



Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

*Vers l'autonomie et la responsabilisation des
étudiants*

Christophe MARY

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie

Sommaire

1. Présentation.
 - 1.1. Historique de la formation
 - 1.2. La Réforme 2005
 - 1.3. Genèse du projet
2. Le programme officiel.
 - 2.1. Thème d'étude :
 - 2.2. Thèmes étudiés :
3. Contexte géographique.
 - 3.1. Le lycée Vauban.
 - 3.2. Les systèmes.
 - 3.3. Le recrutement.
4. Philosophie de l'enseignement.
 - 4.1. L'équipe pédagogique :
 - 4.2. Philosophie et objectifs :
5. Progression.
 - 5.1. En première année :
 - 5.2. En seconde année :
6. La première année de STS.
 - 6.1. Séance d'accueil
 - 6.2. Distribution et mise en service.
 - 6.2.1. Le sujet
 - 6.2.2. Les systèmes proposés :
 - 6.2.3. Commentaires
 - 6.2.4. Exemple de travaux d'élèves :
 - 6.3. Comportement des charges mécaniques.
 - 6.3.1. Le sujet :
 - 6.3.2. Les systèmes proposés
 - 6.3.3. Commentaires
 - 6.4. Procédés de transformation de l'énergie. Réversibilité. Dimensionnement énergétique dans les systèmes autonomes embarqués.
 - 6.4.1. Le sujet
 - 6.4.2. Les systèmes proposés
 - 6.4.3. Commentaires
7. La seconde année.
 - 7.1. Qualité de l'énergie et équipements communicants.
 - 7.1.1. Le sujet :
 - 7.1.1. Les systèmes proposés
 - 7.1.2. Commentaires
 - 7.1.3. Exemple de travaux d'élèves :
 - 7.2. Asservissement et régulation et équipements communicants.
 - 7.2.1. Le sujet :
 - 7.2.2. Les systèmes proposés
 - 7.2.3. Commentaires
8. Réflexions autour du recrutement issu des STI 2D.
9. Conclusion.

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie

1. Présentation.

1.1. Historique de la formation

Les essais de systèmes ont toujours représenté une partie importante dans la formation des étudiants de Section de Technicien supérieur en Électrotechnique. Leur vocation a toujours été de faire découvrir à travers des systèmes réels ou didactisés des concepts physiques, des process de fabrication, des structures de distribution, mettant en œuvre des connaissances relevant tant de la physique appliquée, de la mécanique que du génie électrique. Les études pouvaient s'effectuer sous forme de travaux pratiques autour d'un système, d'un sous-système, voire d'un élément de ce dernier (ex : gradateur, démarreur progressif...)

1.2. La réforme 2005

Le texte du référentiel du Brevet de Technicien réformé en 2005 apporte plus d'éclaircissements sur les objectifs des essais de systèmes et oriente la formation autour de « l'efficacité énergétique ».

Sur le plan de la pédagogie, on peut lire « De type inductive, la pédagogie appliquée doit laisser une large place à l'autonomie et favoriser la prise d'initiative de l'étudiant. À partir d'une situation problème posée par les deux professeurs, l'étudiant sera amené, au fur et à mesure de sa formation, à acquérir un degré d'autonomie croissant dans l'identification, l'analyse, la conduite et le réglage de solutions techniques proposées. ».

1.3. Genèse du projet

Originellement, les essais de systèmes étaient organisés sous forme de TP tournants. Certes l'ensemble des items du programme étaient abordés par nos étudiants, mais l'évolution de notre public d'élèves et le changement de posture de l'enseignant face à l'évolution du métier d'électrotechnicien nous ont amené à une remise en cause de nos méthodes. Il nous est paru intéressant de développer une autre pédagogie pour les essais de systèmes ouvrant sur plus d'autonomie et sur un positionnement de l'élève en demande d'informations, de réponses à une problématique qui lui est imposée.

2. Le programme officiel.

2.1. Thème d'étude :

« Un thème d'étude correspond à une problématique commune à plusieurs procédés, mais traitée de manières différentes selon les enjeux du système »

2.2. Thèmes étudiés :

2.2.5.1 Thèmes étudiés :

1 ^{ère} année	1 / 2	Mise en service d'un ouvrage, d'un système ou d'un équipement	La distribution de l'énergie électrique
	3 / 4	Comportement des charges mécaniques	Les différents procédés de transformation de l'énergie
	5 / 6	La réversibilité énergétique	Dimensionnement énergétique dans les systèmes autonomes et embarqués
2 ^{ème} année	7 / 8	la qualité de l'énergie électrique	la gestion des coûts
	9 / 10	Asservissement et régulation	Les équipements communicants

Les systèmes font appel à un assemblage de procédés qui selon leur degré d'importance peuvent faire l'objet d'une étude dans plusieurs thèmes.

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie

3. Contexte géographique.

3.1. Le lycée Vauban.

Le lycée Vauban est situé à Brest. C'est un lycée général, technologique et professionnel. On y trouve les filières S-SI, STL, STI2D option SIN, ITEC, EE, STD2A ; pour le supérieur : les classes préparatoires PTSI/PT et PCSI/PSI, les STS SE, Électrotechnique, CRCI, CRSA, MCI. La section d'enseignement professionnel propose les filières : Bac Pro SEN, TCI, MVA, ELEEC, MEI.

Par sa diversité de formation, il met à la disposition des enseignements un grand nombre de systèmes et de ressources.

3.2. Les systèmes.

Les systèmes sont globalement partagés par les différents enseignants dans les différentes filières. Ces systèmes sont localisés dans diverses zones de l'établissement ce qui nécessite une certaine autonomie des étudiants et un comportement responsable, les groupes étant répartis dans plusieurs de ces zones.

3.3. Le recrutement.

Notre recrutement en STS Électrotechnique a évolué depuis ces cinq dernières années avec une moitié d'étudiants d'origine STI et l'autre de Bac pro ELEEC généralement. En page 31, se trouve la structure de recrutement en STS pour la rentrée 2013.

Au moment de l'écriture de ce document, nous venons de recruter des étudiants issus de la filière STI2D.

4. Philosophie de l'enseignement.

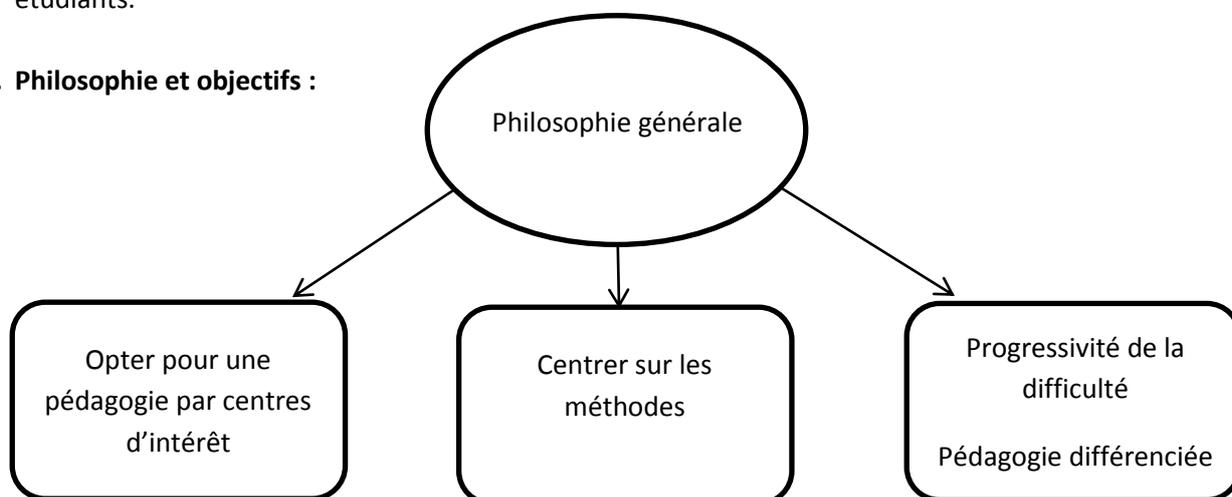
4.1. L'équipe pédagogique :

L'équipe pédagogique est très stable en STS Électrotechnique.

L'enseignement des essais de systèmes est dispensé, en première et seconde année, par M. NAËL Richard (enseignant de Génie Électrique) et par moi-même : MARY Christophe (enseignant de Physique Appliquée) Notre duo fonctionne depuis environ huit années et nos orientations pédagogiques, par nature discutables, ont été muries au cours de ces expériences.

L'enseignement en essais de systèmes nécessite un grand nombre de prérequis, ce qui exige une cohésion entre l'enseignement des Sciences Appliquées, le Génie Électrique et la Construction Mécanique. Les différentes progressions sont donc connues de chacun afin de créer une cohérence dans la formation des étudiants.

4.2. Philosophie et objectifs :



Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie

Objectifs :

Produire un document écrit soutenu par un oral en temps limité pour mettre en évidence la problématique étudiée et ses solutions.

