacles qui nous ont fait opter pour une solution "maison". En revanche, le caractère pluridisciplinaire de l'équipement nécessite une étroite collaboration entre les enseignants de GE, GM, SA, pour mener à bien un tel projet. A Coubertin, cette collaboration a conduit à la réalisation d'un générateur de vent artificiel réglable de 0 à 20m/sec mettant en mouvement une éolienne de 1m de diamètre couplée à une machine asynchrone connectée au réseau. Pour des raisons évidentes de sécurité, l'équipement a été installé dans un local fermé et les manipulations sont conduites à distance en utilisant notre réseau local. Cet impératif nous a amené à développer une application logicielle utilisant le logiciel Labview dont le cahier des charges était:

- ↳ générer un vent de vitesse connue
- ↳ mesurer l'énergie électrique produite
- ↳ mesurer la vitesse de l'éolienne
- ↳ disposer d'un retour image du système en fonctionnement
- ↳ gérer les sécurités
- ↳ prendre le contrôle à distance de l'équipement.

Cette solution permet à nos étudiants de première année de conduire en toute sécurité, un ensemble d'expérimentations visant à quantifier les flux d'énergie concernés, à qualifier l'efficacité d'une éolienne, en utilisant un instrument virtuel de contrôle/commande.

## 2. Énergie du vent. Puissance récupérable

En mécanique des fluides, deux descriptions permettent de résoudre un problème. Soit on suit chacune des particules en connaissant sa position instantanée, ce qui est peu pratique: il s'agit d'une description Lagrangienne; soit on se place en un point d'observation fixe et on suit le fluide dans sa globalité: il s'agit d'une description Eulérienne. Par ailleurs, il s'agit ici de transformer en énergie mécanique de rotation puis en énergie électrique, l'énergie du vent. Cette dernière est composée de son énergie interne  $U$ , d'une énergie potentielle de pesanteur  $E_p$  et de son énergie cinétique  $E_c$ . C'est la transformation de cette dernière qu'il est question de décrire.

On peut considérer l'écoulement aérodynamique incompressible si le nombre de Mach  $M$  reste inférieur à

$$\frac{1}{4}, \text{ donc si } M = \frac{V}{c} \leq \frac{1}{4}, \text{ c étant la célérité dans l'air. Il}$$

suffit donc que  $V$  soit limitée approximativement à 300 km.h<sup>-1</sup>, ce qui sera évidemment le cas ici.

On considère un tube de courant tel qu'à l'instant  $t$ , en position 1, sa section est  $S_1$  et la vitesse du fluide est  $V_1$ ; et à l'instant  $t+dt$ , en position 2, sa section est  $S_2$  et la vitesse du fluide est  $V_2$ .

La masse de fluide (de masse volumique  $\rho$ ) contenu dans un volume du tube de courant de section  $S$  et

d'épaisseur  $V \cdot dt$  est  $dm = \rho \cdot S \cdot V \cdot dt$  et l'énergie cinétique acquise est

$$\delta E_c = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V \cdot dt \cdot V^2 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^3 \cdot dt; \text{ d'où une}$$

puissance  $P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^3$ .

La conservation de la matière, implique:  $V_1 \cdot S_1 = V_2 \cdot S_2$ .

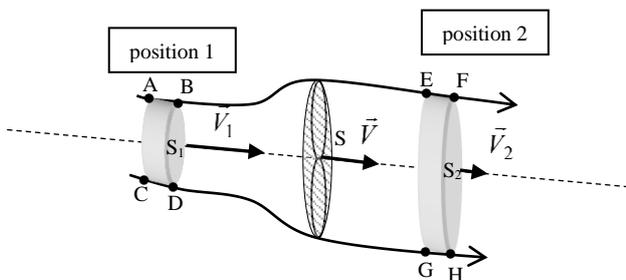


Figure 1 : vent traversant un disque éolien

La relation fondamentale de la dynamique classique exprime la variation de quantité de mouvement  $p(t)$  à  $t$  et  $p(t+dt)$  à  $t+dt$ . À  $t$ , on considère le système contenu dans ABEGDC, qui sera contenu dans BEFHGD à l'instant  $t+dt$ . Tout se passe comme si la quantité de matière contenue dans ABCD en position 1 était passée en position 2 dans EFGH.

Donc  $p(t+dt) - p(t) = \rho \cdot S \cdot V \cdot dt \cdot (V_2 - V_1)$  correspond au travail des forces extérieures. D'après le principe d'action et de réaction, il s'ensuit que la puissance reçue par l'éolienne est  $P_{éol} = \rho \cdot S \cdot V^2 \cdot (V_1 - V_2)$ .

Cette puissance peut aussi se déterminer par le théorème de l'énergie cinétique entre les positions 1 et 2.

$$dE_c = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V \cdot dt \cdot (V_2^2 - V_1^2) \text{ pour le fluide et la}$$

puissance reçue par l'éolienne est:

$$P_{éol} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V \cdot (V_1^2 - V_2^2). \text{ En égalisant les deux}$$

expressions, on obtient  $V = \frac{V_1 + V_2}{2}$ , et donc  $P_{éol} = \frac{1}{4}$

$$\cdot \rho \cdot S \cdot (V_1 + V_2) \cdot (V_1^2 - V_2^2) = \frac{1}{4} \cdot \rho \cdot S \cdot V_1^3 \cdot \left(1 + \frac{V_2}{V_1}\right) \cdot \left(1 - \frac{V_2^2}{V_1^2}\right).$$

Pour une vitesse de vent  $V_1$  donnée, on obtient un maximum de  $P_{éol}$  si  $V_2 = \frac{V_1}{3}$ ; dans ce cas

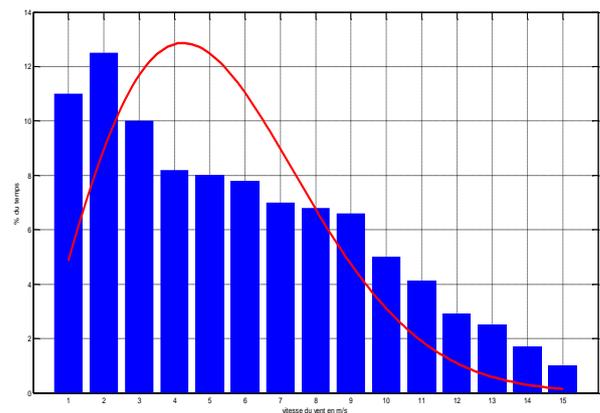
$$P_{éol\max} = \frac{16}{27} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V_1^3\right), \text{ ce qui est une expression de la}$$

limite de BETZ.

### 3. Étude statistique. Puissance du vent par unité de surface

Le vent n'est pas une source d'énergie à puissance constante puisque sa vitesse varie à tout instant. Par exemple, la mesure de la vitesse du vent sur le site de Pierrelatte (vallée du Rhône) pendant une année permet d'établir l'histogramme du vent.

% du temps	11	12.5	10	8.2	8	7.8	7	6.8
V(m/s)	1	2	3	4	5	6	7	8



6.6	5	4.1	2.9	2.5	1.7	1
9	10	11	12	13	14	15

Figure 2 : répartition statistique des vitesses

En un lieu donné, la vitesse du vent est comprise entre  $V$  et  $V+dV$  avec une probabilité  $f(V)$  pour  $k=2$ ,  $v_0=6,2$  m/s

$$dP = f(V)dV \text{ avec } f(V) = \frac{k}{v_0^2} \cdot V \cdot e^{-\left(\frac{V}{v_0}\right)^2} \text{ où } k \text{ est sans}$$

dimension et  $v_0$  une constante homogène à une vitesse. La probabilité d'avoir une vitesse comprise entre 0 et l'infini est de 100%, donc:

$$\int dP = \int_0^{\infty} f(V)dV = 1, \text{ soit en posant } x = \frac{V}{v_0},$$

$$\int dP = k \cdot \int_0^{\infty} x \cdot e^{-x^2} dx = 1.$$

Rappel: Les intégrales du type  $I_n = \int_0^{\infty} x^n \cdot e^{-x^2} dx = 1$

s'obtiennent par récurrence par  $I_n = \frac{n-1}{2} \cdot I_{n-2}$ , avec

$$I_0 = \int_0^{\infty} e^{-x^2} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \text{ et } I_1 = \int_0^{\infty} x \cdot e^{-x^2} dx = \frac{1}{2} \text{ (selon}$$

Nifenecker).

$$\text{Donc } k=2. \text{ On a alors } f(V) = \frac{2}{v_0^2} \cdot V \cdot e^{-\left(\frac{V}{v_0}\right)^2}.$$

La vitesse moyenne est donc définie par:

$$\langle V \rangle = \int_0^\infty V dP = \int_0^\infty V \cdot f(V) dV = 2 \cdot v_0 \cdot \int_0^\infty x^2 \cdot e^{-x^2} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \cdot v_0$$

Par ailleurs, la valeur moyenne de  $v^3$  est

$$\langle V^3 \rangle = \int_0^\infty V^3 dP = \int_0^\infty V^3 \cdot f(V) dV = 2 \cdot v_0^3 \cdot \int_0^\infty x^4 \cdot e^{-x^2} dx.$$

Donc  $\langle V^3 \rangle = \frac{3 \cdot \sqrt{\pi}}{4} \cdot v_0^3$ . On a établi le fait que la

puissance moyenne du vent est

$$\langle P \rangle = \left\langle \frac{dEc}{dt} \right\rangle = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot \langle V^3 \rangle, \text{ d'où la puissance moyenne}$$

par unité de surface:  $\langle P \rangle = \frac{3 \cdot \sqrt{\pi}}{8} \cdot \rho \cdot v_0^3$ .

Avec les données précédentes, on peut calculer  $\langle V \rangle = 5.5$  m/s et  $v_0 = 6.2$  m/s. Donc  $\langle P \rangle \approx 193$  W/m<sup>2</sup>.

#### 4. Profil de la pale

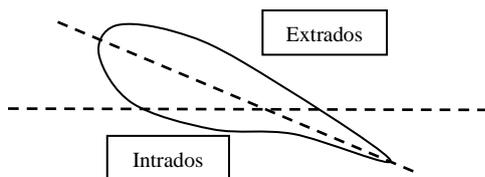


Figure 3 : profil de pale

La National Advisory Committee for Aeronautics (NACA) développa dans les années 1930 plusieurs séries de profils universellement utilisées. Exemple: NACA 23012 est un profil à 5 chiffres doté de 24 prises de pression statique notées de 1 à 12 coté extrados et de 13 à 24 coté intrados.

#### 5. Coefficients de traînée et de portance

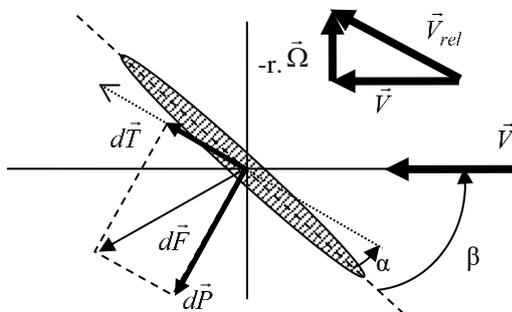


Figure 4 : forces appliquées à une pale

$r$  : distance de l'élément au centre

$\alpha$  : angle d'incidence

$\beta$  : angle de calage

Dans un repère lié à la pale, la vitesse du vent relatif résulte de la vitesse du vent absolu et de la vitesse linéaire due à la rotation de la pale. Ainsi,  $\vec{V} = \vec{V}_{rel} + r \cdot \vec{\Omega}$ .

La force élémentaire  $d\vec{F}$  s'exerçant sur un élément de la pale peut se décomposer:

- en une force  $d\vec{T}$  de même direction que le vent relatif ; la traînée.
- en une force  $d\vec{P}$  de direction perpendiculaire au vent relatif ; la portance.

Il en résulte une puissance élémentaire, qu'il s'agit d'intégrer sur la longueur  $R$  de la pale. En rapportant cette puissance totale  $P_a$  à la quantité

$P_{cin\_vent} = \left( \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V_1^3 \right)$ , on définit le coefficient de

puissance  $C_p = \frac{P_a}{P_{cin\_vent}}$  propre à l'éolienne. Ce coefficient

admet donc une limite théorique de  $\frac{16}{27}$  et est

usuellement exprimé en fonction de la variable

$\lambda = \frac{R \cdot \Omega}{V}$  appelée vitesse spécifique, qui est donc le

rapport de la vitesse linéaire en bout de pale sur la vitesse du vent absolu.

