

S3 - MATHÉMATIQUES :

L'enseignement des mathématiques dans les sections de techniciens supérieurs Électrotechnique se réfère aux dispositions de l'arrêté du 8 juin 2001 fixant les objectifs, les contenus de l'enseignement et le référentiel des capacités du domaine des mathématiques pour les brevets de technicien supérieur.

Les dispositions de cet arrêté sont précisées pour ce BTS de la façon suivante :

1. Lignes directrices :

2.1 Objectifs spécifiques à la section :

L'étude des conversions d'énergie (énergie électrique, énergie mécanique) constitue un des objectifs essentiels de la formation des techniciens supérieurs en électrotechnique, ainsi que l'étude des *signaux*, qui porte à la fois sur des problèmes de description (analyse et synthèse), d'évolution et de commande. Selon que l'on s'intéresse aux aspects continus ou discrets, l'état des systèmes automatisés est décrit mathématiquement par des fonctions ou des suites, qu'il s'agit alors de représenter de façon pertinente à l'aide de codages, de méthodes géométriques, ou de transformations permettant d'étudier la dualité entre les valeurs prises aux différents instants et la répartition du spectre. En outre, certains problèmes doivent être placés dans un contexte aléatoire. Enfin, il est largement fait appel aux ressources de l'informatique.

2.2 Organisation des contenus :

C'est en fonction de ces objectifs que l'enseignement des mathématiques est conçu ; il peut s'organiser autour de *quatre pôles* :

- Une étude des *fonctions*, mettant en valeur l'*interprétation* des opérations en termes de signaux (sommations, produits, dérivation, intégration, translation du temps, changement d'échelle...) et les *relations avec l'étude des suites*. La maîtrise des *fonctions usuelles* s'insère dans ce contexte et on a fait place aussi bien aux fonctions exponentielles réelles ou complexes qu'aux fonctions représentant des signaux moins réguliers : échelon unité, créneaux, dents de scie. De même, il convient de viser une bonne maîtrise des *nombres complexes* et des fonctions à valeurs complexes, notamment par l'emploi de *représentations géométriques* appropriées.
- *L'analyse* et la *synthèse* spectrale des fonctions périodiques (séries de Fourier) ou non périodiques (transformation de Laplace), occupent une place importante : pour des raisons de progression et de niveau, la convolution et le calcul opérationnel n'ont pu être introduits, malgré leur utilité pour la formation considérée. En revanche, on a voulu marquer l'importance des *équations différentielles*, en relation avec les problèmes d'évolution et de commande ;
- Une initiation au *calcul des probabilités*, centrée sur la description des lois fondamentales, permet de saisir l'importance des phénomènes aléatoires dans les sciences et techniques industrielles ;
- Une valorisation des *aspects numériques et graphiques* pour l'ensemble du programme, une initiation à quelques méthodes élémentaires de *l'analyse numérique* et l'utilisation à cet effet des *moyens informatiques* appropriés : calculatrice programmable à écran graphique, ordinateur muni d'un tableur, de logiciels de calcul formel, de géométrie ou d'application (modélisation, simulation,...). On initiera les étudiants à la recherche et à la mise en forme des algorithmes signalés dans le programme mais aucune connaissance théorique sur ces algorithmes n'est exigible.

On notera à ce propos que les notions sur les systèmes de numération, sur les codages et sur les opérations logiques nécessaires à l'enseignement de l'électronique de commande sont intégrées à cet enseignement et ne figurent pas au programme de mathématiques. Les professeurs se concerteront de manière à assurer une bonne progression pour les étudiants dans ces domaines.

2. Programme :

Le programme de mathématiques est constitué des modules suivants :

Nombres complexes 2.

Suites numériques 2.

Fonctions d'une variable réelle.

Calcul différentiel et intégral 3, à l'exception du calcul de volumes dans le TP 9.

Séries numériques et séries de Fourier.

Analyse spectrale : transformation de Laplace (à l'exception du paragraphe b).

Équations différentielles, à l'exception du TP 3 et où, pour les équations linéaires à coefficients constants, du premier ou du second ordre, une solution particulière est exigible sans indication lorsque le second membre est une fonction polynôme.

Fonctions de deux ou trois variables, à l'exception du paragraphe b).