- Définir une problématique générale en liaison avec le centre d'intérêt
- Définir ou s'approprier un cahier des charges sur un système donné,
- Définir ou s'approprier les critères de performances et de contraintes.
- Faire le choix des systèmes d'études
- Définir des protocoles expérimentaux :



- Mettre en œuvre des systèmes, les mesures
- Faire la synthèse et critiquer
- Identifier les coûts
- Rédiger

Notre idée est de privilégier une méthode inductive en créant le besoin chez les étudiants. Pour cela, nos sujets sont génériques autour du centre d'intérêt choisi. Ils ne comportent pas de questions de type travaux pratiques. Une liste de systèmes disponibles est proposée, accompagnée d'un descriptif succinct. Pour les protocoles expérimentaux, seules des idées de mesures sont proposées sur les systèmes. Enfin, les différents sujets s'inscrivent dans une progression avec des difficultés croissantes au cours des deux années.

Les premiers ne demandent que peu de connaissances théoriques et ont pour but de saisir la philosophie des essais de systèmes, à savoir définir une problématique, la placer dans un contexte industriel, définir les contraintes fonctionnelles et de performances, définir un cahier des charges, critiquer les choix technologiques et évaluer les coûts et l'efficacité énergétique du système étudié.

La phase d'étude est précédée d'une présentation de la problématique générale afin d'en cerner les tenants et aboutissants, puis une phase de « brainstorming » impose aux étudiants de définir leur problématique. Les systèmes d'étude sont alors proposés et présentés rapidement aux étudiants, afin de permettre une prise en main rapide. Ensuite s'effectue une phase d'essais et mesures, puis un débriefing débouchant sur une analyse des besoins théoriques auxquels nous répondons s'ils sont formulés de manière concrète et justifiée. Enfin, une phase d'ajustement des mesures et analyses est réalisée si nécessaire. À l'issue de ces phases d'essais, un compte rendu écrit est demandé pour chaque groupe de travail qui est remis sous forme numérique ou papier, ce qui débouche sur un exposé oral par groupe au début puis individuel ensuite afin que les étudiants maîtrisent les techniques de soutenance (organisation d'un plan, aisance à l'oral, aspect technique du vocabulaire utilisé, rigueur dans les raisonnements et analyses proposés, utilisation de diaporama, tableau interactif, insertion de vidéos...)

Lors des premiers exposés oraux, les autres étudiants participent au questionnement qui suit, en demandant d'éclaircir certains points insuffisamment développés ou confus. Une note est aussi proposée

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie

par l'auditoire avec justification autour d'item définis avant la prestation orale. Notre but est, dans ce premier temps, que les étudiants saisissent les méthodes permettant de s'approprier un système dans le cadre d'une problématique et maîtrisent les méthodes de soutenance.

Lors des exposés suivants, avant le questionnement des étudiants, nous questionnons les étudiants un à un sur leur prestation afin de les préparer aux oraux du thème industriel qui a lieu en fin de formation.

Les différents thèmes abordés s'inscrivent dans une progression qui sera développée dans le paragraphe suivant. Puis, la totalité de nos sujets seront présentés en y joignant quelques comptes rendus d'étudiants ainsi que certaines de leurs présentations orales.

5. Progression.

5.1. En première année :

Ce plan de formation contient les progressions en Génie électrique et en Essais de Systèmes dans **le fichier Excel joint**.

Ci-dessous, seule la progression en Essais de Systèmes est présentée.

	Essais de systèmes	
	Jeudi 4h	Remarques
05-sept	Séance d'accueil	Ce qui est attendu en Esy. Première approche sur la centrale d'énergie renouvelable (ENR)
12-sept	Etude d'un système : La centrale ENR	
19-sept	Fin d'étude centrale ENR Visites des autres systèmes	Préparation de la séquence n°1
26-sept	seq n°1 : Mise en service/ Distribution S1	
03-oct	S2	
10-oct	S3	
17-oct	Synthèse et prépa oral	
07-nov	Synthèse et prépa oral	
14-nov	Oraux	
21-nov	Oraux/ Synthèse et correction	
28-nov	seq n°2 : Mise en service/ Distribution S1	Seconde rotation. Même thème, autres systèmes
05-déc	S2	
12-déc	S3	
19-déc	Synthèse et prépa oral	
09-janv	Oraux	
16-janv	Oraux/ synthèse	Préparation seq n°3
23-janv	seq n°3 : Comportement des charges mécaniques S1	La séquence n°3 couvre les thèmes comportement des charges mécaniques, réversibilité énergétique et systèmes autonomes embarqués

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie

30-janv	S2	
06-févr	S3	
13-févr	S4	
20-févr	S5	
13-mars	Oraux	
20-mars	Oraux /synthèse	Préparation de la séquence n°4
27-mars	seq n°4 : Procédés de transformation de l'énergie S1	La séquence n°4 couvre les thèmes transformation de l'énergie, réversibilité énergétique et systèmes autonomes embarqués
03-avr	S2	
10-avr	S3	
17-avr	S4	
24-avr	S5	
15-mai	Oraux	
22-mai	Oraux /synthèse	

5.2. En seconde année :

	Essais de système	
	Mercredi 6h	Remarques
04-sept	seq n°1 : Qualité de l'énergie	Distribution des sujets et choix des systèmes. Début de l'étude
11-sept	S1	
18-sept	S2	
25-sept	S3	
02-oct	Oraux	
09-oct	Oraux/synthèse	
16-oct	seq n°2 : Asservissement et régulation	Mémo : régulation/asservissement - Méthodes de réglage Broïda, Ziegler Nichols, régulateurs. Lecture du sujet et visite des systèmes avec explications des boucles d'asservissement.
06-nov	S1	
13-nov	S2	
20-nov	S3	
27-nov	Oraux	
04-déc	Oraux/Synthèse	
11-déc	TP communication	Ce sont des analyses des systèmes de communication existant sur les différents systèmes. Certains éléments de communication sont mis en œuvre et programmés sur des platines séparées des systèmes
18-déc	TP communication	
Projet industriel jusque la fin de l'année		

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie

6. La première année de STS.

6.1. Séance d'accueil

La séance d'accueil consiste à donner les objectifs des essais de systèmes, de décrire la manière dont le travail est organisé.

Le premier sujet est une introduction aux essais de systèmes. Les fichiers sont joints dans le répertoire « séance d'accueil ». On y trouve le sujet « Centrale ENR », le « dossier technique » et le diaporama de la présentation du système qui est projeté et commenté avec les étudiants.

6.2. Distribution et mise en service.

6.2.1. Le sujet

Page 1

	Lycée Vauban, BREST Essais de Systèmes thèmes 1 et 2 Distribution électrique et mise en service d'un système.	Christophe Mary Richard Nael 13/10/2013
---	--	---

Objectifs

- Analyse fonctionnelle et structurelle du système
- Etude critique de sa distribution électrique.
- Mise en service dans le respect des règles de sécurité.
- Réglage de différents paramètres.
- Réalisation des essais et mesures nécessaires à la justification de la distribution.
- Réalisation d'un dossier et soutenance d'une présentation orale.

Ce qu'il faut faire

Conditions d'étude :

Temps imparti pour l'étude 12h avec: 4h analyse fonctionnelle et distribution, 4h mise en service et mesures et 4 h de synthèse.

Durant les 8 premières heures, vous réaliserez des activités portant sur un système en vous inspirant de l'énoncé donné plus loin.

Sur quelle durée

Il vous sera demandé un rapport écrit informatisé par groupe. Ce rapport doit être un travail **de synthèse**. Vous ne devez pas vous contenter d'apporter des réponses aux questions de l'énoncé, mais il vous faudra organiser un document comportant :

- **La mise en évidence du contexte de l'étude** (introduction présentant le système étudié, les analogies industrielles ou de la vie courante...)
- **La problématique** (quelles questions vous posez-vous ?, qu'allez vous étudier ?)
- **La description des activités réalisées** (analyses de documents, expérimentations effectuées, protocoles expérimentaux, appareils utilisés, résultats obtenus...)
- **L'analyse des résultats** (vérification des comportements observés ou des solutions techniques rencontrées en fonction des lois physiques ou des connaissances techniques)
- **Une conclusion.**

Les contraintes

Une présentation orale sera faite à l'issue de l'étude (20mn par groupe)

Compétences mobilisées lors des essais

- C01 Analyser un dossier.
- C03 Analyser une solution technique.
- C04 Rédiger un document de synthèse.
- C06 Respecter une procédure
- C07 Argumenter sur la solution technique retenue.
- C17 Mettre en œuvre les moyens de mesurage.
- C18 Interpréter des indicateurs, des résultats de mesures et d'essais.
- C19 Identifier les paramètres de réglage.
- C20 Régler les paramètres.
- C28 Communiquer de façon adaptée à la situation.
- C31 Intervenir sur une installation.

	Lycée Vauban, BREST Essais de Systèmes thèmes 1 et 2 Distribution électrique et mise en service d'un système.	Christophe Mary Richard Nael 13/10/2013
---	--	---

Enoncé

1. Mise en service

Un système technique est conçu pour répondre à un *fonctionnement* précis et pour fournir des *performances* fixées par un *cahier des charges*.

Pour répondre à ce cahier des charges, il a été conçu comme un *assemblage de constituants* remplissant chacun des *fonctions précises*.

La mise en service d'un système impose de connaître cet assemblage, et d'être capable d'en identifier les constituants.

Approche Fonctionnelle

- Mettre le système d'étude en situation, en indiquant quel(s) système(s) réel(s) remplissent des fonctions similaires.
- Définir la fonction principale du système d'étude et si possible les critères de performances pour lesquels il a été conçu.
- Proposer un (ou plusieurs) diagramme(s) FAST regroupant les fonctions principales, secondaires et techniques du système d'étude.