#### 6. Efficacité maximum (liée au profil)

Une fois le profil choisi, on peut examiner le rendement en fonction de l'angle de calage. Cette efficacité admet un maximum en fonction de ce dernier

puisque l'on peut établir une relation du type:

$$r = \frac{(\cos \beta)^3 \cdot (\sin \beta)^5}{(2 \cdot (\sin \beta)^2 + a)^3} \text{ (selon Nifenecker).}$$

$a$  : constante dépendant de l'épaisseur de la pale

Efficacité  $r$

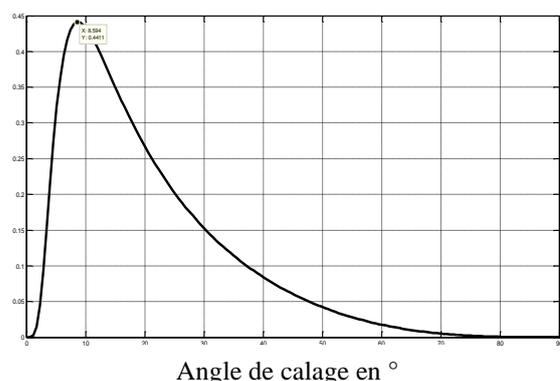


Figure 5 : efficacité d'une pale

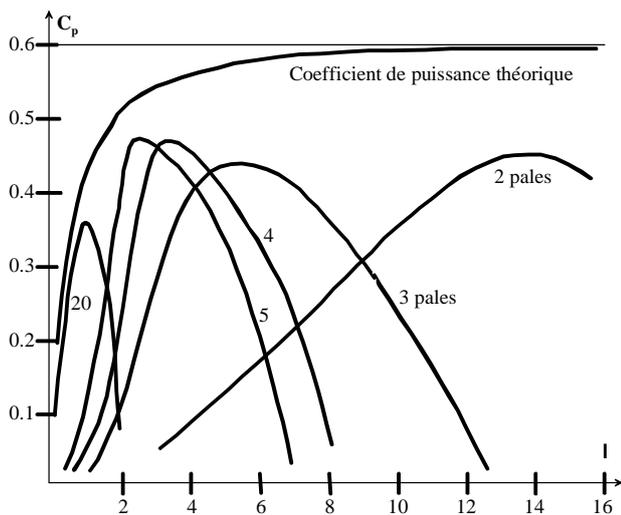


Figure 6 : courbes  $C_p(\lambda)$  en fonction du nombre de pales

### 7. Nombre de pales

D'après la relation de Betz, il est évident que la puissance récupérable dépend de la dimension des pales et non du nombre de celles-ci. Ceci étant, la vitesse de rotation est d'autant plus élevée que le nombre de pales est faible (Figure 6). Le principal problème étant l'effet d'abri existant devant le mat. Ainsi pour un nombre pair de pales, lorsque la pale inférieure passe devant le mat et subissant cet effet d'abri au maximum, la pale diamétralement opposée est, quant à elle, la plus éloignée des perturbations dues au mat. Il s'ensuit un déséquilibre mécanique nuisible. Par ailleurs, plus le nombre de pales est élevé et plus l'inertie permettra un lissage mécanique des fluctuations de la vitesse du vent. Par contre, le poids important des pales peut engendrer des oscillations du mat et de surcroît des coûts de construction supplémentaires.

De plus, une étude mécanique plus poussée permet de montrer que la vitesse en bout de pale doit être inférieure à 100 m/s pour éviter un effet de sillage pénalisant.

L'ensemble de ces contraintes conduit à un compromis menant à l'utilisation d'un système tripale comme on peut le constater sur les différents parcs éoliens.

### 8. Implantation

Afin d'augmenter la puissance utilisable, il est nécessaire de grouper les éoliennes. Il faut alors choisir l'espacement entre elles afin que la vitesse du vent ne soit pas trop réduite derrière un alignement.

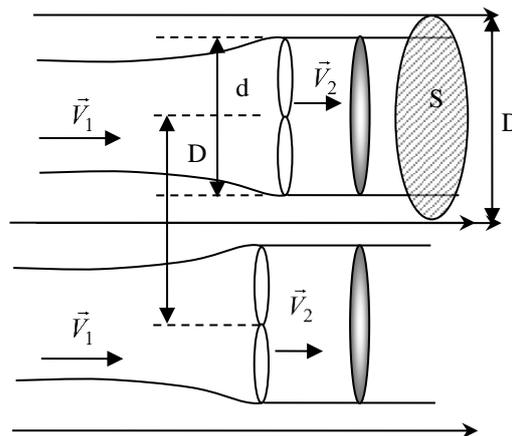


Figure 7 : éloignement des éoliennes

On sait que  $V_2 = \frac{V_1}{3}$ . D'après la conservation de la

matière, et en considérant  $V_{\text{moy}}$  la vitesse moyenne sur la surface  $S$ , on a :

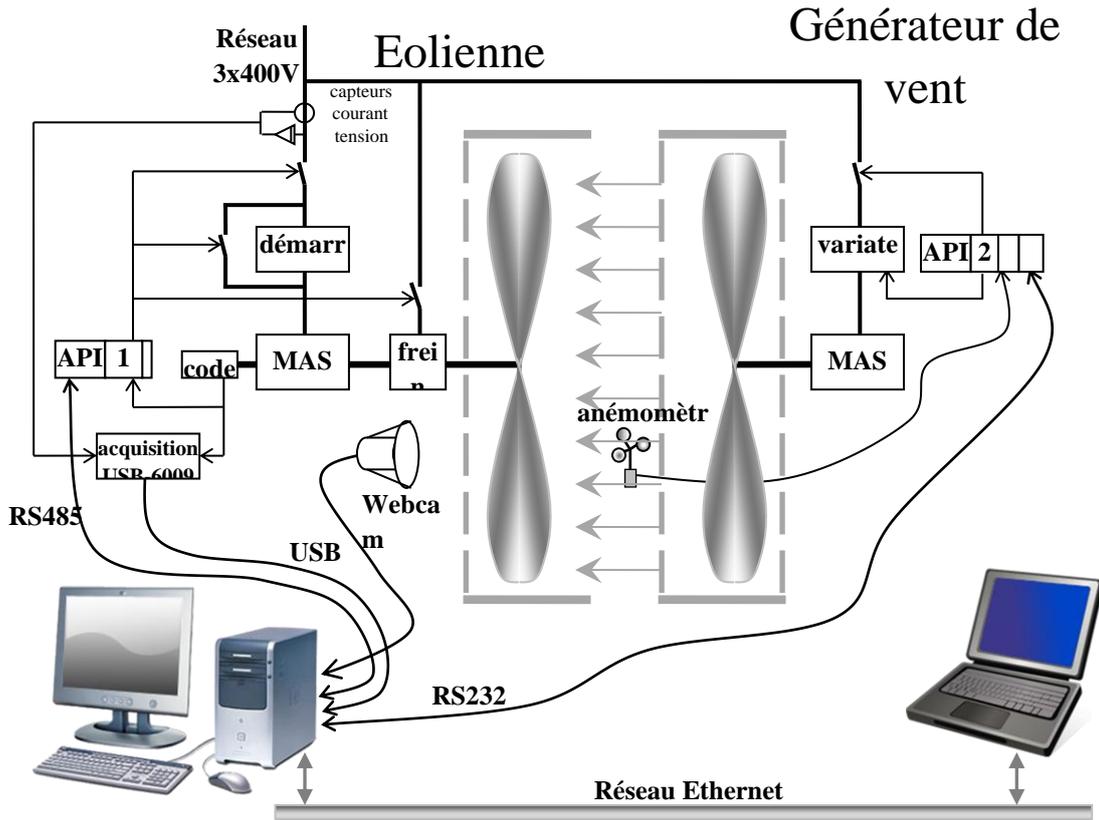
$$V_{\text{moy}} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{V_1}{3} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} + V_1 \cdot \left( \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right)$$

Soit  $V_{\text{moy}} = \frac{V_1}{3} \cdot \frac{d^2}{D^2} + V_1 \cdot \left( 1 - \frac{d^2}{D^2} \right)$ . Si on veut alors

une vitesse à l'arrière des éoliennes correspondant à 95% de la vitesse initiale, ce qui est réalisé dans la pratique, il faut que  $V_{\text{moy}} = 0,95 \cdot V_1$ . On obtient alors

$\frac{d}{D} = 0,387$  et  $D \approx 2,6 \cdot d$ . Sur site, on réalise  $D$  égal à 3 ou 5 diamètres d'éolienne dans le plan perpendiculaire à la direction des vents dominants, et  $D$  égal à 3 ou 9 diamètres d'éolienne dans le plan parallèle à la direction des vents dominants.

## 9. Synoptique de l'équipement



Contrôle commande :

La partie commande du banc est articulée autour d'un automate Crouzet pour la partie éolienne et d'un automate Omron pour le générateur de vent. Une supervision locale, accessible à distance par le réseau Ethernet sur un autre PC, utilise le logiciel Labview. Elle communique avec l'API 1 (protocole Modbus), avec l'API 2 (protocole Sysmac-Way), avec un boîtier USB-6009 de National Instruments d'acquisition de la tension, du courant et de la vitesse de l'éolienne et d'une webcam pour observer le comportement du système à distance.

### Ecran de supervision

#### Partie éolienne :

bp virtuels :

ordre de marche

ordre d'arrêt

déverrouillage du frein

indicateur et visualisation :

P, V, I, Wh et vitesse

#### Partie générateur de vent :

bp virtuels :

ordre de marche et d'arrêt

Run et Stop variateur

consigne vent de 0% à 100%

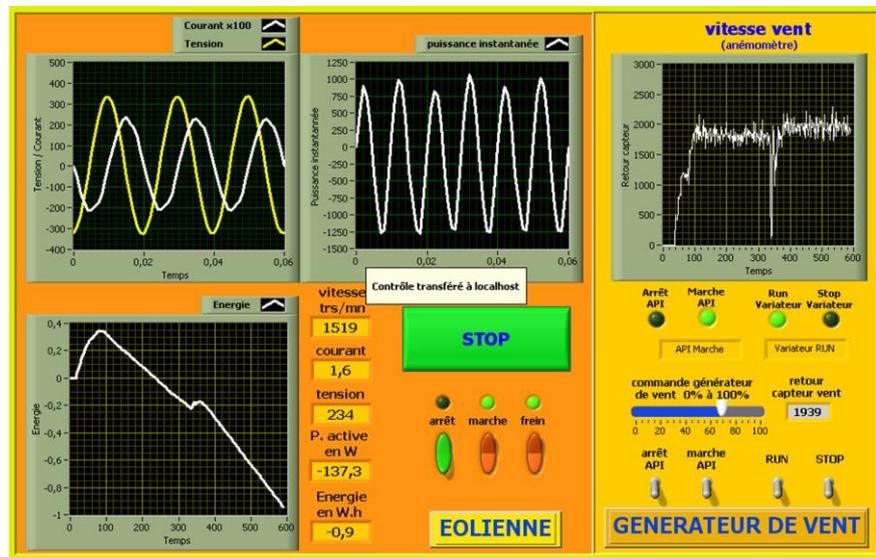
indicateur et visualisation :

vitesse du vent

bp arrêt général

*Le rôle de l'API 1* est de **commander** les deux contacteurs alimentation et court-circuitage du démarreur, de **surveiller** la vitesse de l'éolienne afin d'**éviter** l'emballement de la génératrice (franchissement du couple max) en alimentant le frein d'urgence.

*Le rôle de l'API 2* est de **gérer** l'alimentation du variateur 3G3MV, de **traiter** la consigne numérique de vent provenant de la supervision, d'**acquérir** la vitesse du vent pour la supervision et de **réguler** cette dernière.



**10. Vues du système complet**

**11. Enoncé du TP : Etude d'un générateur aérodynamique**

Une éolienne est un dispositif qui convertit l'énergie cinétique du vent en énergie électrique (aérogénérateur). Notre système est constitué d'un générateur de vent permettant de faire tourner une hélice qui entraîne directement une machine asynchrone connectée au réseau électrique.

Principe électrotechnique

La machine asynchrone peut fonctionner en génératrice hyper synchrone si son rotor est entraîné à une vitesse supérieure à la vitesse de synchronisme.

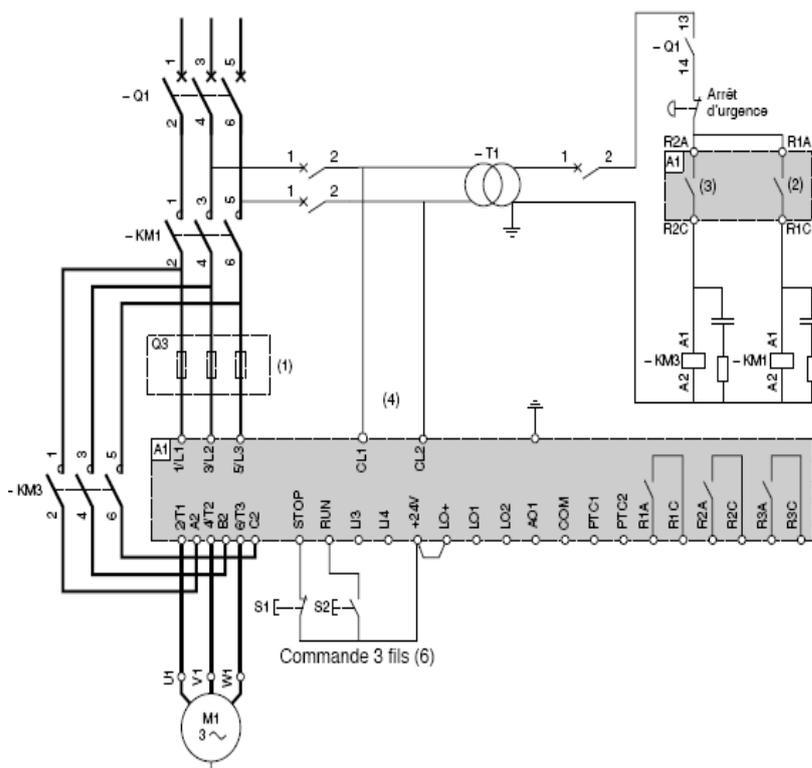
Ce fonctionnement n'est possible que si la machine est "accrochée" au réseau de distribution. Il faut donc dans un premier temps "lancer l'hélice" en utilisant un démarreur progressif, puis dans un second temps, court-circuiter ce démarreur.