Calcul des probabilités 1.

Calcul vectoriel, à l'exception du produit mixte.

ÉVALUATION DES CAPACITES ET COMPETENCES

La grille d'évaluation des capacités et compétences figurant en annexe II de l'arrêté du 8 juin 2001 est précisée pour le BTS Électrotechnique de la façon suivante :

Grille d'évaluation des mathématiques

B.T.S. Électrotechnique

(à titre indicatif) :

NOM Établissement : 20 - 20	Type d'activité - date <table border="1" style="width: 100%; height: 20px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> </table>							Bilan

Évaluation générale des capacités et compétences

Maîtriser les connaissances figurant au programme de mathématiques						
Employer des sources d'information						
Trouver une stratégie adaptée à un problème						
Mettre en œuvre une stratégie <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 10px;"> { <ul style="list-style-type: none"> Utiliser de façon appropriée des savoir-faire figurant au programme de mathématiques ----- Argumenter ----- Analyser la pertinence d'un résultat </div>						
Communiquer <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 10px;"> { <ul style="list-style-type: none"> par écrit ----- par oral </div>						

Évaluation par module des capacités et compétences

Modules

TP n°

Nombres complexes	1					
	2					
	3					
Suites numériques	1					
	2					
	3					
Calcul différentiel et intégral	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
Séries numériques Séries de Fourier	1					
	2					
	3					
Transformation de Laplace	1					
	2					
	3					
	4					
Calcul des probabilités	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

S5 - SCIENCES APPLIQUÉES :

Savoirs et objectifs de référence

L'enseignement des sciences appliquées, dans la formation du technicien supérieur en électrotechnique, fixe un double objectif :

- donner aux étudiants une culture scientifique, basée sur les lois générales de la physique, leur permettant de comprendre que les systèmes actuels et futurs sont intelligibles ;
- amener les étudiants à la rigueur intellectuelle en s'appuyant sur la démarche expérimentale.

Les moyens mis en œuvre, pour répondre à ce double objectif, sont organisés selon quatre axes :

- le champ d'étude est élargi au-delà des convertisseurs et des machines : l'étude de la chaîne cinématique, des phénomènes énergétiques et thermiques est abordée.
- l'**étude théorique** des machines et des convertisseurs qui leur sont associés est simplifiée :
 - Les convertisseurs sont supposés être réalisés à partir de semi-conducteurs parfaits, leur commande est assimilée à un signal logique. On établit l'évolution de la grandeur de sortie (valeur moyenne, valeur efficace, fréquence) en fonction de la ou des grandeurs d'entrée ;
 - Les machines sont modélisées par un schéma équivalent ne prenant pas en compte la saturation. On en déduit les caractéristiques mécaniques $T(n)$;
- les thèmes du programme devront être illustrés par le biais d'activités expérimentales en travaux pratiques ou en essais de systèmes : c'est par une approche concrète que les concepts pourront être assimilés en évitant toute mathématisation excessive ;
- l'outil informatique permet de faire le lien entre l'étude expérimentale et la théorie simplifiée. La prise en compte, grâce aux modèles numériques, de certains phénomènes négligés lors de l'étude théorique permet de s'approcher des résultats expérimentaux en évitant les développements mathématiques importants.

Des exemples concrets, choisis parmi les plus représentatifs de la technologie actuelle serviront de support d'étude. Une bonne maîtrise des lois fondamentales doit permettre de s'adapter à un autre problème ou à une autre structure. Les étudiants doivent être capables d'expliquer le fonctionnement d'un appareil ou d'un procédé et de préciser les phénomènes physiques mis en jeu.

Lors des séances de travaux pratiques et d'essais de systèmes, on insistera sur l'interprétation des résultats expérimentaux, la compréhension des phénomènes physiques et la cohérence des résultats.

L'utilisation de l'outil informatique sous ses différents aspects doit être aussi fréquente que possible en travaux pratiques et dans les expériences de cours : dispositifs d'acquisition et logiciels de traitement des signaux, logiciels de simulation, tableurs pour les calculs et les modélisations.