Approche Matérielle

- Identifier les solutions constructives choisies pour remplir les **principales** fonctions techniques du système
- En faire une analyse critique (choix et dimensionnement)

Mise en service

- Rédiger une notice de mise en service du système
- Effectuer des essais permettant de valider ou de définir les performances du système.

2. Etude de la distribution

Circuits de puissance et de commande

- Décrire les éléments constitutifs de la chaîne d'énergie électrique (schéma électrique unifilaire.....).
- Donner la nature et les caractéristiques principales des composants de ce circuit.
- Décrire le fonctionnement de la chaîne d'énergie (chronogramme, grafcet.....)
- Décrire les principaux éléments assurant la protection des personnes et des biens.
- Justifier leurs dimensionnements et leurs types; faire une analyse critique de ces dimensionnements. (calibres, sélectivités).

Essais de validation

- Effectuer des essais permettant de valider le dimensionnement des principaux actionneurs.
- Effectuer des essais permettant de valider le dimensionnement des principaux circuits de puissance et des composants de protection.

L'énoncé reste très guidant même si il est générique pour tous les systèmes à étudier. Les étudiants ont toute liberté pour ouvrir le sujet ou l'approfondir

6.2.2. Les systèmes proposés :

Le « TGBT » Tableau général basse tension

C'est un TGBT 100 A, permettant le fonctionnement normal/secours. Son schéma de distribution est riche car constitué de relais d'absence de tension et d'ordre de phase, d'une centrale de mesure, d'un relais différentiel vigirex, de disjoncteur motorisé délestable. D'un API de type « twido » communiquant avec une console de dialogue homme-machine de type « Magelis » possédant un site web embarqué.

La « PAC » Pompe à chaleur

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie

C'est une pompe à chaleur air/eau, « Amzair », reliée à un mur chauffant. Sa puissance est de 3kW et son frigorigène est un R407c. Ce système est communicant. C'est un thème réalisé par des étudiants dans le cadre du projet.

La « Fardeleuse »

Ce système est un équipement appartenant au Bac Pro EELEC. Il permet l'emballage de deux tailles de pièces par un film plastique qui est dans un premier temps soudé par une résistance chauffante, puis rétracté dans un four pour être ensuite refroidi. Les pièces sont évacuées par un convoyeur de sortie.

Le « Château d'eau »

Ce système est homothétique à un système de puisage et stockage d'eau. Une motopompe commandée par un démarreur progressif puise l'eau dans un réservoir représentant une nappe phréatique. Cette eau est stockée dans un premier bassin représentant un bassin de décantation et de traitement d'eau. Une seconde motopompe achemine l'eau dans un dernier réservoir représentant un château d'eau. Cette dernière est commandée par un variateur de vitesse et le château est équipé d'un pressostat permettant l'asservissement de niveau. Le bloc correcteur est celui de l'API qui est un twido. Le système est commandé par une interface Homme/machine de type console magelis qui est déportée et communicant par réseau ethernet. Ce système est aussi une réalisation d'étudiant en projet de fin d'année.

(Voir annexe pour les documentations techniques)

6.2.3. Commentaires

Les étudiants sont très décontenancés devant ce premier sujet et ne comprennent pas ce qui leur est demandé. La première séance est donc d'observation et seule leur demande provoque notre intervention, ce qui s'effectue systématiquement par au moins un groupe. Les autres reproduisent et une synergie se met en place. Ce sont les étudiants qui abordent les problématiques, qui s'approprient le système et par retour d'expériences, ils nous concèdent que « le système devient de plus en plus transparent ».

Ce premier sujet est l'étude « d'un système » et non « de systèmes » mais il est préparatoire à la suite.

6.2.4. Exemple de travaux d'élèves :

Dans le répertoire « thème 1-2 » se trouve le **compte rendu élèves** du travail autour de la PAC ainsi que leur **présentation orale** sous Power point.

Remarque : Le compte-rendu et le diaporama sont « en l'état » sans correction ni modification.

6.3. Comportement des charges mécaniques.

6.3.1. Le sujet :

La présentation du sujet est accompagnée d'un mémo sur la typologie des charges mécaniques donné dans le dossier « thème 3 / memo charge ».

Page 1

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie



Lycée Technique, Scientifique
et Professionnel VAUBAN - BREST

STS ELECTROTECHNIQUE

Essais de systèmes

2^{ème} série

Thème n°3 : Comportement des charges mécaniques	Durée : 20 heures
Systemes d'entraînement	
Compétences : C03 Analyser une solution technique C04 Rédiger un document de synthèse C17 Mettre en oeuvre des moyens de mesurage C18 Interpréter des indicateurs, des résultats de mesure et d'essais C19 Identifier les paramètres de réglage C20 Régler les paramètres	

Ce qu'on attend de vous :

A travers plusieurs systèmes d'entraînement, on vous demande

- de caractériser la charge mécanique
- choisir en le justifiant un moteur et son système de pilotage suivant l'application pour laquelle il est destiné.
- Justifier les stratégies de pilotage selon les axes suivants :
 - Energétique (flux, conversion, efficacité)
 - Protection des biens
 - Optimisations des performances

Les centres
d'intérêts

Objectifs	Contraintes du système d'entraînement
Caractériser une charge mécanique Choisir un moteur, une structure et une stratégie de pilotage	<ul style="list-style-type: none">• Assurer une variation de vitesse en régime statique et respecter un profil de vitesse en régime dynamique• Limiter les appels de courant au démarrage• Gérer les flux d'énergie (directs et inverses)• Gérer et optimiser l'efficacité énergétique (lois de commande)• Assurer un ralentissement contrôlé pour assurer la sécurité

C'est le cœur du
sujet :
Objectifs et
contraintes

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie



Lycée Technique, Scientifique
et Professionnel VAUBAN - BREST

STS ELECTROTECHNIQUE

Essais de systèmes

2^{ème} série

Comment :

Vous disposez de 5 séances afin de mener des recherches et des expérimentations qui vous permettront de réaliser un document de synthèse.

Vous travaillerez par groupe de 6 ou 7.

Chaque groupe, définira des sous-groupes (3 étudiants max) qui analyseront une ou deux contraintes définies plus haut.

L'intégralité des contraintes doit être analysée par le groupe complet.

Le groupe devra avoir une connaissance globale des analyses effectuées.

- Compte-rendu de synthèse
Le contexte de l'étude et les problématiques abordées par le groupe dans sa totalité devra être présenté. Chaque sous-groupes développant ses études (sous formes d'annexes ou à convenance).
- Pour l'oral
La durée 40'
Chaque groupe présente son ou ses sujets d'études en s'attachant en priorité à la problématique étudiée
Chaque sous-groupe présente de manière détaillée son ou ses études répondant aux contraintes définies plus haut.
Une conclusion globale est attendue.

Travail en groupe et en sous-groupe identique au travail dans le cadre du projet industriel

Quand

S1	Préparer le travail <ul style="list-style-type: none">• Identifier les Tâches des sous-groupes• Choisir les systèmes d'entraînements• Prévoir et planifier les tâches• Définir les protocoles expérimentaux• Préciser les résultats attendus	Rédiger un mémo écrit par sous-groupes (format A4)
S2	Mettre en oeuvre des protocoles prévus	Valider avec les enseignants le travail prévu.
S3	Mettre en oeuvre des protocoles prévus	
S4	Mettre en oeuvre des protocoles prévus	Valider les relevés, mesures, analyse avec enseignants.
S5	Synthétiser et rédiger le document écrit	
S6	Préparer l'oral	Restituer le document écrit
S7	Présenter l'oral	
S8	Présenter l'oral	

6.3.2. Les systèmes proposés

Page 3 du sujet :

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie



Lycée Technique, Scientifique
et Professionnel VAUBAN - BREST

STS ELECTROTECHNIQUE

Essais de systèmes

2^{ème} série

Avec Quoi					
	Variation de vitesse / profil de vitesse	Limiter les appels de courant	Gérer les flux d'énergie	Gérer et optimiser l'efficacité énergétique	Assurer un ralentissement
Colonne d'eau		X		X	
Transgerbeur	x	x			
Station de surpression		X		X	
Soufflerie (x2)		X	X	X	X
Fardeleuse	x	x			
Inertec	X	X	X		X
Maquette scooter	X	X	X		X
Démarrage moteur communiquant et banc inertiel	X	X			X
Monte charge	X	X	X		X

Les systèmes sont présentés en indiquant les contraintes étudiables

Colonne d'eau : Colonne d'eau d'1m 20 équipée d'une motopompe (MAS) + variateur

Transgerbeur : Système d'automatisation de rangement de boîtes. Robot 3 axes (verin pneumatique, Mas + variateur, MS + commande d'auto pilotage)

Station de surpression : Ballon surpresseur (8 bars max) équipé d'une motopompe avec débitmètre et pressostat (démarrage direct ou variateur Digidrive).