Le système est alors livré à lui-même et deux types de fonctionnement sont possibles :

En l'absence de vent, la machine entraîne l'hélice (fonctionnement ventilateur)

En présence de vent suffisant, l'hélice tourne à une vitesse supérieure à  $N_s$ . (fonctionnement éolienne). L'énergie produite est renvoyée au réseau électrique en passant par KM3 (voir schéma ci-contre).

*Le démarreur Schneider ATS 48 permet un démarrage progressif de l'hélice.*



*Figure 8 : Lanceur de l'éolienne*

**PARTIE A : Analyse du système****A1 : Sens de circulation de l'énergie**

**Indiquer** par des flèches les sens de circulation de l'énergie pour les cas suivants :

- Régime transitoire de démarrage progressif. (vert).
- Fonctionnement en ventilateur couplé directement sur le réseau (rouge).
- Fonctionnement en aérogénérateur hyper synchrone (bleu).

**A2 : Machine asynchrone**

Après une visite dans le local du système, **relever** les caractéristiques de la machine associée à l'hélice.

En **déduire**:  $N_s$  (vitesse de synchronisme en trs/min) ;  $g_n$  (glissement nominal) et  $P_n$  (puissance nominale).

En étudiant la documentation constructeur, **déterminer**  $C_{nom}$  (le couple nominal) et  $C_{max}$  (le couple maximum).

**PARTIE B : Essais de fonctionnement**

Le système est très bruyant, aussi une interface Labview permet d'en :  
graphes significatifs du fonctionnement et de mesurer les paramètres suivant

Pelec	Puissance électrique échangée avec le réseau de distribution
N	Vitesse de rotation commune à l'hélice et au rotor du moteur (en trs/min)
Is	2 Valeur efficace du courant statorique
Cde	Commande du générateur de vent (0 à 100%)

**B1 : Lancer** en présence du professeur l'application Labview et **relever** par télémesure les paramètres  $P_{elec}$ , N et  $I_s$  pour une commande du vent variant de 0 à 100%. On présentera les résultats sous forme de tableau Excel.

**B2 : Interprétation des graphes de l'interface Labview**

**Indiquer et commenter** les allures des graphes "tension\_courant" pour la variable Cde réglée à 20% puis 90%.

**Indiquer et commenter** l'allure du graphe "énergie consommée" (en Wh) sur la durée de l'essai.

**PARTIE C : Etude de la conversion aéromécanique**

Soit  $P_{vent} = \frac{1}{2} S \rho V_e^3$  la puissance cinétique contenue dans

le disque éolien. Albert Betz a démontré que la part prélevée par les pales s'exprime par,

$$P_{dispo} = \frac{1}{4} \cdot S \cdot \rho \cdot (V_e^2 - V_s^2) (V_e + V_s)$$

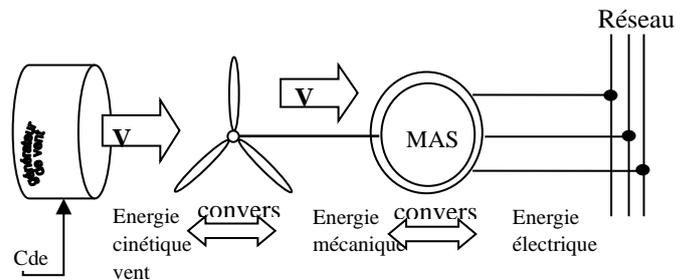
Avec,

S : disque éolien en  $m^2$

$\rho$  : masse volumique de l'air ( $1,226 \text{ kg/m}^3$  à  $15^\circ\text{C}$ )

$V_e$  : vitesse du vent (m/s) à l'entrée de l'éolienne

$V_s$  : vitesse du vent (m/s) en sortie de l'éolienne



Disque éolien : Surface du disque balayé par

Des mesures de  $V_e$  et  $V_s$  ont été effectuées à l'aide d'un capteur à fil chaud selon le tableau ci-dessous.

Cde %	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
$V_e$ m/s	3,2	3,6	4	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	7,5	8,7	9,9	11,1	12,3	13,5	14,7	15,9	17,1	18,3	19,5	20,7
$V_s$ m/s	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,8	7	7,1	7,2

Entrer ces données dans un **tableur** et,

**Calculer**  $P_{dispo}$  et  $P_{vent}$  en fonction de la commande (Cde).

**Tracer** sur un même graphe  $V_e = f(Cde)$  et  $V_s = f(Cde)$ .

**Conclure** en matérialisant sur ces graphes les zones de fonctionnement en ventilateur et en aérogénérateur.

**PARTIE D: Etude de la conversion mécanique électrique**

La machine asynchrone est le convertisseur électromécanique. L'objectif est d'estimer à partir de la mesure de la puissance électrique, la puissance mécanique mise en jeu. La figure 9 représente de manière arborescente, le sens et l'expression des puissances correspondant aux deux modes de fonctionnement.

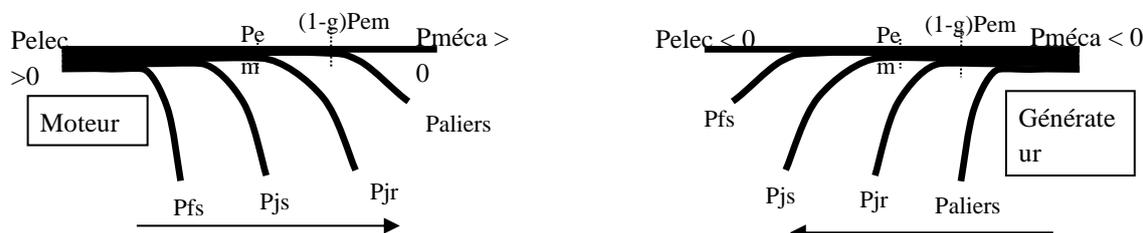


Figure 9 : bilan des puissances en convention récepteur

Remarques :

Les pertes non représentées sont négligées

Les pertes  $P_{fs}$  et  $P_{aliers}$  sont supposées constantes et seront nommées  $P_c$

$P_{em} = C_{em} \cdot \Omega_s$  est la puissance électromagnétique

$P_{js}$  pertes joule statorique =  $3 \cdot r_s \cdot I_s^2$  (avec  $r_s = 8,5 \Omega$ )

$P_{jr}$  pertes Joule rotorique. =  $g \cdot C_{em} \cdot \Omega_s$ .

**D1: Essai à vide:**

En ôtant l'hélice, nous avons mesuré  $P_{elec0} = 106,8 \text{ W}$  ;  $N_0 = 1496 \text{ tr/min}$  ;  $I_{s0} = 1,5 \text{ A}$ .

Ecrire le bilan des puissances correspondant à cet essai.

**Démontrer** que  $P_c$  vaut sensiblement  $49,5 \text{ W}$ .

**D2: Cem et Pjr**

L'expression simplifiée du couple électromécanique ( $C_{em}$ ) d'un moteur asynchrone peut être écrit sous la forme

$$C_{em} = 2 \cdot C_{max} \cdot \frac{1}{\frac{g_m}{g} + \frac{g}{g_m}} \quad g_m : \text{glissement pour le couple maximum} \quad (\text{prendre } g_m = 0,41)$$

En utilisant le tableau, à partir des grandeurs relevées à la question B1,

Pour chaque valeur de  $P_{elec}$  **calculer**  $g$ , puis  $C_{em}$  et  $P_{jr}$ .

Faire un bilan des pertes et **déterminer**  $P_{méca}$ .

**PARTIE E: Bilan de la chaîne de conversion**

Soit  $P_{captée} = - P_{méca}$ , la puissance mécanique fournie par l'hélice à la machine asynchrone.

L'inversion du signe permet de passer en convention générateur. (si  $P_{captée} > 0$ , fonctionnement en éolienne)

**Tracer** sur un même graphe  $P_{dispo} = f(V_e)$ ,  $P_{vent} = f(V_e)$  et  $P_{captée} = f(V_e)$ .

En considérant que  $P_{méca} = C_p \cdot P_{vent}$

**Déterminer** les valeurs de  $C_p$  (coefficient de puissance) pour les différentes valeurs de  $V_e$ .

Pour les valeurs positives de  $C_p$ , **Tracer**  $C_p = f(V_e)$ .

Soit  $\lambda = R \cdot \Omega / V_e$ , avec  $R = 0,5 \text{ m}$  et  $\Omega = \pi \cdot N / 30$ .

**Déterminer** les valeurs de  $C_p$  (coefficient de puissance) pour les différentes valeurs de  $\lambda$ .

Pour les valeurs positives de  $C_p$ , **Tracer**  $C_p = f(\lambda)$ .

## 12. Éléments de correction et synthèse

Le tableau ci-dessous donne l'ensemble des mesures et calculs.

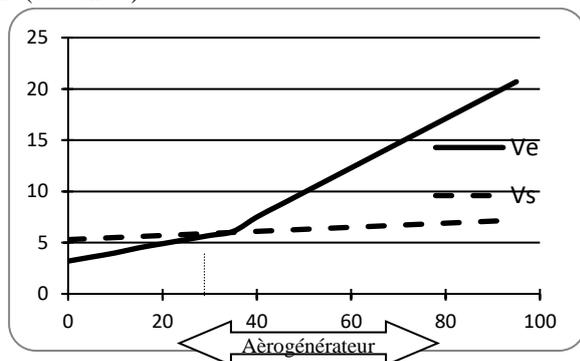
Pdispo	Vs	Ve	Cde	Pelec	N	Is	Pjs	Pjr	Pc	perles	Pméca	Pcaptée	Pvent	Cp	$\lambda$
-36,5	5,3	3	0	333	1476	1,5	57,4	3,48	49,5	110,36	222,6	-222,6	15,8	-14,13	24,15
-35,1	5,4	4	5	300	1479	1,4	50,0	2,67	49,5	102,15	197,9	-197,9	22,4	-8,82	21,51
-32,6	5,5	4	10	282	1480	1,5	57,4	2,42	49,5	109,29	172,7	-172,7	30,8	-5,61	19,37
-27,0	5,6	5	15	247	1483	1,5	57,4	1,75	49,5	108,62	138,4	-138,4	43,8	-3,16	17,26
-21,6	5,7	5	20	200	1485	1,4	50,0	1,36	49,5	100,84	99,2	-99,2	56,6	-1,75	15,87
-14,8	5,8	5	25	175	1488	1,4	50,0	0,87	49,5	100,35	74,6	-74,6	71,6	-1,04	14,70
-6,5	5,9	6	30	150	1491	1,4	50,0	0,49	49,5	99,97	50,0	-50,0	89,1	-0,56	13,70
3,5	6	6	35	131	1496	1,4	50,0	0,10	49,5	99,58	31,4	-31,4	109,2	-0,29	12,84
62,3	6,1	8	40	91	1498	1,4	50,0	0,02	49,5	99,50	-8,5	8,5	202,9	0,04	10,46
133,5	6,2	9	45	50	1499	1,5	57,4	0,01	49,5	106,88	-56,9	56,9	316,7	0,18	9,02
227,2	6,3	10	50	0	1501	1,4	50,0	0,01	49,5	99,49	-99,5	99,5	466,7	0,21	7,94
346,2	6,4	11	55	-25	1506	1,4	50,0	0,22	49,5	99,70	-124,7	124,7	657,8	0,19	7,10
493,0	6,5	12	60	-55	1508	1,5	57,4	0,39	49,5	107,26	-162,3	162,3	895,1	0,18	6,42
670,4	6,6	14	65	-105	1512	1,4	50,0	0,87	49,5	100,35	-205,4	205,4	1183,4	0,17	5,86
881,1	6,7	15	70	-155	1514	1,5	57,4	1,19	49,5	108,06	-263,1	263,1	1527,9	0,17	5,39
1127,7	6,8	16	75	-180	1521	1,5	57,4	2,67	49,5	109,54	-289,5	289,5	1933,5	0,15	5,01
1413,0	6,9	17	80	-230	1524	1,5	57,4	3,48	49,5	110,36	-340,4	340,4	2405,1	0,14	4,67
1739,5	7	18	85	-280	1527	1,6	65,3	4,41	49,5	119,19	-399,2	399,2	2947,8	0,14	4,37
2110,1	7,1	20	90	-310	1536	1,7	73,7	7,82	49,5	131,02	-441,0	441,0	3566,6	0,12	4,12
2527,3	7,2	21	95	-350	1539	1,7	73,7	9,17	49,5	132,37	-482,4	482,4	4266,3	0,11	3,89

**B2 :** Les graphes de l'interface Labview montrent clairement que pour  $Cde = 20\%$  le fonctionnement est du type ventilateur. La MAS consomme de l'énergie (pente ascendante du graphe des énergies et déphasage tension\_courant inférieur à  $\pi/2$ ).