Exemples :

- Utilisation d'un logiciel de simulation :
 - étude du fonctionnement d'un convertisseur, d'une machine ou d'une association ;
 - tracé des lignes de champ magnétique ;
 - comparaison avec les résultats expérimentaux.
- Utilisation d'un tableur couplé avec un système d'acquisition de données :
 - présentation des résultats, utilisation d'un solveur ;
 - pilotage de dispositif (mesure, commande).

Le programme n'impose pas un ordre pédagogique. La partie A (sciences appliquées à l'électrotechnique) sera traitée au fur et à mesure des besoins.

Il importe de prendre en compte le fait que le futur technicien supérieur en électrotechnique est un utilisateur et un assembleur.

Remarque : définition des connaissances et des savoirs

- **Connaissances et savoir-faire théoriques**
Ce sont les connaissances que les élèves doivent en principe mémoriser (on y trouve des définitions, des lois, des unités, des modèles, des ordres de grandeur, des exemples d'application) et des savoir-faire concernant l'utilisation raisonnée des lois et formules, des exploitations de courbes, des méthodes de raisonnement; ils sont acquis par apprentissage.
- **Savoir-faire expérimentaux**

Ce sont des savoir-faire qui doivent être acquis par apprentissage durant les séances de travaux pratiques ou d'essais de systèmes, sans oublier que ces séances sont également utiles à illustrer les savoirs et savoir-faire théoriques qui prennent ainsi forme concrète dans l'esprit des étudiants.

A. Sciences appliquées à l'électrotechnique :	Niveau			
	1	2	3	4
A-1. Électricité générale :				
A-1.1. Circuits en régime variable :				
- Dipôles passifs, dipôles actifs, lois générales associées ;				
- Électromagnétisme : induction électromagnétique, loi de Lenz, force électromotrice, inductance, induction mutuelle, auto-induction, tension induite dans un conducteur ;				
- Circuits magnétiques : loi d'Hopkinson, théorème d'Ampère, influence d'un entrefer, aimants permanents.				
A-1.2. Circuits en régime sinusoïdal (permanent, monophasé) :				
- Représentation de Fresnel. Notation complexe ;				
- Dipôles passifs et dipôles actifs ;				
- Loi d'Ohm généralisée et théorème de Thévenin ;				
- Quadripôles adaptateurs : adaptation d'un signal en impédance, en tension, en courant ; impédance caractéristique ;				
- Puissances, facteur de puissance ;				
- Circuits magnétiques (bobine à noyau de fer : modèle équivalent).				
A-1.3. Circuits en régime périodique (permanent) :				
- Valeurs moyenne et efficace, facteur de forme ;				
- Principe de superposition ; théorème de Fourier ;				
- Puissances en régime périodique : application limitée au cas où l'une des deux grandeurs tension, intensité est sinusoïdale et l'autre pas. ;				
- Puissances active, réactive, déformante, apparente, facteur de puissance.				
A-1.4. Système triphasé :				
- Tensions et courants triphasés ;				
- Montage étoile, montage en triangle ;				
- Systèmes équilibrés et déséquilibrés en courant ;				
- Schéma monophasé équivalent ;				
- Champs tournants ;				
- Puissances.				
A-1.5. Ondes :				
- Ondes progressives : quelques exemples d'ondes et leurs caractéristiques ; lois de la réflexion et de la réfraction ;				
- Notions d'optique ondulatoire et géométrique (miroir plan, lentilles minces et fibre optique) ;				
- Description des principes physiques mis en jeu dans quelques sources lumineuses : sources à incandescence et sources à décharge ;				
- Grandeurs photométriques d'émission : flux énergétique, flux lumineux et éclairage ;				
- Perturbations électromagnétiques par conduction par induction, par effet capacitif, par rayonnement : causes, effets, remèdes.				

• **Connaissances (C) :**

- Relation tension - courant ou courant - tension pour les dipôles élémentaires ;
- Diagrammes de Fresnel, différence de phases et déphasage ;
- Impédances complexes ;
- Théorème de Thévenin. Principe de superposition ;
- Théorème de Boucherot ;
- Valeur moyenne. Valeur efficace ;
- Puissances en régime non sinusoïdal ;
- Théorème d'Ampère ;
- Loi d'Hopkinson.

