

# Annexe IV

## GÉNIE ÉLECTRIQUE

### I - OBJECTIFS DE FORMATION

L'objectif de l'enseignement de la technologie dans les classes de première et seconde années de TSI est d'apporter aux étudiants les connaissances et les méthodologies de base dans le domaine du génie mécanique, du génie électrique et de l'automatique.

Les connaissances technologiques de référence des étudiants à l'entrée de la classe de première année de TSI sont celles des filières STI et STL du baccalauréat technologique.

La formation s'appuie sur trois enseignements: le génie mécanique, le génie électrique et l'automatique, l'automatique étant le lien privilégié entre les deux autres disciplines. L'enseignement s'organise de sorte qu'une réelle association fasse coopérer les professeurs de génie mécanique et de génie électrique dans le cadre de l'étude des systèmes techniques. Les enseignements s'articuleront autour de thèmes permettant de familiariser le futur ingénieur ou le futur professeur avec l'approche globale des problèmes techniques. L'exploitation de logiciels d'application, dans les trois domaines, contribuera à donner une plus grande cohérence et une meilleure efficacité à l'enseignement.

Au terme des deux années de formation, l'étudiant doit être capable:

- d'analyser l'organisation et le fonctionnement de systèmes ou parties de systèmes pluritechniques,
- d'analyser et de justifier des solutions techniques adaptées au regard d'un cahier des charges donné,
- d'élaborer des solutions partielles ou complètes répondant à des problèmes résultant de nouvelles exigences du cahier des charges :
  - modification de solutions existantes ;
  - adaptation à de nouvelles données.

Ces connaissances sont dispensées sous forme:

- de cours permettant d'énoncer les lois et descriptions générales, d'effectuer des synthèses,
- d'études de cas présentant des solutions techniques faisant appel à des calculs de prédétermination et/ou de vérification (travaux dirigés),
- de travaux pratiques destinés à mettre en œuvre des dispositifs illustrant les concepts fondamentaux, les connaissances de base et les méthodes,
- de travaux d'initiative personnelle encadrés, développés autour de thèmes nationaux, pour permettre un approfondissement et une synthèse de ces connaissances tout en conférant à l'étudiant une autonomie d'étude et de présentation.

### II - PROGRAMME

#### ● Lignes directrices du programme

L'enseignement du génie électrique participe à la formation technologique des étudiants en apportant les connaissances nécessaires à la compréhension, au choix des systèmes de commandes et au dimensionnement des motorisations d'ensembles mécaniques.

Toutes les activités proposées aux étudiants visent une synthèse cohérente des connaissances. Cette stratégie impose une collaboration étroite entre les deux professeurs de technologie, en liaison avec les autres disciplines: sciences physiques et mathématiques notamment.

Le programme ci-après ne traduit pas une progression imposée. Les professeurs restent maîtres de leur organisation pédagogique et du déroulement de leur enseignement dans l'année.

#### a - Génie électrique

Ce programme s'articule autour de trois axes fondamentaux de la construction électrique s'associant dans de nombreux systèmes:

- l'électronique du signal analogique et numérique;
- la conversion d'énergie électrique ;
- la conversion d'énergie électromécanique.

L'étude de systèmes complets permettra à certains moments d'appréhender les réalités industrielles de la construction électrique.

Électronique du signal

Célélectronique du signal doit s'appuyer sur des thèmes de l'électronique analogique et de la conversion analogique numérique et numérique analogique constituant les interfaces avec les parties opératives d'ensembles pluritechniques.

Les étudiants doivent être capables:

- d'analyser un schéma électronique, d'identifier et reconnaître les structures de base des montages à amplificateurs opérationnels dans certaines applications;
- de prédéterminer le fonctionnement de montages par des méthodes analytiques ;
- de valider ces prédéterminations par des travaux pratiques de mise en œuvre et/ou des travaux pratiques de simulation permettant ainsi de quantifier les paramètres du modèle utilisé et de distinguer les limites technologiques.

Conversion d'énergie

À partir de schémas d'applications, les étudiants doivent être capables:

- d'identifier des structures de convertisseurs ;
- d'analyser le fonctionnement;
- de dimensionner et choisir les composants associés (composants actifs et passifs), à partir d'une étude analytique.