Soufflerie 1 : Petite maquette éolienne : ventilateur avec anémomètre (démarrage direct ou variateur externe ATV21)

Soufflerie 2 : Grosse maquette éolienne : ventilateur avec anémomètre (+ variateur intégré)

Fardeleuse : Système de filage de blocs de bois (Mas+var de vitesse)

Inertec : Banc d'inertie avec capteur de vitesse (démarrage direct ou variateur digidrive avec ou sans résistance de dissipation)

Maquette scooter : Utilisation du banc d'inertie avec variateur réversible Siemens PM250, ou utilisation de la MAS entraînée par le scooter....

Démarrage communiquant et banc d'inertie : Banc d'inertie en démarrage direct, ou démarreur progressif, ou variateur, avec ou sans injection CC.

Monte charge : Axe Z équipé d'une MAS en démarrage direct ou en entraînement par variateur avec résistance de dissipation.

Descriptions succinctes des systèmes proposés

6.3.3. Commentaires

Les étudiants s'emparent rapidement des contraintes et objectifs des systèmes. Après lecture du sujet et visite des systèmes, les étudiants complètent le tableau d'occupation des systèmes et se répartissent les tâches au sein des groupes.

Ensuite, ils réfléchissent et proposent des solutions d'études des contraintes :

- analyse technologique,
- principes physiques,
- protocoles expérimentaux et matériels de mesure
- Résultats attendus

Ces propositions sont discutées et validées avec les professeurs.

Chaque campagne de mesures est aussi discutée et validée avec les enseignants sous forme de questionnement. Les étudiants mènent leurs investigations et nous proposent des mesures erronées ou des résultats aberrants qui sont critiqués en groupe jusqu'à obtenir la ou les solutions, la ou les

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie

bonnes interprétations.

C'est sur ce thème que les progrès d'autonomie et de responsabilisation se font le plus sentir.

La classe n'évolue pas de manière homogène et des disparités lors des soutenances se font sentir.

Chaque oral étant à ce niveau évalué par les élèves, il est demandé à chaque groupe de justifier de leur notation selon trois critères :

- La problématique est-elle clairement formulée ?
- La mise en contexte est-elle existante ?
- La forme de la soutenance est-elle acceptable ? à savoir :
 - La présentation du plan
 - La mise en forme des relevés (système, protocole, mesures, interprétation)
 - La communication verbale est claire et compréhensible (précision du langage technologique, utilisation des lois physiques...)
- Le fond de la soutenance est validé :
 - Toutes les contraintes ont été abordées
 - Les conclusions sont apportées
 - La généralisation est envisagée.

Puis l'évaluation finale est donnée par les professeurs en la justifiant.

Les groupes en retrait comprennent ce qui leur manque et savent comment y remédier.

6.4. Procédés de transformation de l'énergie. Réversibilité. Dimensionnement énergétique dans les systèmes autonomes embarqués.

6.4.1. Le sujet

Page 1 :

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie



Lycée Technique, Scientifique
et Professionnel VAUBAN - BREST

STS ELECTROTECHNIQUE

Essais de systèmes

Thème 4

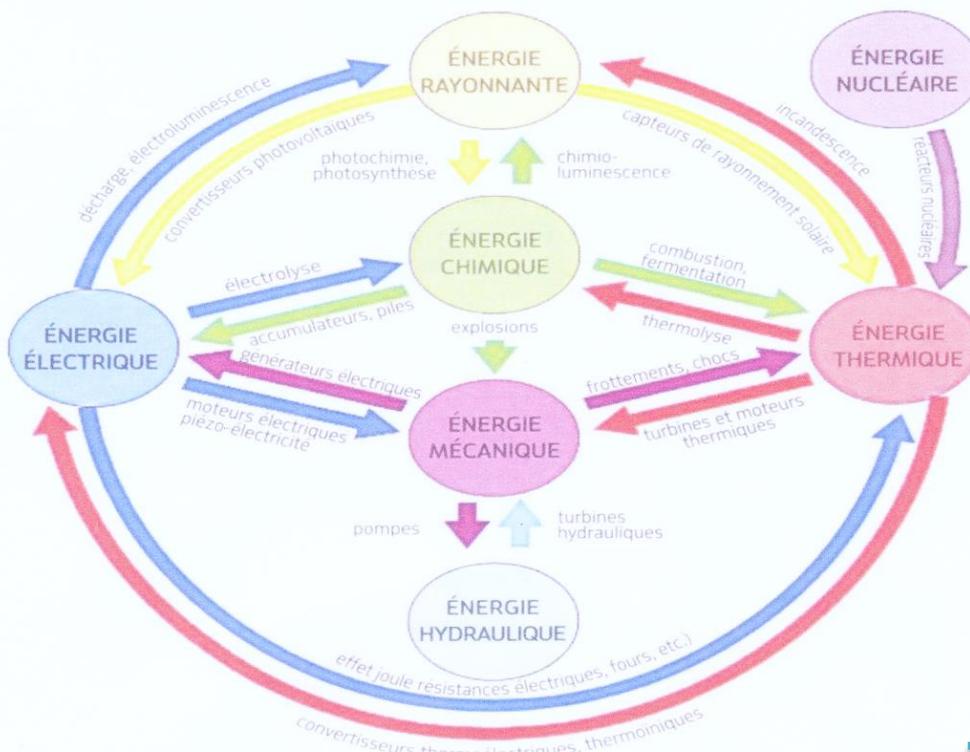
Thème n°4 : Transformation de l'énergie

Energie Electrique ↔ Energie Mécanique, Lumineuse, Thermique....

Compétences :

- C03 Analyser une solution technique.
- C07 Argumenter sur la solution technique retenue.
- C17 Mettre en œuvre les moyens de mesure.
- C18 Interpréter des indicateurs, des résultats de mesures et d'essais.
- C19 Identifier les paramètres de réglage.
- C20 Régler les paramètres.

L'énergie est une grandeur thermodynamique ayant pour propriété de pouvoir se matérialiser sous différentes formes, et d'avoir la capacité de changer de forme.



Le centre d'intérêt :
La transformation de l'énergie

Page 2 :

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie



Lycée Technique, Scientifique
et Professionnel VAUBAN - BREST

STS ELECTROTECHNIQUE

Essais de systèmes

Thème 4

A titre d'exemple, la conversion d'énergie électrique en énergie photonique se retrouve :

- Dans toutes les applications d'éclairage (éclairage public, domestique, industriel ou tertiaire)
- Dans certaines applications de chauffage (lampes infra rouges)
- Dans les applications photovoltaïques

La conversion d'énergie électrique en énergie thermique se retrouve :

- Dans toutes les applications de chauffage (fours domestiques ou industriel, convecteurs)
- Dans la production électrique par centrale thermique.

La conversion d'énergie électrique en énergie éolienne et hydraulique se retrouve :

- Dans la production d'énergie électrique à partir de fluide comme le vent ou l'eau.
- Dans les pompes et les ventilateurs

La conversion d'énergie électrique en énergie mécanique se retrouve :

- Dans la plupart des applications impliquant une force motrice (transport, déplacement.....)
- Dans la production électrique utilisant une machine tournante

Dans chacune de ces applications, divers choix technologiques peuvent être envisagés.

Des critères de coût, d'efficacité de conversion et de qualité de l'énergie sont à prendre en compte pour effectuer un choix et un dimensionnement.

Contexte

Objectifs de l'essai de systèmes

L'objectif des essais de système est de répondre aux questions suivantes :

- Dans une ou plusieurs applications industrielles ou tertiaires que vous choisirez, quels procédés de transformation d'énergie peut-on trouver ?
- Quelles sont les lois physiques définissant cette énergie.
- Dans chaque cas, comment est effectuée cette transformation (principe) ?
- quels sont les constituants (structure) ?
- comment fonctionnent-ils ?
- quelle est l'efficacité énergétique de cette transformation (rendement) ?
- Peut-on envisager d'autres types de choix (comparaison de solutions) ?

Page 3 :

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie



Lycée Technique, Scientifique
et Professionnel VAUBAN - BREST

STS ELECTROTECHNIQUE

Essais de systèmes

Thème 4

Organisation du travail :

Il vous est demandé de rédiger un **rapport de synthèse par trinôme**.

- Illustrant la ou les conversions d'énergies utilisées dans un procédé industriel ou tertiaire.
- Mettant en œuvre un ou deux systèmes présents dans l'établissement afin d'étudier le procédé de conversion en fonction des objectifs définis plus haut.
- Traitant une activité documentaire de synthèse en relation avec vos types de transfert d'énergie.

Il vous est demandé de préparer une présentation orale de vos travaux « thème + étude documentaire » **individuelle d'une durée de 10'**.

La répartition des tâches se fera suivant le calendrier ci-dessous :

L'oral est individuel
et dure 10 minutes.