• **Savoir-faire théoriques (T) :**

- Calculer des courants et des puissances en régime sinusoïdal ;
- Construire une représentation vectorielle de tensions et de courants ;
- Calculer des valeurs moyennes et efficaces ;
- Exploiter le développement en série de Fourier ;
- Appliquer le théorème d'Ampère et la loi d'Hopkinson dans le cas d'un schéma magnétique équivalent donné ;
- Donner la signification physique des éléments du schéma équivalent de la bobine à noyau de fer.

• **Savoir-faire expérimentaux (E) :**

- Choisir et mettre en œuvre des appareils de mesure pour mesurer des valeurs moyennes, des valeurs efficaces, des puissances, des déphasages ;
- Identifier le rang et mesurer la valeur efficace d'un harmonique ;
- Mettre en évidence les perturbations électromagnétiques BF et HF.

A-2. Énergie (À associer au thème électrotechnique : la distribution)	Niveau			
	1	2	3	4
A-2.1. Les différentes formes d'énergie :				
Quelques exemples :				
- Transformation et conservation de l'énergie ;				
- Pertes et rendement.				
A-2.2. Production d'énergie électrique :				
- Identification des sources d'énergies fossiles et des sources d'énergies renouvelables				
- Centrales thermique, hydraulique et nucléaire ;				
- Énergie éolienne ;				
- Énergie photovoltaïque ;				
- Cogénération ;				
- Sources d'énergie autonomes : piles, accumulateurs, piles à combustible.				
A-3. Solide et fluide en mouvement : (À associer au thème électrotechnique : l'entraînement électrique)				
A-3.1. Principe fondamental de la dynamique appliqué au solide :				
- En mouvement de translation ;				
- En mouvement de rotation autour d'un axe fixe.				
A-3.2. Aspect énergétique				
- Travail, puissance, rendement ;				
- Énergie cinétique, énergie potentielle, énergie mécanique ;				
- Frottements.				
A-3.3. Moteurs électriques et charges mécaniques				
- Caractéristiques couple vitesse de quelques moteurs électriques ;				
- Caractéristiques couple vitesse de diverses charges mécaniques : charges à couple constant, parabolique ou hyperbolique ;				
- Point de fonctionnement ;				
- Critères de stabilité ;				
- Adaptation vitesse moment d'inertie ;				
- Études de cas usuels portant sur des ensembles comprenant moteurs et masses à mettre en mouvement ;				
A-3.4. Dynamique des fluides				
- Débit ;				
- Viscosité ;				
- Théorème de Bernoulli ;				
- Pertes de charge.				

- **Connaissances (C) :**
 - Vitesse et accélération ;
 - Principe fondamental de la dynamique.
- **Savoir-faire théoriques (T) :**
 - Déterminer des caractéristiques (couples, vitesse) d'une machine permettant d'entraîner une charge donnée ;
 - Déterminer le point de fonctionnement d'un ensemble moteur pompe.
- **Savoir-faire expérimentaux (E) :**
 - Mesurer le moment d'inertie d'une charge mécanique entraînée par un moteur électrique ;
 - Tracer l'évolution d'un couple résistant d'une charge en fonction de la vitesse.

A-4. Électrothermie : (À associer au thème électrotechnique : l'électrothermie)	Niveau			
	1	2	3	4
A-4.1. Les différents modes de transmissions de la chaleur : convection, conduction, rayonnement				
A-4.2. Résistance et capacité thermiques : modélisation.				
A-4.3. Différents procédés de production de la chaleur (résistance, induction, micro-ondes, infrarouge) : principe, caractéristiques principales, réglages.				

- **Savoir-faire théoriques (T) :**
 - Étudier l'échauffement d'un câble ;
 - Étudier l'échauffement d'une machine en service continu ou intermittent.
- **Savoir-faire expérimentaux (E) :**

- *Déterminer la constante de temps thermique d'un processus.*

A-5. Régimes transitoires dans les systèmes physiques :	Niveau			
	1	2	3	4
A-5.1. Régime permanent et régime transitoire :				
- Définitions ;			■	
- Système linéaire du premier ordre, système linéaire du second ordre et équations différentielles associées (écriture normalisée) ;				■
- Réponse à un échelon.			■	
A-5.2. Applications à quelques exemples :				
- en électricité ;			■	
- en mécanique ;				
- en électrothermie.				