Les outils de simulation aident l'analyse de fonctionnement des convertisseurs.

Les travaux pratiques, sous forme d'expérimentations, permettent de comprendre les limites des modèles utilisés.

Conversion électromécanique

Les étudiants doivent connaître :

- les principes de fonctionnement du moteur à courant continu et du moteur triphasé à induction ;
- les caractéristiques extemes de ces machines.

Des travaux pratiques peuvent mettre en évidence ces caractéristiques.

À partir d'études sur des systèmes dans un contexte industriel, les étudiants doivent être capables d'analyser:

- le comportement de la machine associée à un convertisseur;
- les comportements suivant la charge entraînée.

Des travaux pratiques mettront en évidence ces comportements.

### b- Automatique

Les enseignements d'automatique s'intéressent aux méthodes et techniques de commandes des systèmes industriels. Ils s'articulent autour de deux grands thèmes: systèmes automatisés discrets, combinatoire et séquentiels, d'une part, systèmes dynamiques linéaires et continus d'autre part.

Systèmes automatisés discrets, combinatoire et séquentiels

Cet enseignement permet d'appréhender les démarches d'analyse du traitement logique de l'information.

Les étudiants doivent être capables, à partir de documents techniques:

- d'analyser des schémas logiques;
- de concevoir des commandes combinatoires ou séquentielles simples.

Systèmes dynamiques linéaires et continus

Cette partie du programme s'intéresse à l'étude du comportement des systèmes dynamiques linéaires et continus du premier et second ordre, en se basant sur différentes méthodes d'analyse :

- par analyse symbolique en introduisant la notion de transmittance,
- par l'étude des systèmes asservis en se limitant à l'aspect temporel par utilisation des équations différentielles.

Remarques: la synthèse et la correction des systèmes asservis ainsi que les critères de stabilité sont explicitement hors du programme.

Cette partie, en s'appuyant sur les cours de génie électrique et de mécanique, permet de faire l'analyse de nombreux systèmes dans le domaine de la conversion d'énergie électromécanique (asservissement de vitesse ou de position par exemple).

Des travaux pratiques peuvent mettre en évidence les comportements de ces systèmes.

## Seconde année TSI

### PROGRAMME

### COMMENTAIRES

## 1- ÉLECTRONIQUE DU SIGNAL

### 1.1 Les montages à Amplificateurs Opérationnels

Application du programme de première année.

L'étudiant devra être capable:

- d'analyser des montages industriels utilisant l'ampli opérationnel en s'appuyant sur la méthodologie étudiée en première année ;
- de synthétiser des montages utilisant les montages de base étudiés en première année ;
- d'utiliser un logiciel de simulation.

## 2- ÉLECTRONIQUE NUMÉRIQUE

### 2.1 La conversion numérique analogique

Principes de la conversion Numérique analogique:

- convertisseurs à résistances pondérées ;
- convertisseur à réseau en échelle (à commutation de courant. à commutation de tension).

Compréhension des paramètres de

- résolution ;
- précision;
- temps de conversion;
- linéarité.

### 2.2 La conversion analogique numérique

Principes de la conversion Analogique numérique:

- . convertisseurs simple et double rampe;
- . convertisseur à comparaison directe;
- . convertisseur à approximations successives;
- . convertisseur à conversion directe (flash).

Compréhension des paramètres de

- résolution ;
- précision ;
- temps de conversion.

## 3- AUTOMATIQUE

### 3.1 Logique séquentielle

Application du programme de première année.

L'étudiant doit être capable d'analyser des associations de fonctions de base étudiées en première année et regroupées dans un système complexe.

## PROGRAMME

## COMMENTAIRES

**3.2 Les systèmes dynamiques linéaires et continus**

Analyse harmonique:

- étude des systèmes du premier et second ordre en boucle ouverte et fermée;
- analyse symbolique (transmittance, association de transmittance) ;
- étude dans les plans de bode de ces systèmes en boucle ouverte et en boucle fermée;

- stabilité: marge de phase et marge de gain ;
- précision

Analyse temporelle:

- réponse à un échelon des systèmes du premier et second ordre en boucle ouverte et fermée;
- précision, stabilité, facteur d'amortissement, temps de réponse, dépassement.