Pour  $Cde = 90\%$ , la MAS fournit de l'énergie au réseau (pente descendante du graphe de l'énergie et déphasage supérieur à  $\pi/2$ ).

### Partie C :

$Ve$  et  $Vs$  (en m/s) en fonction de la commande du vent (cde en %)



A partir de 40%, le vent d'entrée est supérieur au vent en sortie d'éolienne. C'est le changement de régime correspondant au passage en mode éolien.

### Partie D

#### D1 : Essai à vide

$$P_{elec0} = 106,8 \text{ W} = P_c + P_{js}$$

$$P_c = 106,8 - 3 \cdot 8,5 \cdot 1,5^2 = 49,5 \text{ W}$$

#### D2 : Cem et Pjr

Le bilan des pertes conduit à écrire

$$P_{méca} = P_{elec} - \text{perles}$$

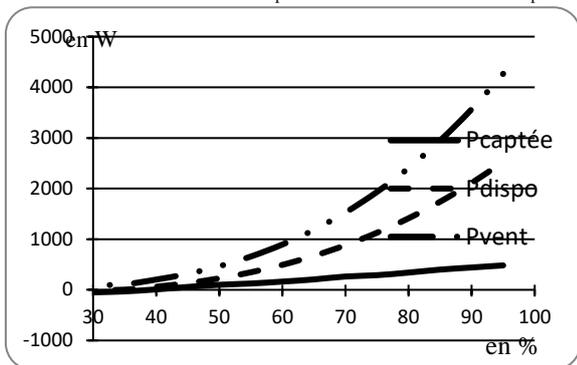
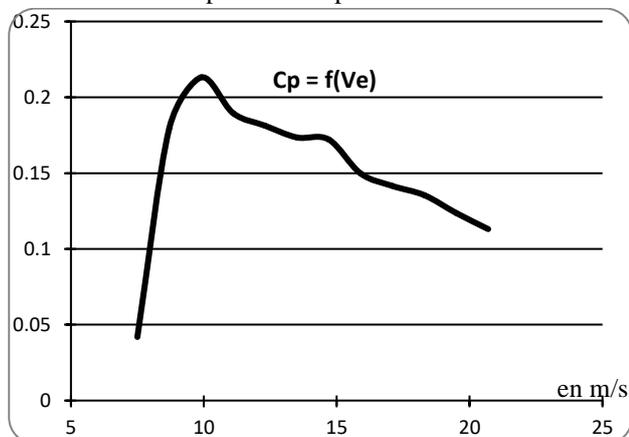
Cette relation reste valable en mode générateur du fait de l'inversion des signes des puissances.

$$(\text{Ex pour } Cde = 60\% ; P_{méca} = -55 - 107 = -162 \text{ W})$$

**Partie E :**

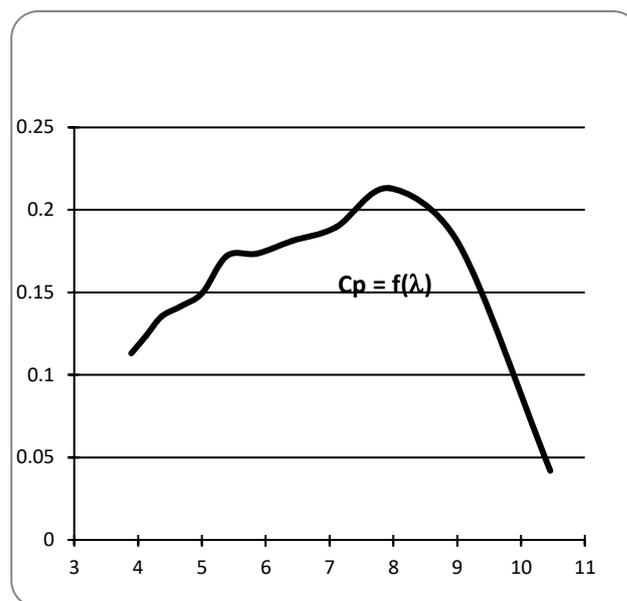
Aux alentours d'un vent de 7 m/s à l'entrée,  $P_{\text{captée}}$  devient positive.

Bien évidemment  $P_{\text{captée}}$  reste inférieure à  $P_{\text{dispo}}$ .


**Coefficient de puissance  $C_p$** 


Dans notre cas, la valeur maximum de  $C_p$  est de 0,22 ce qui est assez faible par rapport à la valeur théorique maximum de 0,596. Nous *suspectons* que des turbulences liées au local et à la mauvaise circulation des flux d'air réduisent ce coefficient.

$$C_p = f(\lambda)$$



$C_p$  est maximum pour une vitesse spécifique  $\lambda$  proche de 8, ce qui est compatible avec les hélices tripales.

**13. Bibliographie :**

Physique des éoliennes H. Nifenecker  
 (adresse site: [ex.sauvonsleclimat.org/new/spip/IMG/pdf/physique.pdf](http://ex.sauvonsleclimat.org/new/spip/IMG/pdf/physique.pdf))  
 Sujet d'agrégation de Génie électrique 2003  
 Site [windpower.org/fr](http://windpower.org/fr)

# Les spécificités du BTS électrotechnique en apprentissage en U.F.A. privée

**Abdelmalek HAMADA, Sylvain SERSOUB, Coralie VACHET, Angélique POT-LEROUX et Régis MONIN**

Professeurs d'électrotechnique, professeur d'économie-gestion, coordinatrice administrative de l'U.F.A. et chef de travaux S.T.I.

U.F.A. Maurice Rondeau - Lycée des métiers de l'électrotechnique et de la maintenance, Bussy-Saint-Georges

Contact : lyceerondeau.cdtx@wanadoo.fr

**Résumé :** Cet article décrit les relations entre les apprentis, l'entreprise et l'U.F.A. et montre que ce type de formation permet de déboucher sur des résultats positifs.

## 1. Introduction

Le Lycée Maurice Rondeau est un lycée polyvalent privé sous contrat d'association avec l'état. Situé à Bussy Saint Georges en plein cœur de la ville nouvelle de Marne La Vallée, il a ouvert ses portes en septembre 1990.

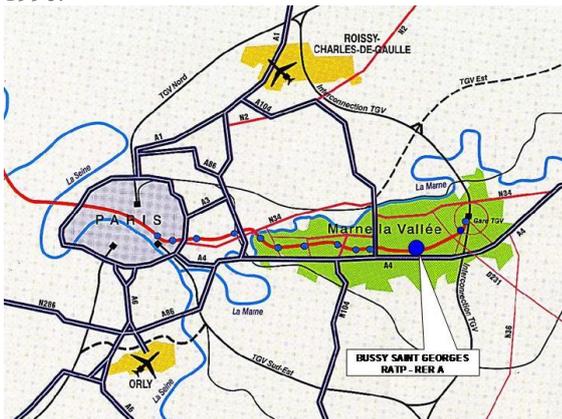


Figure 1 : Implantation du Lycée Maurice Rondeau

Dès son ouverture le Lycée Maurice Rondeau abrite un lycée professionnel, un lycée technologique ainsi qu'un centre de formation, tous trois tournés vers les métiers de l'électrotechnique.

En 2001, le centre de formation qui jusqu'alors proposait la formation préparant au BTS électrotechnique en contrat de qualification, acquiert le statut d'Unité de Formation d'Apprentis (U.F.A.). Il est rattaché à un C.F.A. parisien : le CERFAL. Dès lors la formation préparant au BTS électrotechnique s'effectue en appliquant les règles de l'apprentissage.

En 2003, Le Lycée Maurice Rondeau obtient le label "Lycée des métiers de l'électrotechnique et de la maintenance" qu'il renouvelle en 2008 avec succès.

2008, c'est aussi l'année de la première session d'examen du BTS électrotechnique rénové. Cette réforme entraîne l'introduction d'épreuves évaluées en Contrôle en Cours de Formation (C.C.F.).

L'Unité de Formation d'Apprentis Maurice Rondeau est habilitée à pratiquer le C.C.F.

## 2. Qu'est-ce que la formation en apprentissage?

La formation en apprentissage permet de se former à la fois sur les bancs de l'école et en entreprise. Au même titre que la voie scolaire, la voie par l'apprentissage fait partie de la formation initiale. Cependant, elle facilite l'entrée dans le monde du travail.

Cette formation s'adresse plus particulièrement à des jeunes âgés de 15 à 25 ans qui sont à la recherche d'une formation différente leur permettant d'associer savoirs, compétences et insertion dans la vie active. Le fait de bénéficier d'une rémunération mensuelle est également un élément non négligeable concernant le choix de se former par cette voie. Cette rémunération est perçue tout au long de la formation et elle correspond à un pourcentage du SMIC suivant l'âge et l'année de formation de l'apprenti.

Pourcentage du SMIC durant la formation		
Age	1 <sup>ère</sup> année	2 <sup>ème</sup> année
15-17 ans	25%	37%
18-20 ans	41%	49%
21-25 ans	53%	61%

La tranche d'âge 15-17 ans ne concerne pas les étudiants préparant le BTS Electrotechnique car ils doivent être titulaires d'un baccalauréat technologique, professionnel ou général.

Le jeune signe un contrat d'apprentissage de deux ans dans le cadre d'une formation menant à l'obtention du diplôme du BTS électrotechnique.

Il alterne des périodes d'une semaine à L'U.F.A et une semaine dans l'entreprise signataire du contrat.

Ce contrat lie les trois parties suivantes : l'employeur, le jeune et l'U.F.A.. Dès la signature de celui-ci, le jeune devient un salarié à part entière de l'entreprise et dans ce cadre il bénéficie de tous les avantages mais doit aussi respecter toutes les obligations de son nouveau statut d'apprenti.

### 3. S'inscrire à l'U.F.A.

L'U.F.A. Maurice Rondeau, déjà bien implanté à Marne La Vallée, se doit de renouveler sans cesse la communication auprès des familles, des professionnels, d'autres établissements d'enseignement, des C.I.O., des mairies, etc... Elle s'appuie sur la stratégie de communication mise en place par le Lycée Maurice Rondeau.

Les moyens utilisés sont les suivants:

- brochure de présentation de l'U.F.A..
- site internet [www.lyceerondeau.eu](http://www.lyceerondeau.eu).
- publication d'articles dans la presse locale et le bulletin municipal.
- organisation de journées portes ouvertes en mars et en mai.
- organisation d'un forum des métiers en janvier.
- présentation des différentes formations dans les lycées privés sous contrat voisins.
- exposition de la formation sur les salons locaux (SIMT à Chelles, et CAPAMOA à Lognes notamment)



**Figure 2** : Les apprentis exposent au salon de l'intelligence de la main et de la technologie à Chelles (Nov 2010)

L'U.F.A Maurice Rondeau est membre de l'A.J.E. - Club de Val de Bussy (Association Jeunesse Entreprise) et sollicite les entreprises partenaires pour effectuer de nouveaux recrutements.

Toutes ces démarches de promotion nous permettent de sensibiliser les jeunes et les entreprises au choix de se former et de former par l'apprentissage.

Jusqu'à présent, l'U.F.A. Maurice Rondeau n'est pas référencée dans le système d'orientation A.P.B (Admission Post Baccalauréat). C'est pourquoi, les procédures d'inscription en section de technicien supérieur en électrotechnique sont spécifiques. Le futur apprenti nous adresse un dossier comportant les bulletins des deux dernières années précédant l'obtention de son baccalauréat, un curriculum vitae et une lettre de motivation. Après étude de son dossier, le futur apprenti est reçu en entretien individuel par le chef d'établissement de l'U.F.A. au cours duquel il reçoit, si son profil scolaire correspond, un dossier de pré-inscription.

L'inscription de l'apprenti à l'U.F.A. ne sera définitive que lorsqu'il aura obtenu son baccalauréat et qu'il aura l'assurance de signer un contrat d'apprentissage à la rentrée de septembre. (Cette assurance est matérialisée par une promesse d'embauche de l'employeur.)