- **Savoir-faire théoriques (T) :**
 - Écrire l'équation différentielle associée à un système physique ;
 - Faire apparaître la constante de temps ;
 - Tracer et exploiter la réponse d'un système du 1^{er} ordre ;
 - Faire apparaître le coefficient d'amortissement m et la pulsation propre ω_0 ;
 - Pour un système du 2nd ordre : savoir trouver la solution, par le calcul, lorsque $m = 0$; savoir trouver la solution, par un travail sur abaque, lorsque $m \neq 0$.
- **Savoir-faire expérimentaux (E) :**
 - Mesurer une constante de temps ;
 - Mesurer une période d'oscillations et un coefficient d'amortissement.

B- Machine à courant continu et hacheur	Niveau			
	1	2	3	4
B-1. Machines à courant continu : (À associer au thème électrotechnique : les différents types d'actionneurs électriques)				
B-1.1. Principe de fonctionnement, constitution, excitations indépendante et série.			■	
B-1.2. Schéma équivalent, réversibilité, bilan de puissances.				■
B-1.3. Caractéristique mécanique $T(n)$.			■	
B-1.4. Procédés de variation de vitesse.				
B-1.5. Principe du moteur universel.		■		
B-2. Conversion continu continu : hacheurs en conduction continue				
B-2.1. Structures des hacheurs :				
- Cellules de commutation ;			■	
- Hacheurs série, parallèle réversibles deux et quatre quadrants.				
B-2.2. Utilisation des hacheurs : (À associer au thème électrotechnique : la chaîne de commande des machines)				
- Application à la motorisation électrique : variation de vitesse, contrôle de couple et/ou de vitesse, de tension et/ou de courant.			■	

- **Connaissances (C) :**
 - **Machine à courant continu :**
 - Modèles de la machine à courant continu en régime permanent et en régime transitoire ;
 - Réseau de caractéristiques électromécaniques $T(n)$;
 - Bilan de puissance.
 - **Hacheur :**
 - Sources de tension, sources de courant : association, réversibilité ;
 - Structure des montages classiques : hacheur série, parallèle, réversible en courant, réversible en tension, 4 quadrants ;
 - Influence du rapport cyclique sur la valeur moyenne de la tension de sortie ;
 - Réversibilité et types de réversibilité.
- **Savoir-faire théoriques (T) :**
 - **Machine à courant continu :**
 - Déterminer les éléments des modèles équivalents ;
 - Déterminer le rendement d'une machine à courant continu ;
 - Déterminer le cycle de fonctionnement $T(n)$ d'un groupe moteur charge.
 - **Hacheur :**
 - Déterminer les intervalles de conduction pour en déduire les formes d'ondes des tensions et des courants ;

Brevet de technicien supérieur Électrotechnique

- *Calculer les valeurs moyennes de la tension de sortie et du courant fourni par la source ;*
- *Écrire et résoudre l'équation différentielle régissant le courant dans la charge pour en déduire son ondulation ;*
- *Calculer les puissances en sortie et à l'entrée du hacheur.*

• **Savoir-faire expérimentaux (E) :**

- **Machine à courant continu :**
 - Établir un bilan de puissances de la MCC : méthodes directes et indirectes de mesurage ;
 - Régler un point de fonctionnement.
- **Hacheur :**
 - Relever les formes d'ondes pour en déduire les intervalles de conduction ;
 - Régler et mesurer un rapport cyclique ;
 - Mesurer les valeurs moyennes, l'ondulation du courant, et les puissances.
- **Association :**
 - Mettre en œuvre une association hacheur machine à courant continu. (procédure de démarrage et réglage d'un point de fonctionnement) ;
 - Identifier la nature du fonctionnement : réversibilité, sens du transfert de puissance.