Une étude de doc
est associée afin de
parfaire leur culture
scientifique et/ou
technologique

Calendrier

27 mars	Préparation thème 4 : transfert de l'énergie Choix d'un procédé à étudier - description de l'étude envisagée + planning d'occupation des systèmes	Restitution planning occupation syst
3 avril	Acquisition des principes de base : Energie et puissance, définitions.... Etude des concepts et lois physiques mise en jeu dans le type de conversion choisie : Rédaction d'un mémo par binôme	
10 avril	Essai n°1, exploitation des mesures, rédaction partielle du compte rendu de synthèse.	Restitution Mémo
17 avril	Essai n°2, exploitation des mesures, rédaction finale du compte rendu de synthèse « essai »	Restitution CR (ind)Etude doc
24 avril	Finalisation et préparation des oraux. (Les CR seront rendus en fin de séance)	Restitution des CR « essai »
Vacances	Etude documentaire en relation avec le type de conversion choisie (onglet indicé « 0 ») : Rédaction individuelle du doc de synthèse de cette étude.	
15 mai	Oraux	
22 mai	Oraux	

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie



Lycée Technique, Scientifique
et Professionnel VAUBAN - BREST

STS ELECTROTECHNIQUE

Essais de systèmes

Thème 4

Organisation des groupes :

Groupe	Procédé et Type de conversion	Systèmes choisis	
		premier	second
Groupe 1	Elec /eolienne Meca /elec	Groupe électrogène	Eolienne
Groupe 2	Elec /eolienne Elec /potentielle	Centrale (Eolienne)	Colonne d'eau ou château
Groupe 3	Elec /éolienne Elec /méca	Eolienne	Transgerbeur ou groupe électrogène
Groupe 4	Elec /mécanique Méca /élec	Monte-charge	Scooter
Groupe 5	Elec /thermique Elec/ photonique	Four bac pro	Maquette solaire et centrale
Groupe 6	Elec /potentielle Elec / chimique	Colonne d'eau ou château	Manip batterie
Groupe 7	Elec/ photonique	Maquette solaire et centrale	Maquette éclairage

Les étudiants choisissent les procédés de conversion à étudier et choisissent les systèmes appropriés

Page 5 :

6.4.2. Les systèmes proposés

Les systèmes sont classés par type de conversion et un descriptif succinct est proposé.

Page 6, 7, 8, 9 :



Les systèmes :

Energie Electrique ↔ Energie Photonique

➤ 1 - Maquette « Eclairage »/maquette « Harmocem ».

Idée de mesure :

- Comparaison de l'efficacité énergétique de différents types de lampes par mesure de l'éclairage et de la puissance consommée.
- Relevés du courant absorbé et de la tension d'alimentation (valeur instantanée et spectre fréquentiel) pour chaque type de lampe.
- Relevés des puissances actives et réactives absorbées, relevés du $\cos\phi$ et du facteur de puissance.
- Etude économique, guide de choix...

➤ 2 - Armoire d'éclairage / borne d'éclairage

Idée de mesure :

- Comparaison de l'efficacité énergétique de différents types de lampes par mesure de l'éclairage et de la puissance consommée.
- Relevés du courant absorbé et de la tension d'alimentation (valeur instantanée et spectre fréquentiel) pour chaque type de lampe. Etude du démarrage pour une lampe fluorescente ou à décharge...
- Relevés des puissances actives et réactives absorbées, relevés du $\cos\phi$ et du facteur de puissance.
- Etude économique, guide de choix...

➤ 3 - Maquette « panneau solaire »

Idée de mesure :

- Analyse du synoptique du système (côté panneaux)
- Relevé du réseau de caractéristiques tension/courant en charge, pour plusieurs valeurs d'éclairage.
- Tracé du réseau de caractéristiques puissance/tension pour plusieurs valeurs d'éclairage.
- Relevé de la caractéristique d'utilisation : puissance/éclairage sous tension constante (charge de batterie)

➤ 4 - Centrale d'énergie renouvelable, partie « solaire »

Idée de mesure :

- Analyse du synoptique du système (côté panneaux)
- Réalisation et mise en marche d'un programme d'acquisition distant permettant de visualiser et de stocker dans un fichier la puissance fournie par les panneaux solaires et la luminosité durant une semaine.
- Analyse de fichiers de production hebdomadaire selon saison
- Estimation de la production d'énergie annuelle par m^2 installé et graphique annuel de production.
- Etude économique, guide de choix...

➤ 0 - Etude documentaire : « cellules photovoltaïques » ou « types de lampes »

- Principe de fonctionnement.
- Exemple d'exploitation, mise en œuvre...
- Efficacité, rendement. Coût.



<http://www.ines-solaire.com/solpv/page0.html>

http://sti.ac-dijon.fr/IMG/presentation_PV.pdf

http://www.ecosources.info/dossiers/Types_de_cellules_photovoltaiques

Energie Electrique ↔ Energie Eolienne

- 5 - Maquette « Eolienne » avec capteur de couple
 - Idée de mesure :
 - Analyse du synoptique du système (côté éolienne)
 - Analyse théorique et pratique du fonctionnement de la chaîne d'énergie.
 - Relevé de formes et valeurs de l'énergie en tout point de la chaîne pour plusieurs valeurs de vent.
 - Estimation de différents rendements de conversion.
 - Comparaison de la puissance récupérée avec la puissance du tube de vent
- 6 - Centrale d'énergie renouvelable, partie « éolienne »
 - Idée de mesure :
 - Analyse du synoptique du système (côté éolienne)
 - Réalisation et mise en marche d'un programme permettant de visualiser et de stocker dans un fichier la puissance fournie par l'éolienne et la vitesse du vent durant une semaine.
 - Analyse de fichiers de production hebdomadaire selon saison
 - Estimation de la production d'énergie annuelle et graphique annuel de production.
 - Etude économique, guide de choix....
- 7 - Alternateur et/ou Génératrice asynchrone couplé(es) au réseau
 - Idée de mesure :
 - Descriptions des systèmes modélisés par ces couplages machine/réseau.
 - Description du procédé, protocole de couplage.
 - Relevés de l'évolution de la puissance électrique active fournie en fonction de la puissance mécanique reçue.
 - Evolution de la puissance réactive fournie en fonction de l'excitation (alternateur), Comportement des puissances active et réactive fournies au réseau, effet sur le $\tan\Phi$ (génératrice asynchrone).
- 0 - Etude documentaire : « Hydrolienne » ou « éoliennes »
 - Principe de fonctionnement.
 - Exemple d'exploitation.
 - Courbe de production. Contrainte de fonctionnement. Durée de vie.

Energie Electrique ↔ Energie potentielle

- 8 - Château d'eau
 - Idée de mesure :
 - Analyse du synoptique et des constituants de la chaîne d'énergie du système
 - Relevés ou calcul de l'énergie consommée et produite pour un remplissage à pompage maximal.
 - Rendements de conversion.



➤ 9 - Colonne d'eau

Idée de mesure :

- Energie stockée dans une colonne d'eau
- Analyse du synoptique et des constituants de la chaîne d'énergie du système
- Relevés ou calcul de l'énergie consommée et produite en un temps donné pour plusieurs valeurs de vitesse de pompage.
- Rendements de conversion.
- Application aux barrages

➤ 0 - Etude documentaire : « Barrage »

- Principe de fonctionnement.
- Exemple d'exploitation
- Courbe de production. Contrainte de fonctionnement. Durée de vie.
- Production électrique canadienne.

Energie Electrique ↔ Energie Chimique

➤ 10 - « Stockage de l'énergie »

Idée de mesure :

- Stockage de l'énergie dans les batteries.
- Principe de fonctionnement, oxydoréduction.
- Associés à centrale d'énergie renouvelable ou aux maquettes éoliennes ou à la maquette panneau solaire, diriger les essais permettant de caractériser le stockage de l'énergie électrique dans les batteries : capacité et classe de batterie. Dimensionnement. Durée de vie. Recyclage.
- S'informer sur la technologie des piles à combustible et leurs applications futures.

➤ 0 - Etude documentaire : Energie nucléaire

- Principe de fonctionnement d'une centrale nucléaire.
- Fission et fusion atomique, énergie nucléaire et combustible nucléaire.
- Courbe de production. Contrainte de fonctionnement. Traitement des déchets.
- Durée de vie.

Energie Electrique ↔ Energie Thermique

➤ 11 - PAC

Idée de mesure :

- Identification de la chaîne énergétique de conversion.
- Analyse des procédés de transferts thermiques.
- Cycle de fonctionnement.
- Identification des différentes puissances mises en jeu et calcul du COP.

➤ 12 - Four Bac pro

Idée de mesure :

- A puissance réduite, mesure de la constante thermique du four et modélisation.
- Analyse du système d'alimentation des lampes du four.
- Description du système de régulation.
- Relevés du courant absorbé et de la tension d'alimentation en faisant varier la puissance de chauffe

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie



Lycée Technique, Scientifique
et Professionnel VAUBAN - BREST

STS ELECTROTECHNIQUE

Essais de systèmes

Thème 4

- 0 - Etude documentaire : Le chauffage par induction
 - Principe de fonctionnement. Epaisseur de peau. Matériau ferromagnétique.
 - Chaîne de conversion. Rôle de l'onduleur
 - Rendement, efficacité énergétique. Coût

Energie Electrique ↔ Energie Mécanique

- 13 - Variateur de vitesse pour MAS (monophasé et triphasé)
Idée de mesure :
 - Description du synoptique, analyse des constituants et des formes d'ondes.
 - Relevés des puissances amont et aval (variateur mono ou triphasés) pour plusieurs puissances délivrées.
 - Rendement de conversion
 - Perturbations apportées au réseau.
- 14 - Transgerbeur
Idée de mesure :
 - Analyse du synoptique et des constituants de la chaîne d'énergie du système (axe x et axe z)
 - Relevés ou calcul sur chaque axe de la puissance consommée et de la puissance fournie en fonction de la charge et de la vitesse (régime permanent).
- 15 - Monte charge
Idée de mesure :
 - Description du synoptique, analyse des constituants et des formes d'ondes.
 - Relevés des puissances amont et aval
 - Rendement de conversion
- 0 - Etude documentaire : L'automobile hybride
 - Principe de fonctionnement et technologie.
 - Chaîne d'énergie
 - Rendement et contrainte. Coût.