Si malheureusement, le jeune n'a pas pu "décrocher" de contrat d'apprentissage en septembre, nous lui proposons (si c'est un candidat vraiment sérieux) de l'inscrire dans un dispositif d'accès à l'apprentissage mis en place par le Conseil Régional d'Ile De France. Ce dispositif lui permet de commencer la formation sans employeur. Il devient stagiaire de la formation professionnelle pendant une période déterminée. Pendant ce temps, le jeune est naturellement soutenu dans ces démarches par le biais des relations établies entre l'U.F.A. et les employeurs.

### 4. Décrocher un contrat d'apprentissage

Depuis son ouverture, l'U.F.A. Maurice Rondeau (direction et équipes pédagogiques) n'a eu de cesse d'améliorer la formation dispensée aux apprentis mais aussi de trouver des solutions à des problèmes spécifiques à l'apprentissage.

En effet, nous avons constaté que certains élèves issus d'un baccalauréat par la voie scolaire et souhaitant poursuivre leur cursus par la voie de l'apprentissage, avaient du mal à trouver une entreprise d'accueil.

Cette difficulté est liée d'une part, à la recherche des entreprises ayant le profil pour accompagner un jeune dans la préparation d'un BTS électrotechnique et d'autre part, à une méconnaissance de la réalité professionnelle concernant les différentes étapes de la recherche d'une entreprise.

Afin de pallier la difficulté de trouver une entreprise, l'U.F.A. Maurice Rondeau a décidé de renforcer deux actions :

- développer des partenariats avec les entreprises ayant déjà travaillé avec l'U.F.A.. Cette initiative a permis de constituer un fichier d'entreprises référentes.
- mettre en place un module de Technique de Recherche d'Entreprise (T.R.E.) : CV, lettre de motivation, techniques d'entretien d'embauche et attitudes professionnelles.

Les apprentis inscrits à l'U.F.A. et qui au mois de juin n'ont toujours pas trouvé d'entreprise d'accueil sont convoqués au module T.R.E.. Ce dernier se déroule fin juin ou début juillet sur quatre jours. Les thèmes de travail sont les suivants :

- remise en forme du C.V. et de la lettre de motivation. Mise en avant des expériences professionnelles et des compétences souvent insuffisamment développées pour un recruteur.
- techniques d'entretien à l'embauche et attitudes professionnelles. Dans cette étape, il s'agit d'effectuer des simulations d'entretien d'embauche afin d'aborder au plus près la réalité professionnelle. Ces entretiens sont réalisés par l'enseignant référent. A terme nous souhaiterions y associer un professionnel.

Ces simulations nous permettent d'aborder en parallèle les attitudes professionnelles à adopter. Souvent éloignés de la réalité professionnelle, les futurs apprentis sont formés sur les fondamentaux du comportement en entreprise et en entretien d'embauche (tenue, vocabulaire, etc...).

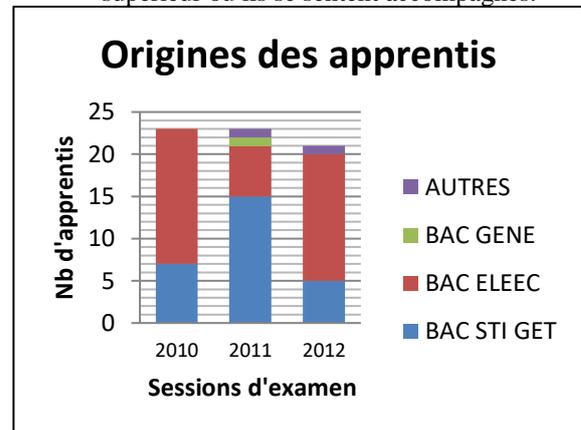
Ce module de Technique de Recherche d'Entreprise s'est révélé être une véritable aide pour les élèves afin de concrétiser leur projet d'intégration de la voie de l'apprentissage mais aussi une aide à leur future insertion professionnelle à la fin de leur cursus. C'est pourquoi nous continuons aujourd'hui de proposer ce module au mois de juin et nous souhaitons l'améliorer en instaurant dès le mois de janvier plusieurs séances visant à accompagner les futurs apprentis dans leurs recherches dès leur pré-inscription à l'U.F.A.

## 5. Le profil des apprentis recrutés

Les apprentis recrutés en STS électrotechnique proviennent essentiellement des filières suivantes :

- baccalauréat STI Génie électrique option électrotechnique. Une voie logique pour des bacheliers technologiques qui veulent s'insérer dans la vie professionnelle.

- baccalauréat professionnel ELEEC (Electrotechnique, Energie, Equipements Communicants) préparé en voie scolaire ou par l'apprentissage. Une chance pour des jeunes bacheliers professionnels qui se sont accrochés et qui souhaitent poursuivre des études supérieures. Lorsqu'ils ont suivi leur formation de bachelier par la voie de l'apprentissage, ils sont bien souvent poussés à continuer par leurs employeurs. Dans ce cas, les jeunes ont déjà une expérience solide dans l'entreprise et ne sont plus perturbés par le mode de formation qu'ils connaissent déjà.
- baccalauréat série S (scientifique). Des cas isolés de jeunes qui choisissent un cycle court dans l'enseignement supérieur et qui sont motivés par une insertion professionnelle rapide.
- 1<sup>ère</sup> année d'université. Des jeunes qui ont échoué à leur première année d'université et qui cherchent une formation en enseignement supérieur où ils se sentent accompagnés.



## 6. La formation à l'U.F.A.

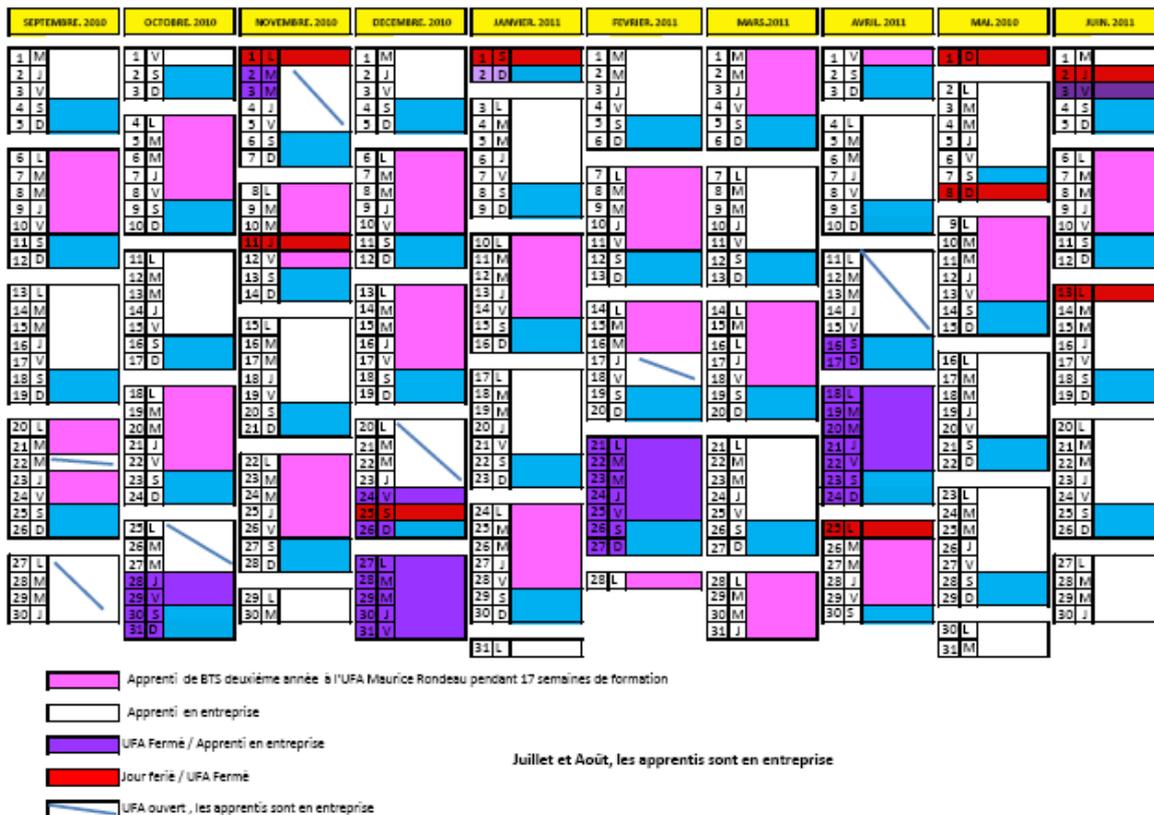
Le volume horaire accordé pour préparer un BTS électrotechnique en contrat d'apprentissage est de 1430 heures passées à l'U.F.A.. De part la nature du contrat de travail, la semaine de travail ne doit pas excéder 35 heures.

Il s'agit donc de répartir le volume horaire sur les 2 années soit 730 heures en 1<sup>ère</sup> année et 700 heures en 2<sup>ème</sup> année. La principale difficulté dans la construction du calendrier de la 2<sup>ème</sup> année réside dans la prise en compte des différents temps forts des épreuves en C.C.F.. En effet, "les fenêtres de tirs" programmées dans le référentiel doivent être strictement respectées et nécessitent la présence des apprentis à l'U.F.A..

UFA MAURICE RONDEAU

BTS ELECTROTECHNIQUE 2ème ANNEE

SESSION 2010/2011



### 7. Les liens entre l'entreprise et l'U.F.A.

Les relations avec les entreprises sont administratives et pédagogiques.

Du point de vue administratif, les relations sont gérées par la coordinatrice administrative de l'U.F.A.. Il s'agit de gérer les éléments liés au contrat d'apprentissage.

Du point de vue pédagogique, l'entreprise est liée à l'U.F.A. par l'intermédiaire du carnet du maître d'apprentissage qui décrit les procédures et les dates clés de la formation et le carnet de suivi d'apprenti dans lequel l'apprenti consigne ses activités hebdomadaires en entreprise et à l'U.F.A.. Ce dernier sert de support lorsqu'il y a rencontre entre un acteur de l'équipe pédagogique (formateur, coordinatrice administrative, chef d'établissement, etc...) et un acteur de l'entreprise (maître d'apprentissage, chef de service, directeur, etc...).

Une fois par an, L'U.F.A. organise "la réunion des tuteurs". C'est un moment privilégié qui permet aux différents maîtres d'apprentissage de rencontrer les formateurs de l'U.F.A.. Elle a lieu fin novembre ou début décembre. Pour les entreprises venant d'embaucher un apprenti en 1<sup>ère</sup> année, c'est le moment de découvrir les installations de l'U.F.A. et

de prendre connaissance de certains points de détail concernant la formation. Pour les entreprises qui accompagnent un apprenti en 2<sup>ème</sup> année, c'est l'occasion de faire un point sur le calendrier des épreuves en C.C.F. qui vont se dérouler à partir de janvier.



Figure 3: Réunion des tuteurs (Déc 2009)

### 8. Mission du formateur de l'U.F.A.

Au-delà de dispenser des cours, le formateur d'apprentissage doit s'investir dans le suivi de la formation des apprentis, à l'U.F.A. ainsi qu'en entreprise. Nous nous apercevons que même si la

rémunération des formateurs d'apprentissage à l'U.F.A. Maurice Rondeau est calculée pour des vacances horaires, le mode d'évaluation pratiqué qui est majoritairement en C.C.F. (Contrôle en Cours de Formation) demande une grande disponibilité. Les formateurs de l'U.F.A. Maurice Rondeau occupent majoritairement des postes d'enseignants au sein du Lycée Maurice Rondeau dans les filières technologiques et professionnelles ce qui permet une grande présence au sein de l'établissement. La plupart d'entre eux est issue du rang des agrégés, certifiés ou P.L.P. et ce pour la majorité des disciplines enseignées. Cela favorise une grande stabilité et une grande implication de l'équipe pédagogique qui réagit instantanément en fonction de l'évolution des apprentis.

### 9. Mission du maître d'apprentissage

L'entreprise d'accueil est le lieu d'activités non scolaires qui permet à l'apprenti :

- d'apprendre à travailler en situation nouvelle.
- de découvrir l'entreprise dans ses fonctions, ses contraintes et ses structures.
- de s'insérer dans une équipe de professionnels.
- de développer des compétences liées aux relations humaines et professionnelles.

Le maître d'apprentissage doit favoriser l'intégration progressive du jeune. Son rôle permet :

- d'accueillir le jeune et le présenter aux interlocuteurs internes et externes à l'entreprise.
- de présenter le fonctionnement de l'entreprise.
- d'attribuer aux jeunes un environnement personnel (matériels, outils, etc...).
- de sensibiliser tous les salariés au fait que l'apprenti est un salarié à part entière avec des droits et des devoirs
- d'identifier la place de l'apprenti dans l'entreprise.

Le maître d'apprentissage doit assurer l'encadrement de l'apprenti. Sa mission consiste à :

- proposer à l'apprenti un poste adapté à ses compétences et à son potentiel en terme de progression pendant sa formation.
- faire participer l'apprenti à un grand nombre de tâches du service pour en comprendre la réalité professionnelle.
- donner confiance à l'apprenti afin de favoriser son sens de l'investissement, accroître sa disponibilité, et lui laisser prendre des initiatives.