Régulateurs PI, PDI.

**4- CONVERSION D'ÉNERGIE ÉLECTROMÉCANIQUE****4.1 Électronique de puissance**

Les composants de l'électronique de puissance:

- ladiode de puissance;
- le thyristor; ses caractéristiques extemes  $i(vak)$  à l'état bloqué et à l'état passant ;
- le transistor de puissance bipolaire et mos en commutation ;
- exploitation des résistances thermiques pour le calcul des dissipateurs.

Le redressement monophasé double altemance tout thyristors dans l'hypothèse d'un courant constant dans la charge:

- étude du fonctionnement,
- principe de réversibilité du pont,
- facteur de puissance.

Le hacheur dévolteur série à transistor:

- principe de fonctionnement dans l'hypothèse d'une charge à courant constant avec un interrupteur parfait.

Le hacheur en pont à transistors:

- principe de fonctionnement dans l'hypothèse d'une charge à courant constant avec des interrupteurs parfaits
- utilisation avec un moteur à courant continu à 2 sens de rotation et freinage avec récupération d'énergie (utilisation 4 quadrants)

**4.2 Machines tournantes**

La machine à courant continu parfaitement compensée:

- principe et organisation de la machine à excitation séparée, à aimant permanent;
- rôle du collecteur.

Pour la machine à excitation séparée et à aimant permanent uniquement:

- calcul de la force électro motrice et du couple électromagnétique;
- bilan des puissances, rendement;

L'étudiant doit être capable de:

- déterminer la transmittance globale d'un système à partir de la connaissance des divers transmittances qui le constituent. (Cette partie du programme doit s'appuyer sur des systèmes industriels de type asservissement de position et de vitesse) ;
  - tracer dans les plans de Bode les fonctions de transfert.
- L'outil mathématique utilisé est les nombres complexes. Les transformées de Laplace sont hors programme. L'étude de la stabilité sera effectuée en s'appuyant sur la notion d'amortissement. L'étudiant doit être capable de déterminer la réponse à un échelon à partir de la méthode des équations différentielles.

L'étudiant doit être capable uniquement d'analyser l'influence d'un correcteur PI et PDI sur un système sous l'aspect temporel et fréquentiel (influence uniquement sur le diagramme de Bode). Cette partie est traitée en TP. La synthèse des correcteurs est hors programme.

Calcul des pertes en conduction.

La dynamique de l'amorçage et du blocage est exclue.

Les courants de commande sont idéalisés sous forme de signaux rectangulaires.

Calcul des pertes en conduction. Calcul simplifié des pertes en commutation.

Calcul et choix d'un radiateur pour ces composants.

L'empiètement anodique n'est pas abordé.

Présenter ces différentes excitations de la machine à courant continu.

On évoquera les limites d'emploi dues aux problèmes de désaimantation sans approfondir ce phénomène.

PROGRAMME

COMMENTAIRES

- équations électromécaniques dans le but des applications en régime variable;
- fonctionnement à tension d'induit variable;
- variateurs industriels ;
- mesures en fonctionnement moteur:
- caractéristique courant en fonction du couple ;
- caractéristique vitesse en fonction de la tension; caractéristique vitesse en fonction de la charge.

La distribution en triphasé équilibré:

- définition de la tension simple et de la tension composée et du courant de ligne ;
- expression complexe, représentation géométrique vectorielle, puissance, facteur de puissance, déphasage;
- mesure de la puissance.

La machine asynchrone triphasée:

- principe du champ tournant;
- théorèmes de Leblanc et de Ferraris;
- établissement du schéma équivalent d'une phase en négligeant les chutes de tension dues aux fuites de flux au stator ;
- exploitation du schéma monophasé équivalent ramené au stator : bilan des puissances, caractéristiques couple vitesse et intensité vitesse ;
- mesures à vide et à rotor bloqué nécessaires à l'établissement du schéma équivalent;
- connaissance du comportement de la machine associée à un variateur industriel. (de type U / f constante).

Montrer l'intérêt de la production de tensions triphasées pour le transport de l'énergie.

Le moteur monophasé est hors programme  
 Le diagramme du cercle est hors programme.

La commande vectorielle est hors programme.