Planning occupation système

Groupe n°	10 avril	17 avril	24 avril
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

Les étudiants s'organisent afin d'établir le calendrier d'utilisation des systèmes

6.4.3. Commentaires

C'est sur ce sujet que les étudiants atteignent le niveau d'autonomie et d'organisation attendus. Les savoirs théoriques étudiés en parallèle en génie électrique et sciences appliquées sont utilisés et rappelés si besoin. Des compléments spécifiques sont développés à la demande des étudiants sous forme d'intervention au cours des essais de système au groupe voire à la classe entière si nécessaire. Les comptes rendus atteignent un niveau de technicité acceptable les références aux lois physiques sont significatives.

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie

7. La seconde année.

7.1. Qualité de l'énergie et équipements communicants.

7.1.1. Le sujet :

Le sujet s'accompagne de documents (Répertoire : « Docs QEE ») comprenant les normes harmoniques sur la tension et la CEI 61000 3.2 sur les charges, différents cahiers techniques Schneider autour de la qualité de l'énergie électrique. Ces ressources bibliographiques ont pour objectif d'habituer les étudiants à s'entourer de documentation, à organiser leur recherche et synthétiser les données prélevées.



Lycée Technique, Scientifique
et Professionnel VAUBAN - BREST

STS ELECTROTECHNIQUE

Richard NAEL
Christophe MARY

Essais de systèmes

2nde Année

Thème n°1 : Qualité de l'énergie électrique	Durée : 18 heures
Energie réactive, pollutions harmoniques, creux de tensions et surtensions remèdes et protections, gestion des coûts	
Compétences : <i>C03 Analyser une solution technique.</i> <i>C07 Argumenter sur la solution technique retenue.</i> <i>C17 Mettre en œuvre les moyens de mesurage.</i> <i>C18 Interpréter des indicateurs, des résultats de mesures et d'essais.</i> <i>C19 Identifier les paramètres de réglage.</i> <i>C20 Régler les paramètres.</i>	

La **qualité de l'énergie électrique** fournie ou consommée en environnement perturbé est un sujet vaste qui sera abordé selon 4 axes :

- Qualité de la source / continuité de service
 - Normes sur la tension, la fréquence...
 - Normal / secours. Dimensionnement des sources de remplacement
- Perturbations harmoniques et C.E.M.
 - Coexistence courants forts et faibles
 - Perturbations liées aux harmoniques de courant
 - Minimisation et remèdes
- Energie réactive
 - Conséquences d'une forte consommation de Q
 - Compensation
 - Production sur le réseau de puissances actives et réactives
 - Normes et limitations
- Interaction des trois points précédents. Précaution et dimensionnement final

La **gestion des coûts** d'une installation ou de mises en place de remède sera une préoccupation omniprésente dans toutes les études et analyses effectuées

Objectifs de l'essai de systèmes

Vous disposez de 18 h afin de mener des recherches et des expérimentations qui vous permettront de réaliser un document de synthèse et une présentation orale répondant aux questions suivantes :

- Dans quels cas peut-on rencontrer un environnement « perturbé » ?
- Qu'entend-on par « énergie électrique de qualité » ?
- Dans quels contextes, l'étude de la qualité de l'énergie est-elle indispensable ? Quelles sont les normes et les limites ? Quelles influences sur les facturations ?
- Quelles sont les causes et effets des perturbations altérant la qualité de l'énergie électrique (QEE) ? Quelles en sont les modélisations physiques existantes ?
- Quels sont les remèdes existants ? Comment fonctionnent-ils ?
- Ces solutions sont-elles universelles ou correspondent à des installations particulières ?
- Peut-on envisager d'autres types de choix (comparaison de solutions) ?
- Quels coûts sont à envisager pour ces solutions préventives et/ou curatives ?

Comment
aborder ce
centre d'intérêt

Des analyses physiques et technologiques sont attendues dans un contexte **rigoureux** et relevant de travaux de futur technicien supérieur en électrotechnique !

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie

7.1.1. Les systèmes proposés



Lycée Technique, Scientifique
et Professionnel VAUBAN – BREST

STS ELECTROTECHNIQUE

Richard NAEL
Christophe MARY

Essais de systèmes

2nde Année

Contexte de l'essai de systèmes

Vos travaux peuvent répondre à une situation-problème qu'une entreprise industrielle rencontrerait. Il peut être envisagé d'imaginer une entreprise de « chaudronnerie » à l'image des « serrureries brestoises » modélisable par l'atelier chaudronnerie du lycée VAUBAN, ou une entreprise tertiaire à l'image d'une agence bancaire modélisable par une salle informatique ou encore le CDI du lycée. Il est possible de transposer vos études à celle d'entreprise que vous connaissez ou dans lesquelles vous avez réalisé des travaux...

Pour tous ces cas, il vous sera demandé de définir clairement le contexte et l'objet de votre étude. La totalité des axes d'études devant être abordés

Ressources et matériels disponibles

1. TGBT Bac pro + Eclairage : (1 groupe)

Idee de mesure :

- Schéma de distribution
- Relevés du courant absorbé et de la tension d'alimentation (valeur instantanée et spectre fréquentiel) sur les départs informatiques.
- Etudes des puissances mise en jeu P, Q, S, D, Fp, déplacement du facteur de puissance DPF, Taux global de distorsion harmonique THD%.
- Dimensionnement, coût...

2. TGBT BTS + variateur éolienne. (1 groupe)

Idee de mesure : Rôle de l'ASI (Alimentation Sans interruption)/ Rôle du gradin de condensateurs

- Principe de fonctionnement global du TGBT
- Principe de fonctionnement ASI
- Qualité de l'énergie, compensation du réactif
- Dimensionnement, coût...

3. Maquette « Variateurs de vitesse »

Idee de mesure :

- Etudes des puissances et spectre harmonique courant ou tension dans le cas de l'utilisation d'un variateur de vitesse monophasé pour MAS.
- Etudes des puissances et spectre harmonique courant ou tension dans le cas de l'utilisation d'un variateur de vitesse triphasé pour MAS.
- Comparaison et analyse théorique.

4. CDI ou salle informatique:

Idee de mesure :

- Schéma de distribution
- Relevés du courant absorbé et de la tension d'alimentation (valeur instantanée et spectre fréquentiel) par cet atelier. Etude dans le fil de neutre.
- Etudes des puissances mise en œuvre P, Q, S, D, Fp, déplacement du facteur de puissance DPF, Taux global de distorsion harmonique THD%.
- Solutions préventives et/ou curatives
- Dimensionnement, coût...



5. MS / MAS (2 groupes)

– Banc « Machine asynchrone » (salle TP Phys appl)

Idée de mesure : Fonctionnement réversible.

- Etude des puissances mise en jeu dans un fonctionnement moteur et génératrice pour une MAS connectée au réseau.
- Conclusion
- Analyse harmoniques des grandeurs électriques
- Application industrielle.
- Etude économique, guide de choix....

– Banc Groupe électrogène de secours (Bac pro)

Idée de mesure :

- Etude des puissances mise en jeu dans un fonctionnement d'une machine synchrone non couplée au réseau.
- Expérimentation sur charges linéaires inductives et non linéaires.
- Analyse harmoniques des grandeurs électriques.
- Expérimentation sur les dynamiques de courants. Normes imposées.
- Application industrielle.
- Etude économique, guide de choix....

- Maquette SCOOTER

Idée de mesure : Transfert énergie mécanique/énergie électrique envoyée sur le réseau.

- Etudes des puissances mise en œuvre P, Q, S, D, Fp, déplacement du facteur de puissance DPF, Taux global de distorsion harmonique THD% de l'énergie électrique renvoyée sur le réseau.
- Mesure de la puissance réactive aux bornes de la MAS.
- Homothéties industrielles
- Etude économique, guide de choix...

6. Maquette « Harmocem : (2 groupes)

Idée de mesure :

- Relevés du courant absorbé et de la tension d'alimentation (valeur instantanée et spectre fréquentiel) pour l'ensemble {variateur + charge}
- Etudes des puissances mise en œuvre P, Q, S, D, Fp, déplacement du facteur de puissance DPF, Taux global de distorsion harmonique THD%.
- Action des remèdes disponibles (inductance antiharmonique, filtre passif, compensateur actif)
- Dimensionnement de filtres passifs, problème de résonance.
- Principe de fonctionnement d'un filtre actif.
- Etude économique, guide de choix....

7. Maquette Gradin de condensateurs (1 groupe)

Idée de mesure : Gradin de condensateurs

- Schéma électrique, fonctionnement du gradin de condensateurs.
- Relever les différentes puissances P, Q, S, D avec et sans action du gradin de condensateur absorbées par un puis deux moteurs
- Application industrielle.
- Etude économique, guide de choix....

7.1.2. Commentaires

En ce début de seconde année, les étudiants sont maintenant aguerris à la pratique des essais de systèmes. Très rapidement, ils s'approprient le sujet et choisissent les systèmes sur lesquels ils souhaitent travailler. Ils prennent conscience des difficultés du centre d'intérêt et ont des difficultés à analyser leurs mesures au regard des normes existantes. D'autres parts, les étudiants ont tendance à se limiter à la pollution conduite par les harmoniques et oublient l'analyse de la tension (creux de

tension, microcoupure...)