- former l'apprenti aux compétences professionnelles du métier.
- contrôler avec lui ses missions. Faire le point régulièrement sur son travail et sa méthode de travail. Le conseiller et rectifier ses erreurs
- rendre compte à la direction de l'entreprise des difficultés éventuelles à remplir son rôle vis à vis de l'apprenti.
- évaluer quotidiennement l'apprenti par le biais du carnet de suivi d'apprenti.

(Extrait du carnet du maître d'apprentissage que l'on remet en début de chaque année à l'entreprise.)



Figure 4 : Deux maîtres d'apprentissage témoignent au séminaire académique du BTS électrotechnique à Meaux (Mar 2009)

### 10. Activités des apprentis et génie électrique

Une forme d'enseignement retenue dans les cours de génie électrique consiste à réinvestir les activités liées aux emplois tenus par les apprentis dans les entreprises.

Cette forme de cours peut-être mise en place en respectant trois étapes distinctes.

La première étape consiste, le plus tôt possible, à rencontrer en entreprise le maître d'apprentissage et l'apprenti pour prendre connaissance des activités de l'entreprise et identifier les différents domaines de l'électrotechnique abordés. Un échange doit s'établir entre le formateur d'apprentissage et le maître d'apprentissage sur les contenus de formation préparant au BTS électrotechnique et les tâches attendues du futur technicien supérieur en lien direct avec le référentiel.

La deuxième étape consiste, pour le formateur d'apprentissage, à restituer à ses collègues de l'équipe pédagogique les différentes activités significatives effectuées par les différents apprentis dans les différentes entreprises. Les cas réels, les plus significatifs, sont retenus et approfondis en physique appliquée, en génie électrique et en essais de systèmes.

La troisième étape consiste à impliquer l'apprenti dans la rédaction d'exposés, voire de cours, celui-ci s'appuyant directement sur ses activités professionnelles en relation directe avec le référentiel. Cette démarche permet de créer une dynamique d'équipe entre le maître d'apprentissage, l'apprenti et le formateur d'apprentissage. Le travail de l'apprenti se trouve valorisé et il est plus facile de lui expliquer d'autres situations similaires. Cela permet aussi d'obtenir une écoute plus active des autres apprentis qui savent que dorénavant eux aussi auront la charge d'un exposé.



*Figure 5 : Les apprentis au CERGE Vitry sur Seine (Nov 2009)*

### 11. Le projet technique industriel

Pour les apprentis, le règlement d'examen impose que le projet technique industriel soit obligatoirement réalisé en entreprise. Il s'agit pour le candidat de valider l'épreuve E5-Projet Technique Industriel – Présentation du projet. Le candidat apprenti prendra appui sur un projet qu'il aura conduit en entreprise pendant la seconde moitié de son contrat d'apprentissage. La difficulté pour l'équipe pédagogique et le maître d'apprentissage est de définir le contenu du projet et l'activité présumée de l'apprenti.

Dès la fin de la première année de formation, au mois de juin à l'issue de la période du stage ouvrier, une rencontre entre le formateur chargé du suivi de l'apprenti et le maître d'apprentissage permet de dégager un thème de projet. Il s'agit pour l'entreprise de prévoir, environ sept mois à l'avance, le besoin d'un client et la possibilité de laisser le soin à l'apprenti de trouver les solutions pour satisfaire ce besoin. Deux cas peuvent se présenter. Premièrement, l'entreprise dans le cadre de ses activités commerciales répond aux besoins de son client. Deuxièmement, l'entreprise dans le cadre du développement de ses produits ou de l'amélioration de son outil de production répond à ses propres besoins.

On s'aperçoit que l'on peut assez rapidement, suivant le domaine d'activité de l'entreprise, identifier les cas auxquels nous allons être confrontés.

- Electricien général en installation tertiaire.  
⇒ Client externe.
- Fabricant de machines ou d'équipements industriels.  
⇒ Client externe.
- Fabricant de produits utilisant des lignes de production.  
⇒ Client interne.
- Entreprise de transport (ferroviaire en général).  
⇒ Client interne.
- Fournisseur d'énergie (électricité, gaz) ou de fluide (eau).  
⇒ Client interne.

SESSION D'EXAMEN ⇔	2008	2009	2010	2011
⇓ACTIVITE				
Electricien général en installation tertiaire	7	7	10	6
Fabricant de machines ou d'équipements industriels	3	3	3	3
Fabricant de produits ou de biens de consommations	1	0	1	3
Entreprise de transport (ferroviaire) et sous-traitant	1	1	2	3
Fournisseur d'énergie (électricité) ou de fluide (eau)	4	5	7	7
<b>Nombre d'apprentis et de projets</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>23</b>	<b>22</b>

Lorsque le besoin du client est identifié, il est retenu, conjointement par l'équipe pédagogique et le maître d'apprentissage, comme thème et dès septembre, commence la rédaction du dossier de présentation du projet. La difficulté est de ne pas tomber dans le piège qui consiste à créer un besoin artificiel qui deviendra prétexte à la réalisation d'un projet. Dans notre mode de fonctionnement, c'est l'apprenti sous les directives de son maître d'apprentissage qui rédige son dossier de présentation du projet. En effet, dans une classe de vingt-quatre apprentis cela se traduit par vingt-quatre projets. Le formateur d'apprentissage tient alors le rôle de guide et de conseiller des apprentis. L'apprenti s'attache à la rédaction de la typologie, de la présentation, de l'objectif, du synoptique et du cahier des charges du projet. Conjointement le formateur d'apprentissage et le maître d'apprentissage définissent le contrat individuel des tâches. Dans certains cas le projet est réalisé en équipe avec d'autres salariés de l'entreprise, il s'agit de définir avec rigueur les tâches réellement confiées à l'apprenti.

A la première commission de validation, rares sont les projets qui sont acceptés sans réserve. La plupart des cas de refus, est liée au manque de précision et à la confusion de l'apprenti sur la nature des informations qui doivent figurer dans les rubriques présentation, objectifs, et cahier des charges du projet. Au mois de septembre, puis au mois de novembre, juste avant la seconde commission de validation une grande partie des heures de cours de génie électrique ou d'essais de systèmes se transforme en séance de rédaction du dossier de présentation du projet. Même le chef de travaux se trouve directement sollicité par les étudiants apprentis pour apporter des corrections orthographiques et des idées sans parti pris!

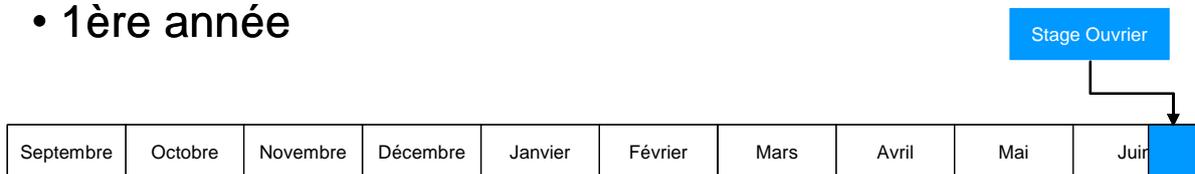
Même si les activités en entreprise entraînent des rythmes de travail moins tranchés qu'à l'école, nous considérons que la phase de réalisation du projet débute à l'issue de la période définie comme stage de technicien, c'est-à-dire début février. A partir de ce moment s'enchaînent les trois revues de projet. Les deux premières, qui sont la revue d'organisation de projet et la revue de conception de projet, peuvent être évaluées à L'U.F.A.. Dans certains cas le maître d'apprentissage y participe.

La troisième, qui est la revue de mise en œuvre de projet, doit être organisée sur l'installation ou sur l'équipement et nécessite la présence du formateur d'apprentissage, de l'apprenti et du maître d'apprentissage qui représente l'entreprise et garde au final la responsabilité de l'installation ou de l'équipement. Ces trois revues permettent l'évaluation en contrôle en cours de formation du travail de l'apprenti.

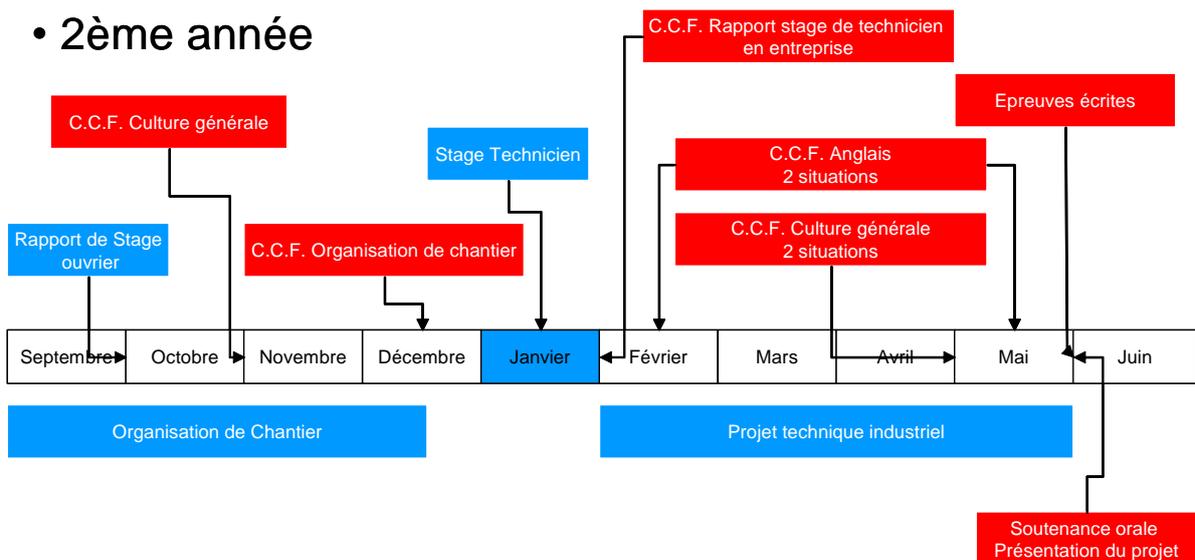
La soutenance du projet est organisée fin juin, le jury est constitué par un professeur de génie électrique et un professeur de physique appliquée. Le maître d'apprentissage est présent lors de la présentation du candidat mais n'intervient pas. Le jury peut cependant demander des précisions au maître d'apprentissage. Bien souvent il s'agit pour le maître d'apprentissage de confirmer que les tâches décrites et que le projet réalisé sont bien l'œuvre de l'apprenti. En effet, il arrive quelquefois que le jury soit dubitatif devant l'ampleur du travail réalisé!

## LE DEROULEMENT DES C.C.F.

### • 1ère année

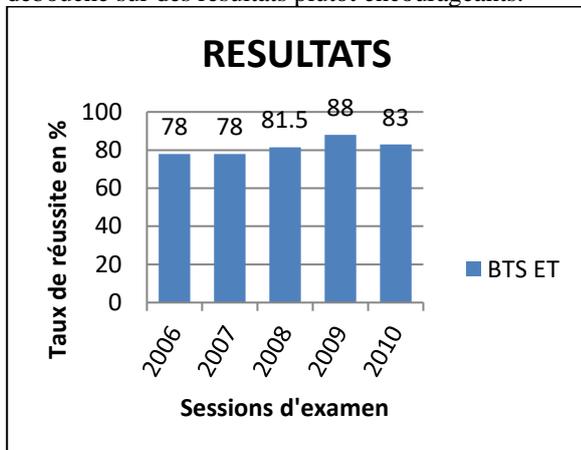


### • 2ème année

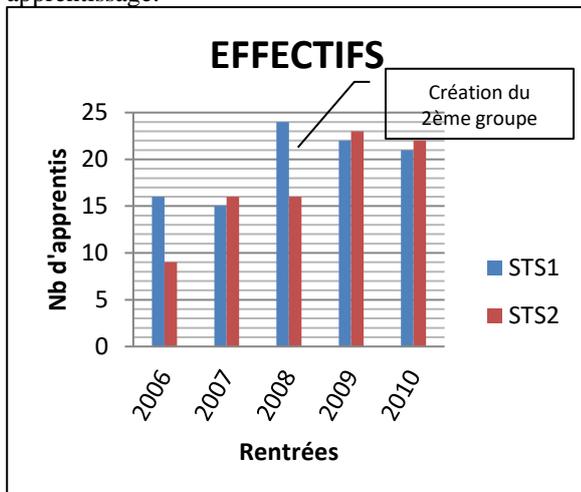


## 12. Résultats des dernières sessions d'examen

Depuis la mise en place de la réforme en 2006, et la première session d'examen en 2008, les résultats des dernières années montrent que l'évaluation des apprentis débouche sur des résultats plutôt encourageants.



La mise en valeur du travail de l'apprenti au travers de l'épreuve E5-Projet Technique Industriel-Présentation du projet, compense les difficultés, qu'il peut malheureusement rencontrer, dans des matières plus théoriques (notamment les mathématiques) et, favorise l'obtention de bons résultats. Cela entraîne, ces dernières années, un engouement pour la formation en apprentissage.