Au cours des trois séances, les enseignants rappellent les procédés de filtrage harmonique en expliquant leur principe de fonctionnement (Inductance antiharmonique, filtres passif, actif, hybride). L'accent est mis sur les singularités des harmoniques 3 et 5. Concernant la qualité de la tension distribuée, les étudiants ont des difficultés à comprendre l'effet des harmoniques de courant sur la tension. Concernant l'énergie réactive, il en est tout autrement car les étudiants analysent les relevés et proposent des solutions chiffrées (relèvement de facteur de puissance ou changement de tarification). L'étude économique est satisfaisante dans la majorité des cas.

A ce stade de la formation, la constitution des comptes rendus est très satisfaisante et les présentations orales sont de qualité.

7.1.3. Exemple de travaux d'élèves :

Dans le répertoire « CR Etudiants QEE » se trouve le **compte rendu élèves** ainsi que la **présentation orale** sous Power point.

Remarque : Le compte-rendu et le diaporama sont « en l'état » sans correction ni modification.

7.2. Asservissement et régulation et équipements communicants.

7.2.1. Le sujet :

Avant la distribution du sujet, un rappel est fait sur les asservissements et la régulation. Tout d'abord la modélisation des systèmes par schéma bloc puis la modélisation de la fonction de transfert de la chaîne directe et de celle de retour en se limitant aux systèmes intégrateur pur et du premier ordre avec ou sans retard...

L'effet des correcteurs et de leur structure (série, parallèle et mixte) sont aussi explicités.

Enfin, un mémo sur les méthodes de réglage d'un correcteur est donné et expliqué. Nous nous limitons à la méthode des réglers, celle de Broïda en Boucle ouverte, méthode de Dindeleux et celle de Ziegler Nichols en boucle fermé.

Un visite des systèmes est organisée avec comme objectif d'identifier la chaîne d'asservissement ou de régulation.

Les corrections des asservissements, dans chacun des systèmes étudiés, sont réalisés par des régulateurs dédiés ou par dans les programmes des API (Twido essentiellement pour nos systèmes) par les variateurs de vitesse (Leroy Sommer ou Schneider ATV 21) ou par Compact RIO utilisant le logiciel Labview.

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie



Lycée Technique, Scientifique
et Professionnel VAUBAN - BREST

STS ELECTROTECHNIQUE

Richard NAEL
Christophe MARY
Année : 2012

Essais de systèmes

2nde Année

Thème n°2 : Régulation et asservissement industriels

Durée : 18 heures

Identification et modélisation, correction et réglage

La **régulation et les asservissements industriels** doivent être abordés globalement à travers différents systèmes mettant en œuvre des matériels variés.

Les asservissements répondent à une problématique dépendant de l'utilisation d'un système.

Ils présentent une modélisation quasi universelle par schéma bloc ou encore « boucle de régulation » et des comportements similaires d'un système à l'autre.

Ses analyses peuvent s'étendre à d'autres domaines comme la finance, le médical...

Leur efficacité se réduit à l'évaluation de trois critères : la précision, la rapidité et la stabilité. Ces critères sont corrigibles et plusieurs méthodes de réglages existent.

Le **choix** de régulateurs dédiés, ou l'**utilisation d'options** d'asservissement existantes dans les matériels utilisés, vous permettront de qualifier les **coûts**.

Objectifs de l'essai de systèmes

Vous disposez de 18 h afin de mener des recherches et des expérimentations portant sur au moins deux procédés d'asservissement choisis parmi les trois disponibles au laboratoire : régulateur industriel, régulateur intégré à un API, régulateur intégré à un variateur, qui vous permettront de réaliser un document de synthèse et une présentation orale répondant aux questions suivantes :

Analyse du système étudié :

- A quelle problématique répond l'asservissement ?
- Quels sont les constituants du procédé de régulation ? qualifier le ?
- Quels sont les capteurs mis en jeu. (Sont-ils des « 2 fils » « 3 fils » « avec réponse en « courant » en « tension »). Comment sont-ils ou faut-il les conditionner ?
- Quelle est la représentation de la boucle de régulation. Quels en sont les paramètres (consigne, retour...) ?

Identification de la fonction de transfert principale :

- A quel type de fonction de transfert a-t-on à faire : intégrateur pur, premier ordre, avec retard, second ordre... ?
- Quel modèle peut-on donner à cette fonction ?

Qualifier le fonctionnement :

- Quel est son comportement statique ?
- Quel est son comportement dynamique ?
- Qu'est ce qui caractérise cet asservissement ?
- Quelles corrections est-il nécessaire d'envisager ?

Correction de l'asservissement :

- Quels types de correcteurs sont utilisés (P, PI, PID, Série, //, Mixte)
- Quelles procédures de réglage des correcteurs sont réalisables. Comparer les méthodes.
- Quelle efficacité a-t-on obtenu ? Critiquer
- Quelles solutions ou coût sont à envisager ?

Validation des réglages :

- Quels réglages ont été retenus et pourquoi ? Justifier par des mesures, des relevés...
- Quelles conclusions en tirez-vous ?

Comment aborder ce centre d'intérêt

Des analyses physiques et technologiques sont attendues dans un contexte **rigoureux** et relevant de travaux de futur technicien supérieur en électrotechnique !

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie

7.2.2. Les systèmes proposés



Lycée Technique, Scientifique
et Professionnel VAUBAN - BREST

STS ELECTROTECHNIQUE

Richard NAEL
Christophe MARY
Année : 2012

Essais de systèmes

2nde Année

Contexte de l'essai de systèmes

Il serait intéressant à la fin des études des systèmes, de proposer un récapitulatif en précisant les méthodes semblant les plus efficaces selon le type de grandeur asservie et de la manière dont on procède. Les contextes d'étude tomberont sous le sens lors de vos travaux.

Ressources bibliographiques disponibles

Cahiers techniques de l'ingénieur n°208 et n°191 (informatif)- Doc sur les systèmes.
8 systèmes sont disponibles :

➤ **1 – Asservissement de pression dans un ballon surpresseur :**

Il s'agit d'une station de mise en pression possédant un débitmètre analogique et à afficheur, un pressostat à afficheur, un capteur de pression analogique.

La boucle de régulation est réalisée autour d'un **variateur de vitesse** pour machine asynchrone commandant la pompe. Les paramètres du variateur sont réglables et mesurables par le biais d'un soft sur ordinateur.

➤ **2 – Asservissement de niveau dans une colonne d'eau :**

Il s'agit du système « colonne d'eau » possédant un capteur de niveau. La boucle de régulation est réalisée autour d'un régulateur industriel commandant la pompe.

➤ **3 – Asservissement de niveau dans un château d'eau :**

Il s'agit du système « Château d'eau » simulant le puisage d'eau d'une nappe phréatique dans un bassin de décantation. Ce dernier alimentant un château d'eau. Ce système possède deux type d'asservissement : l'un en tout ou rien et l'autre de type linéaire par automate « twido » et console « Magélis » Le bassin possède des capteurs de niveau et le château d'eau un pressostat.

➤ **4 – Asservissement de température dans un four résistif :**

Il s'agit d'un système constitué par un four domestique résistif associé à un régulateur extérieur muni d'un capteur de température analogique de type PT 100. Les paramètres de régulation sont atteignables par réglage sur le régulateur extérieur.

➤ **5 – Asservissement de température d'un four à lampe IR :**

Il s'agit du système « four IR » possédant un capteur de température analogique. La boucle de régulation est réalisée autour d'un automate « twido » pilotant un gradateur alimentant des lampes infrarouges. Les paramètres de régulation sont atteignables par visualisation et modification du programme de l'automate

➤ **6 – Asservissement de température d'une fardeleuse :**

Il s'agit d'un système de filmage de blocs de bois. La température est asservie afin que le film plastique se resserre sur les pièces à filmer.
La régulation est réalisée par un régulateur dédié.

➤ **7 & 8 – Asservissement de vitesse et position:**

A l'aide des maquettes Langlois, il est possible de réaliser un asservissement de vitesse ou de position d'une machine à courant continu de faible puissance.
Un module PID dédié permettra de procéder au réglage des boucles d'asservissement.



Mémo : Réglage d'un correcteur PID

Objectifs :

- Caractériser la fonction de transfert du système étudié.
- Appliquer les méthodes de Broïda et Ziegler Nickols pour régler les paramètres PID du correcteur.

1. Fonction de transfert d'ordre 1:

$$T_{BO}(p) = 1/(\tau p) \quad T_{BF}(p) = 1/(1+\tau p)$$

Cette fonction est toujours stable, son erreur de position est nulle et son temps de réponse vaut 3τ à 95% de la réponse finale.