C'est aussi l'occasion pour l'U.F.A. Maurice Rondeau d'organiser une soirée de remise des diplômes où sont conviés les lauréats du BTS électrotechnique. Cette soirée a lieu au mois d'octobre. C'est un moment convivial qui permet de fêter l'obtention du diplôme, et aussi un moyen de garder contact avec nos anciens apprentis afin de connaître leur nouveau parcours professionnels.

Parmi eux certains sont devenus ou deviendront peut-être un jour maître d'apprentissage.



**Figure 6:** Remise des diplômes - session 2008 (Oct 2008)

Il est à noter que tous les apprentis, figurant sur les photos de cet article, occupent à ce jour des postes en relation directe avec l'électrotechnique.

## 13. Conclusion

Fort d'une expérience de vingt ans qui a permis de consolider les relations tripartites entre les apprentis, les entreprises et l'U.F.A. ainsi que les relations avec les institutions CERFAL, Chambres de commerce et des métiers, Conseil Régional Ile de France et Académie de Créteil, l'U.F.A. est toujours en dynamique de développement.

En effet, l'U.F.A. Maurice Rondeau a été sollicitée par le CFA des Métiers de L'Energie Ile de France pour créer une demi section dédiée exclusivement aux apprentis de EDF S.A., ERDF et RTE dont l'affectation professionnelle et le domicile se situent prioritairement dans l'Académie de Créteil.

Dès la rentrée 2011, c'est un nouveau défi qui attend l'U.F.A. car il s'agit dorénavant de faire évoluer une section d'apprentis issus d'entreprises aux activités diverses avec une demi section d'apprentis issus de l'entreprise "Groupe EDF".

D'un point de vue administratif, l'U.F.A. rendra compte à deux C.F.A. :

- le CERFAL.
- le CFA des Métiers de l'Energie I.D.F..

D'un point de vue pédagogique, même si les deux groupes seront gérés certainement un peu de manières différentes, l'U.F.A. devra présenter, dans deux ans, tous ses apprentis au "même examen", au "même moment", sans jamais appliquer, dans l'évaluation en C.C.F. des candidats au BTS électrotechnique, de traitement particulier tenant compte de l'origine professionnelle.

# Comment ouvrir une UFA et gérer les CCF chantier avec des apprentis

Jean-Louis FARAO, Patrick HOUDRICHON, Megloui, CHERIGUENNE

Professeurs d'électrotechnique

UFA Léonard de Vinci de MELUN et Jean Macé de VITRY sur SEINE

**Résumé :** Les démarches à suivre pour ouverture d'une UFA et les spécificités de l'épreuve de gestion de chantier avec des apprentis qui ont déjà des compétences professionnelles.

## 1. Ouverture d'une UFA

UFA : Unité de Formation d'Apprentis

Une UFA dépend d'un CFA (Centre de Formation d'Apprentis) qui peut-être académique comme c'est le cas sur l'académie de Créteil. Il s'agit de délocaliser les formations et les plateaux techniques au plus près des bassins de recrutement, dans les lycées qui en font la demande.

Le fonctionnement d'une UFA est particulier. La formation enseignée est rémunérée sous forme de vacations : les heures d'enseignement ne font pas partie de l'emploi du temps de l'enseignant, c'est en réalité un 2ème emploi et une demande de cumul est obligatoire chaque année.

L'ouverture d'une UFA est un projet à long terme (1 à 2 ans) qui doit suivre une procédure administrative bien définie et qui doit être portée par une équipe engagée et volontaire regroupant plusieurs acteurs.

Avant d'entamer les démarches, il convient de se poser un certain nombre de questions.

En analysant les référentiels de la formation prévue, le lycée a-t-il :

- Les locaux adéquats ainsi que la disponibilité horaire ?
- Des locaux adéquats en terme de systèmes, sous-systèmes, de matériels de mesure, représentatifs des domaines permettant de valider les tâches et les compétences du diplôme ?
- Les locaux connectés à internet et les logiciels représentatifs de la formation ?
- La capacité de recruter en interne ou aux alentours, une équipe pédagogique ?

*L'ouverture d'une UFA , ne peut-être soumise à un investissement en matériel de la part de la région ou du CFA :Le lycée doit être pourvu des équipements nécessaires.*

Deux démarches sont à mener en parallèle

- Obtenir l'accord du CA (Conseil d'Administration) sur la création de l'UFA ;
- Interroger les entreprises sur l'existence d'un besoin de recrutement en apprentis pour ce diplôme

Cette partie de l'enquête relève du rôle du chef des travaux, l'apprentissage étant considéré comme une formation initiale.

- Le 1er objectif est de se procurer les adresses des entreprises visées, (demande de la liste à la chambre de commerce : payant) pour leurs envoyer un questionnaire succinct. Le nombre de retour est souvent décevant car beaucoup d'entreprises ne répondent pas. Il faut souvent un 2ème envoi de courrier.
- Le 2ème objectif suite à l'envoi de ces courriers, est de constituer une base de données, pour proposer aux futurs apprentis, une liste d'entreprises susceptibles de leur signer une promesse d'embauche en apprentissage. Il faut pour valider l'éventuelle ouverture de l'UFA, au minima une douzaine d'entreprises et avoir 8 à 15 apprentis.

Cette partie de l'enquête représente un investissement important en temps, en personnel.

L'année suivante, au mois de septembre, un dossier doit-être déposé au CFA avec l'ensemble de ces éléments. Concomitamment, le chef d'établissement inscrit sa volonté d'ouverture de formation en apprentissage dans SOFA

Le dossier doit-être constitué des pièces suivantes :

- L'avis du CA sur l'ouverture de l'UFA
- Les résultats de l'enquête sur les besoins de formation et de recrutement
- L'avis de l'UIMM, (Union des Industries et Métiers de la Métallurgie) organisation syndicale patronale dont dépendent les entreprises des métiers de l'électricité, sur l'intérêt d'ouvrir la formation dans le bassin défini.
- Le matériel disponible
- Le planning d'alternance sur 2 années
- Le volume horaire de formation (1500h dans notre cas mais certaines formations sont basées sur 1200h : la différence est la possibilité d'accueillir des non bacheliers dans notre cas)
- L'emploi du temps prévisionnel des 1ère et 2ème année
- Les noms des formateurs constituant l'équipe pédagogique.
- assurent la liaison entreprise / apprentis / équipe pédagogique,
- gèrent les absences d'un des membres de l'équipe pédagogique et des apprentis
- envoient chaque semaine les feuilles d'émargements au CFA,
- s'occupent de l'organisation des épreuves de CCF.
- Participent à l'élaboration du planning d'alternance

Ce dossier sera déposé au CFA académique qui émettra son avis et qui sera en charge de défendre le dossier, devant la commission de la région qui se déroule une fois l'an.

La région donnera alors son accord ou pas à l'ouverture de l'UFA, l'avis du rectorat étant consultatif.

Lorsque l'UFA est officiellement ouverte :

- Il faut faire de la publicité auprès :
  - Des établissements de la région
  - Des COP (Conseillère d'Orientation Psychologue)

car l'UFA n'est pas encore répertoriée dans les revues d'orientation de l'Onisep (la décision arrive au printemps).

- Appliquer les statuts de l'UFA :

Le directeur pédagogique de l'UFA est le **proviseur** qui :

- valide les états de services (vacations effectuées, visites en entreprises)
- nomme un responsable opérationnel, en l'occurrence **le chef des travaux** qui assure la liaison CFA / équipe pédagogique / entreprises pour le recrutement des apprentis
- nomme 2 coordinateurs (un par année) **enseignants** qui :

Les candidats à l'apprentissage doivent se procurer un dossier d'inscription. Une fois complété, il doit être retourné immédiatement à l'UFA ou au CFA. L'inscription du jeune est effective dès que le jeune a trouvé un employeur. Il fait compléter la promesse d'embauche, la fait parvenir au CFA afin de compléter son dossier.

Le droit à entrer en apprentissage sera validé dès que :

- Le candidat aura eu un BAC professionnel, STI ou S
- Le candidat aura un contrat d'apprentissage signé pour 2 ans

Il y a au maximum 15 places dont le nombre diminue au fur et à mesure que les contrats d'apprentissage sont signés, les inscriptions étant closes deux mois après le début de la formation.

Une UFA n'est jamais ouverte à titre définitif, c'est une formation qui doit être équilibrée financièrement. Le versement de la taxe d'apprentissage des entreprises doit financer les dépenses du personnel, les charges de fonctionnement, les consommables.

***Le CFA peut décider à tout moment de la fermeture d'une UFA si le nombre d'apprenti ne permet pas d'atteindre l'équilibre financier.***

## 2. Présentation d'un chantier

Les apprentis des BTS électrotechnique proviennent de différents horizons. Ils arrivent des filières BAC PRO EELEC, de STI GE et parfois sont déjà issus de l'apprentissage.

Le niveau est hétéroclite, aussi bien en enseignement théorique que pratique. La 1ère année est fondamentale :

- Elle leur permet de s'adapter au rythme de l'apprentissage, dans notre cas, il est de 15 jours d'UFA pour 15 jours d'entreprise soit sur une année scolaire, 32 semaines en entreprise pour 20 semaines en UFA. La difficulté majeure consiste à convaincre l'apprenti de fournir un travail scolaire malgré sa présence en entreprise.
- Elle permet d'homogénéiser le niveau des apprentis en les habituant à fournir un travail scolaire régulier et soutenu et à d'autres d'acquérir les bases professionnelles manquantes car non obligatoires pendant le cursus scolaire précédent. La mixité des origines des apprentis favorise les échanges, les STI étant plus à l'aise en théorie tandis que les BAC PRO le sont plus en pratiques manuelles.
- Elle permet aussi grâce à des exposés oraux portant sur le travail effectué pendant l'alternance en entreprise, de faire le point sur les méthodes de travail et de l'application de la législation du travail et des normes. En effet nos apprentis sont amenés à travailler en chantier, en atelier et parfois en bureau d'études. On constate que les règles préconisées par la norme UTE 18-510 ne sont pas toujours respectées mais, que par contre, les règles élémentaires de travail en hauteur sont mieux connues et appliquées car elles peuvent être à l'origine d'un renvoi du chantier par le maître d'œuvre qui ne veut pas être responsable d'un éventuel accident de travail.

Nos apprentis ont par leur expérience de terrain, une vision du « comment s'y prendre » pour organiser une tâche et définissent dans la plupart des cas, la durée d'exécution sans trop de peine. Cela nous permet dans le cadre de préparation aux CCF de chantier, d'insister plus sur les propositions de solutions chiffrées et de planification pour répondre à la demande d'un client.

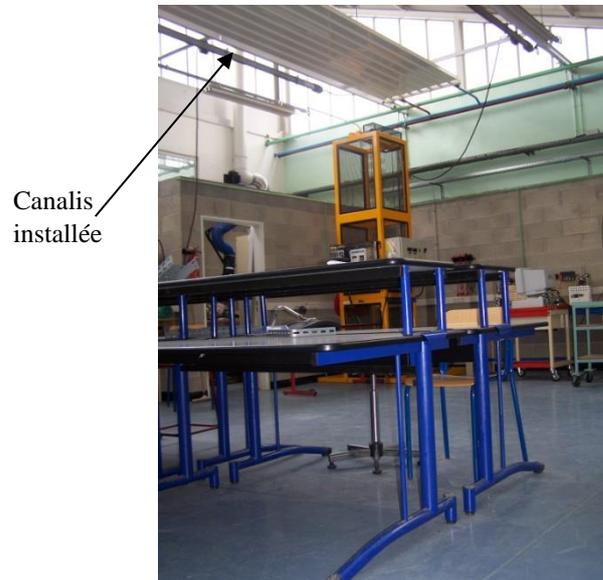
### 2.1. Exemple de chantier réalisé en 2011

#### **Demande client :**

Rajouter une canalis de distribution de force 40A, fixée à la charpente métallique d'une hauteur de 4.50m et dont le départ électrique devra être protégé par un disjoncteur à installer dans l'armoire TBA33 protégeant la salle, le départ du TBA33 étant protégé au TGBT du lycée.

#### **Documents disponibles :**

- plan de masse de la salle
- plan électrique de l'armoire TBA33
- plan d'implantation des protections des armoires TBA...., du local du TGBT



*Figure 1 : lieu du chantier*

Le chantier devra être exécuté par deux ouvriers et supervisé par un chef d'équipe.

La composition des équipes participant aux différents chantiers est tirée au sort, par soucis d'équité avant le début du 1er CCF. Il est évident qu'en aucun cas, un membre d'une équipe pourra être ouvrier sur son propre chantier.

L'épreuve de chantier se décompose en 3 CCF,

#### **1er CCF,**

Il consiste à **ORGANISER** et **PLANIFIER** le chantier pour répondre à la demande du client.

Le sujet et les documents sont donnés. Le local où se déroulera le chantier est accessible, une visite du TGBT est prévue pour permettre de se familiariser avec l'environnement afin de prévoir les équipements de sécurité éventuels.

La préparation du chantier se faisant en équipe, la difficulté majeure rencontrée est d'obtenir un consensus des apprentis qui ont chacun une vision globale du



Sur cette épreuve, on note très distinctement deux populations d'apprentis

- Ceux qui ont une pratique importante des chantiers en entreprise, avancent rapidement en respectant les règles de l'art sans que le pilote intervienne souvent. Il suffit qu'il ait donné les bonnes instructions au départ pour que le chantier se déroule bien.
- D'autres qui travaillent plutôt en atelier, se retrouvent incapables de suivre, ou de donner, les consignes de travail de façon autonome. Dans ces conditions c'est l'ouvrier qui met en difficulté le pilote ou l'ouvrier (s'il est compétent) qui sauve le pilote.

C'est pourquoi, il est très important de surveiller la progression et le déroulement du chantier.

Harnais sécurité



Figure 4 : Travail en hauteur en sécurité



Figure 5 : Consignation du départ TBA33 au TGBT

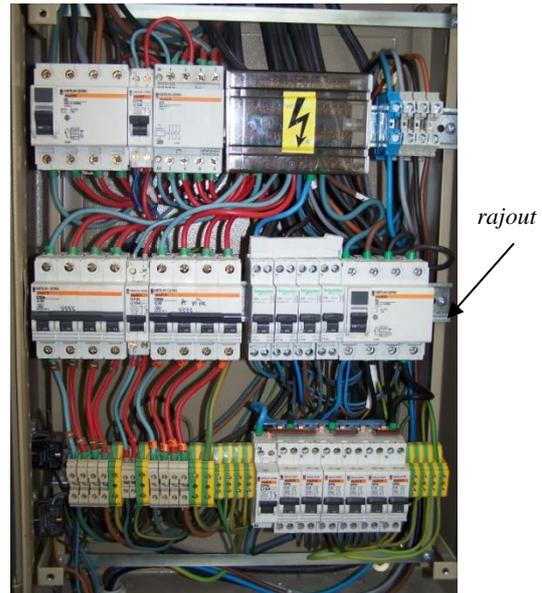


Figure 6 : Rajout du disjoncteur dans TBA33

### 3ème CCF

Il consiste à la RECEPTION et au CONTROLE du chantier

A la fin du CCF2, on se laisse toujours une marge de sécurité afin de terminer un chantier qui ne serait pas fini car il faut pouvoir vérifier la mise en service qui sera le support du CCF3.

La mise en service du chantier est faite en présence de toute l'équipe et avec la fiche recette



## 2.2. Exemples de chantier réalisé en 2009 et 2010 (UFA Jean Mace à Vitry sur seine)

Ces deux chantiers ont été présentés aux apprentis au retour des vacances de la Toussaint. Un chantier concernant les équipements VDI, et un autre chantier concernant le changement d'un organe de commande électrique de forte puissance.

### Plan d'implantation...

#### 2.2.1 Chantier 1 : Equipements communicants

##### Extrait du cahier des charges du Client adapté aux locaux de l'UFA.

*Remarque : Dans le cadre de la préparation du CCF Chantier en 2ème année, une activité a été présentée à une échelle réduite en chantier pour les apprentis 1ère année 2010-2011. Cette activité sera située en salle 1207(salle informatique réservée aux apprentis).*

##### Préambule :

Lors de réunions, de bilans annuels voir lors du conseil d'administration du groupe, les responsables de l'usine souhaite avoir accès depuis la salle de conférence à tous les dossiers, paramètres et indicateurs de production et de consommations sur le réseau Ethernet.

Ainsi que des moyens de communication modernes et efficaces (téléphones, fax, DECT (sans fil), visioconférence.....)

#### Article 1 : Répartiteur général

Fourniture et pose du répartiteur

- Sur châssis (maquette professeur) ou coffret 19'' du lycée si place disponible
- Panneau de brassage équipé de RJ45 pour les arrivées téléphoniques et les départs vers distribution
- Cordons de brassage.

Un repérage sera mis en place sur chaque module dans le porte étiquette prévu à cet effet.

#### Article 1 bis :

- Une alimentation protégée par disjoncteur HI16A 30mA type A
- Un onduleur permettant le fonctionnement de l'installation en cas de coupure

#### Article 2 : Matériel Actif

Fourniture et pose dans le répartiteur général et raccordement d'un Switch/ Ethernet 10/100base T/24 ports RJ45 /19''.

#### Article 3 : Recette

En fin d'installation, l'équipe devra faire réaliser un certain nombre de test afin de s'assurer que l'installation a été réalisée suivant les spécifications techniques. Le même modèle de prise RJ45 est utilisé pour toutes les applications : téléphone, informatique ou vidéo. Ces prises devront tous comporter un étiquetage et un repérage spécifique pour distinguer les réseaux analogique, numérique et IP.

#### Article 4 : Câble

Fourniture et pose et raccordement de câble 4 paires torsadées 100 Ohms cuivre avec écran collectif, catégorie 5, entre chaque prise terminale et le répartiteur générale. Une distance minimum entre câble et source électromagnétique sera respecté : en particulier 50cm avec les luminaires fluorescent et 30cm avec les chemins de câble courant fort. Cette distance pourra être ramenée à 5cm dans les goulottes, pour des parcours parallèles inférieur à 10m. La longueur de chaque câble ne devra pas dépasser 90m.

#### Article 5 : Distribution de salle 1207

Fourniture et pose :

- - 8 prises RJ45 conformes aux spécifications ISO 11801 selon le plan architectural ci-dessous.
- - De goulotte de distribution à un mètre du sol fini, équipé d'une cloison de séparation.
- - De chemin de câble pour le départ du TGBT
- - Au moins deux prises de courant pour une prise réseau.

#### Chantier



#### Résultat



## 2.2.2 Chantier 2 : « L'Extracteur d'Air »

Réalisé à la Session 2011

Extrait du cahier des charges du Client « adapté » aux locaux de l'UFA (Salle Essais de systèmes 1205 de l'UFA).



Système réel  
Photo sur site



Système didactique  
Photo en salle 1207

### Préambule :

Au niveau du parking sous-terrain (niveau -3), il a été décidé de commander le moteur asynchrone par un **Altivar 28** permettant ainsi le réglage en vitesse ainsi que le débit du recyclage d'air. L'Altivar 28 sera commandé quand à lui par des E/S décentralisées « Contrôler CANopen-Modbus » du constructeur Schneider Electric. Ce module communicant, assure la ventilation de la zone, la vitesse du moteur varie au cours de la journée. La ventilation n'est pas nécessaire en grande vitesse durant la nuit (de 22h à 4h) car très peu véhicules transitent dans l'enceinte de la zone 31 du bâtiment. La vitesse de notre moteur asynchrone sera donc nulle. La zone étant très fréquentée à partir de 6h du matin, il est nécessaire de commencer le recyclage de l'air avant leur arrivée, ainsi on décide de faire tourner le moteur à vitesse réduite (400tr/min) à partir de 4h du matin et ce jusque 10h où le parking retrouve une circulation faible. Lors de manifestation musicale à Bercy (tout près du parking), des samedi après-midi, le recyclage de l'air doit être maximum donc la vitesse du moteur sera mise à une vitesse proche du maximum (980tr/min).

### Mise en situation

Vous êtes les techniciens qui assurent la maintenance des équipements électriques du parking Vinci à Bercy et attaché à une société extérieure de prestation de service. Votre chantier est le changement ainsi que la mise en service d'un convertisseur de fréquence **ATV28**. Ce convertisseur de fréquence a pour rôle de piloter un des deux moteurs d'extraction d'air d'une zone (situation réelle d'une zone du parking « Bercy »). Ce moteur est constitué d'un ventilateur qui est entraîné par un moteur asynchrone triphasé à 2 paires de pôles.

### Protocole du déroulement des 3 CCF « Chantier »

- **Distribution** du calendrier des périodes d'évaluation et un rappel du règlement concernant l'utilisation des locaux au sein de l'UFA
- **Présentation** des 2 chantiers avec visite de la baie de brassage du lycée pour le chantier 1.
- **Définition** des équipes et des Tâches de chacun et du pilote
- **Présentation** de MS Project « pour les volontaires »
- **Présentation** d'un exemple de PPSPS tiré d'un support réel
- **Distribution** des coordonnées de nos fournisseurs.
- **Distribution** du classeur numérique sur clé USB :
  - Dossiers électriques,
  - Liste des matériels disponibles en magasin,
  - Documentations techniques,
  - Adresses mails apprentis / formateurs,
  - Fiche vierge de consignation/déconsignation,
  - Fiche vierge d'autorisations de travaux
  - Fiche vierge de travaux ouvriers
  - Fiche vierge de réservation du matériel
  - Utilitaires gratuits + tutoriaux (Carte Mentale FreeMind, Gantt Project, Xrelais)
  - Document Vierge PPSPS adapté à l'UFA

### PHASE 1 : ORGANISATION ET PLANIFICATION DU CHANTIER

**Critères d'évaluation :** Organisation des activités, ordonnancement des tâches, la répartition des ressources.

**Production attendues lors de l'oral ;** le planning prévisionnel global, un planning détaillé de l'apprenti pour sa phase de pilotage. Les fiches de réservation du matériel, les fiche de travaux établies pour chaque pilote, les consignes de sécurité, la liste des constituants et matériels préparés pour le chantier.

### PHASE 2 : PILOTAGE ET REALISATION DU CHANTIER

**Critères d'évaluation :** respect des consignes de sécurité, qualité de la réalisation, organisation du chantier, (réservation du matériel, planification)

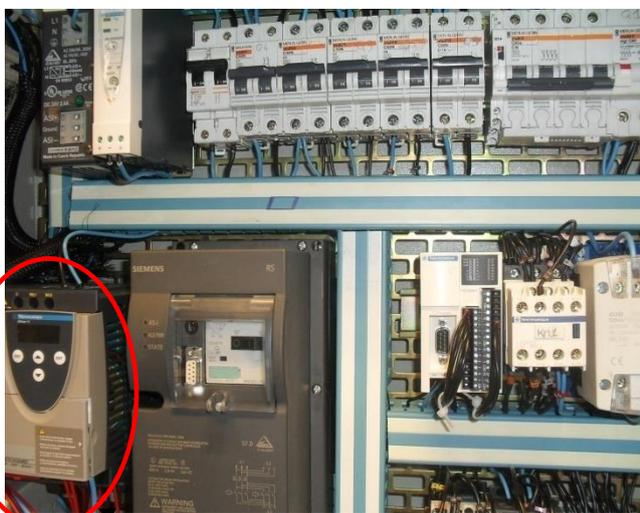
**Production attendues lors de l'oral ;** le planning du chantier mis à jour par le pilote, les fiche de réservation, les fiches de travaux « pour chaque intervenant », les consignes de sécurité « pour chaque intervenant », le contrôle et la gestion des constituants, une fiche bilan

sur le pilotage et l'avancement du chantier « sous la responsabilité de l'apprenti »

### PHASE 3 : RECEPTION ET CONTROLE DU CHANTIER

**Critères d'évaluation :** réalisation de la mise en service de l'installation ainsi que les tests précités à l'article 3. Réalisation conforme au cahier des charges, repérages précis des câbles et prises informatiques. Respect de la procédure de réception à l'équipe formateur.

**Production attendues lors de l'oral ;** le planning prévisionnel mis à jour. Fiche recette avec des commentaires, fiche de travaux des apprentis « complétés ».



ATV28

Venant pour la plupart d'entreprises spécialisées dans le domaine du tertiaire et de l'habitat. La phase 2 du chantier a été excellente concernant la qualité du travail. L'expérience de certains a mis en évidence une certaine aisance sur la séquence de câblage tels que le raccordement des prises informatiques, le tirage des lignes électriques et informatiques, l'étiquetage, le dégagement des câbles réseau. Deux d'entre eux, nous ont apporté leurs kits de chantier pour le test de ligne « le micro-scanner » et des exemples de procédure de certification.

Concernant le chantier 2, un des apprentis maîtrisant « AUTOCAD », a repris le dossier électrique de l'extracteur d'air ainsi que ses modifications.

### 3. Conclusion

Connaissant les apprentis avec, les visites en entreprises (2 en première année et 1 en deuxième année), les points faibles restent :

- la rédaction de documents,
- la rédaction d'un rapport,
- l'interprétation des résultats ou des mesures ....

d'où ce fameux classeur « numérique » sous clé USB transmis aux apprentis.

Cette épreuve est généralement à l'avantage des apprentis puisque cela fait appel aux compétences techniques en voie d'acquisition ou acquises en entreprise.

Elle leur permet de prendre confiance en eux, car suivant le ressenti, certains qui pensaient ne pas pouvoir obtenir le diplôme, se mettent subitement au travail, ayant compris les avantages de cette épreuve et comprenant qu'ils pouvaient aussi gagner des points dans les épreuves, comme le rapport de « stage technicien » et au « Projet ».