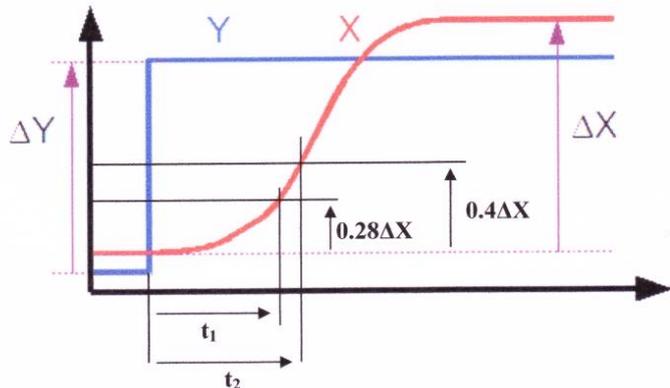
2. Méthode de Broïda:

Les fonctions de transfert fréquemment rencontrée dans l'industrie sont du type ordre 1 avec retard pur :

$$T_{BF}(p) = Ge^{-Tp} / (1+\tau p)$$

a. Identification:

Sa réponse, en **BOUCLE OUVERTE**, à un échelon $Y(t)$, est de type $X(t)$ (réponse indicielle)



b. Calcul des éléments de la fonction de transfert:

On a :

$$G = \Delta X / \Delta Y \text{ ou } X_p = \Delta Y / \Delta X$$

$$T = 2.8t_1 - 1.8t_2$$

$$T = 5.5 (t_2 - t_1)$$

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie



Lycée Technique, Scientifique
et Professionnel VAUBAN - BREST

STS ELECTROTECHNIQUE

Richard NAEL
Christophe MARY
Année : 2012

Essais de systèmes

2nde Année

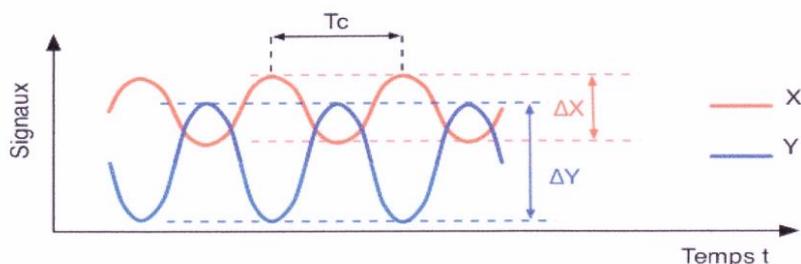
c. Choix du correcteur:

Rapport T/τ	Correcteur proposé
$\frac{T}{\tau} \leq 0,05$	T O R
$0,05 \leq \frac{T}{\tau} \leq 0,1$	P
$0,1 \leq \frac{T}{\tau} \leq 0,2$	PI
$0,2 \leq \frac{T}{\tau} \leq 0,5$	PID
$\frac{T}{\tau} \geq 0,5$	Limite des PID

Paramètre / structure	BP (%)	Ti	Td
P	125 G T/τ		
PI parallèle	125 G T/τ	G T/0,8	
PI série	125 G T/τ	τ	
PID série	120 G T/τ	τ	0,42 T
PID mixte	120 G T/(τ+0,4T)	τ + 0,4T	τ T / (2,5τ + T)
PID parallèle	120 G T/(τ+0,4T)	G T/0,75	0,35 τ / G

3. Méthode de ZIEGLER NICHOLS:

Le Système est en **Boucle fermée**. Le système est en régulation proportionnelle (actions intégrale et dérivée annulées). On diminue la bande proportionnelle jusqu'à obtenir un système en début d'instabilité, le signal de mesure X et la **sortie du régulateur Y** sont périodiques, sans saturation.



On relève alors la valeur de la bande proportionnelle $X_{pc} = \Delta Y_c / \Delta X_c$, ainsi que la période des oscillations T_c . La mesure de la période des oscillations T_c et de X_{pc} permet de calculer les actions PID du régulateur à l'aide du tableau fourni ci-après.

	P	PI série	PI //	PID série	PID //	PID mixte
X_p	$2X_{pc}$	$2,2X_{pc}$		$3,3X_{pc}$	$1,7X_{pc}$	
T_i	Maxi	$T_c/1,2$	$0,02T_cX_{pc}$	$T_c/4$	$8,5T_c/X_{pc}$	$T_c/2$
T_d		0		$T_c/8$	$7,5T_c/X_{pc}$	$T_c/8$

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie

Le planning d'occupation des systèmes



Lycée Technique, Scientifique
et Professionnel VAUBAN - BREST

STS ELECTROTECHNIQUE

Richard NAEL
Christophe MARY
Année : 2012

Essais de systèmes

2nde Année

Planning d'utilisation des systèmes

		S1	S2	S3
<i>Colonne d'eau</i>	Niveau d'eau (régulateur indus)	G2	G5	G3
<i>Fardeleuse</i>	Température (régulateur)			
<i>Station surpression</i>	Pression (var vitesse)	G5	G3	G2
<i>Four résistif</i>	Température (régulateur)	G4		G1
<i>Château d'eau</i>	Niveau d'eau (automate)	G1	G4	
<i>Four IR</i>	Température (automate)	G3	G2	G5
<i>Maquette Langlois</i>	Vitesse (régulateur dédié)		G1	G4
<i>Maquette Langlois</i>	Position (régulateur dédié)		G	

7.2.3. Commentaires

Le thème « asservissements et la régulation » est un thème difficile à maîtriser pour les étudiants et leur sollicitation est importante. La principale difficulté réside dans l'abstraction de la modélisation. L'écueil à éviter est celui d'un cours, il faut veiller à rester dans le cadre de l'étude de systèmes.

Notre posture est donc très accompagnatrice :

- Observer le système et identifier chaque élément du schéma bloc.
- Caractériser les grandeurs physiques et les capteurs permettant de les convertir
- Mettre en fonctionnement le système et observer l'effet des paramètres des correcteurs
- Définir les protocoles permettant d'atteindre les grandeurs réglées et réglantes.
- Observer et interpréter les mesures.
- Régler le correcteur au regard d'un cahier des charges en respectant des critères de contraintes et de performances liés au contexte industriel choisi.

Les étudiants sont très autonomes et notre action d'enseignant se réduit à l'apport d'explication des phénomènes, à l'accompagnement dans la modélisation des systèmes.

Les prestations orales sont très fréquemment de qualité et les méthodes de réglage sont maîtrisées.

Il reste quelques difficultés sur la maîtrise des modèles mathématiques ou physiques.

Essais de Systèmes en BTS Électrotechnique

Vers l'autonomie et la responsabilisation des étudiants

RNR STI Energie

8. Réflexions autour du recrutement issu des STI 2D.

Notre recrutement pour l'année scolaire 2013-2014 est donné sur le tableau ci-dessous :

	Structure du recrutement en BTS 1^{ère} année Rentrée 2013	07/10/2013
---	---	------------

ORIGINE	CRCI	CRSA	ELT	MCI	SE	TOTAL
STI2D	4	4	8	7	9	32
T S-SI	1			3		4
Prépa TSI			1			
TS-SVT			1			
BAC PRO	16	13	10	15	4	58
BT	1					1
IUT		1	5			6
UNIVERSITE		1(Maths)	1(Physique)			2
DOUBLEMENT	2					2
TOTAL	24	19	26	25	13	105

Le BTS DDP n'apparaît pas dans ce tableau, son recrutement étant uniquement basé sur les arts appliqués et la MANAA.

Points remarquables :

- La rentrée 2013 présente l'intérêt d'accueillir la première promotion de bacheliers STI2D
- Les STI2D sont les grands absents de ce recrutement, désormais ils ne représentent plus qu'un tiers du recrutement.
- A l'inverse les Bacs pros sont désormais le principal vivier de recrutement.
- La faiblesse du BTS SE est très clairement liée à la faible représentation des Bacs pros.
- Une « curiosité » : l'importance des ex IUT en ELT. Il s'agit d'anciens STI qui reviennent en BTS après une année passée à l'IUT. Niveau trop faible des anciens STI ou exigences trop fortes de l'IUT ? Il sera intéressant de voir comment se comporteront les STI2D inscrits à cette rentrée en IUT.

Il est très hétérogène et les pré-acquis des étudiants sont très disparates.

Un plan de formation a été réalisé afin de combler les manques de connaissances dans le domaine de l'électricité.

Le mélange de publics est un atout et à cette période de l'année, le mixage des compétences est très bénéfique.

9. Conclusion.

L'objectif de cet article est de tenter d'expliquer notre pratique des essais de systèmes. Certes en pédagogie tout est discutable et lié au public concerné. Notre situation géographique et nos équipements nous permettent cette pratique. Le choix de cette pédagogie inductive demande beaucoup de préparation et une maîtrise totale des systèmes. La posture n'est pas très confortable car elle demande un juste équilibre pour ne pas être trop interventionniste mais de répondre aux attentes des étudiants et du référentiel. Les étudiants attendent une grande réactivité de notre part et des connaissances tant globales que précises de nos systèmes.

Cet article n'a pas pour but de proposer la solution à l'enseignement des essais de systèmes mais simplement un exemple de ce que nous faisons et qui, après maintenant huit années de recul, nous permet de conclure que l'objectif d'autonomisation et de responsabilisation est très globalement atteint.

Je tiens, pour finir, à remercier, tout d'abord, mon collègue et ami Richard Naël, toujours novateur et particulièrement motivé par les expériences pédagogiques avant-gardistes, enfin notre proviseur Bernard Le Gall et notre chef de travaux Jean-Philippe Poirier remplacé dernièrement par Dominique Raoul pour leur confiance et l'aide qu'ils nous apportent dans la réalisation de nos projets.