C- Transformateurs et redresseurs :	Niveau			
	1	2	3	4
C-1. Transformateurs : (À associer au thème électrotechnique : le transport de l'énergie électrique)				
C-1.1. Transformateur monophasé.				
- Constitution. Principe.				
- Schéma équivalent. Caractéristique externe. Rendement.				
C-1.2. Transformateur triphasé :				
- Constitution et couplages, indice horaire ;				
- Schéma équivalent. Caractéristiques. Rendement				
C-2. Conversion alternatif continu : redresseurs				
C-2.1. Cellules de commutation à cathodes communes et à anodes communes				
C-2.2. Redresseurs non commandés : (À associer au thème électrotechnique : la distribution)				
- Montages monophasés et triphasés à commutation double en conduction continue.				
- Filtrage par condensateur, étude qualitative des courants et tensions.				
C-2.3. Redresseurs commandés en conduction continue				
- Réversibilité du montage, conditions nécessaires à ce type de fonctionnement.				
C-3. Associations transformateur redresseur : (À associer au thème électrotechnique : la distribution)				
- Forme des courants au primaire du transformateur.				
C-4. Associations redresseur machine à courant continu : (À associer au thème électrotechnique : la chaîne de commande des machines)				
- Fonctionnement dans (un, deux) quatre quadrants.				

• **Connaissances (C) :**

- **Transformateurs :**
 - Formule de Boucherot ;
 - Expression de la puissance apparente nominale ;
 - Bilan de puissances.
- **Redresseurs :**
 - Structure des montages classiques : PD2, PD3 ;
 - Influence du retard à l'amorçage sur la valeur moyenne de la tension de sortie ;
 - Réversibilité.

• **Savoir-faire théoriques (T) :**

- **Transformateurs en régime sinusoïdal de tension :**
 - Déterminer les éléments du modèle équivalent ramenés au secondaire dans l'hypothèse du flux maximum constant ;
 - Déterminer le rendement d'un transformateur ;
 - Déterminer le rapport de transformation et l'indice horaire.
- **Redresseurs :**
 - Déterminer les intervalles de conduction pour en déduire les formes d'ondes des tensions et des courants ;
 - Calculer la valeur moyenne de la tension de sortie ;
 - Calculer les puissances et le facteur de puissance à l'entrée du montage dans l'hypothèse du courant de charge constant.

• **Savoir-faire expérimentaux (E) :**

- **Transformateurs :**
 - Déterminer le rendement d'un transformateur ;
 - Déterminer les bornes homologues. Mesurer l'indice horaire.
- **Redresseurs :**
 - Relever les formes d'ondes pour en déduire les intervalles de conduction ;
 - Mesurer la valeur moyenne de la tension redressée, les puissances, le facteur de puissance, les harmoniques et le TDH.
- **Associations :**
 - Mettre en œuvre une association redresseur machine à courant continu (Procédure de démarrage et réglage d'un point de fonctionnement) ;
 - Réversibilité : identifier la nature du fonctionnement (sens du transfert de puissance).

D- Machine asynchrone et convertisseur de fréquence :	Niveau			
	1	2	3	4
D-1. Machines asynchrones : (À associer au thème électrotechnique : les différents types d'actionneurs électriques)				
D-1.1. Constitution, principe de fonctionnement				
D-1.2. Schémas équivalents, réversibilité, bilan de puissance.				
D-1.3. Caractéristique mécanique T(n) à fréquence constante.				
D-1.4. Procédés de variation de vitesse.				
D-2. Conversion continu alternatif : Onduleurs				
D-2.1. Structure des onduleurs				
- Onduleurs en pont et triphasés ;				
- Différentes commandes : symétrique, à modulation de largeur d'impulsions.				
D-2.2. Applications des variateurs de fréquence : (À associer au thème électrotechnique : chaîne de commande des machines)				
- Variateurs de vitesse pour moteur asynchrone : structure des variateurs, fonctionnement à U/f = constant, réversibilité de l'ensemble, harmoniques de tension, de courant et de couple.				
- Machine asynchrone autopilotée. Introduction à la commande vectorielle.				
D-2.3. Autres applications des onduleurs :				
- Onduleurs de secours ; (À associer au thème électrotechnique : la distribution)				
- Onduleur à résonance : chauffage à induction. (À associer au thème électrotechnique : l'électrothermie)				

• **Connaissances (C) :**

- **Machine asynchrone :**
 - Expression des pertes rotoriques par effet Joule ;
 - Bilan de puissances ;
 - Réseau de caractéristiques électromécaniques T(n).
- **Onduleur :**
 - Structure des onduleurs en pont monophasé et triphasé ;
 - Influence du taux de modulation sur la valeur efficace du fondamental de la tension de sortie ;
 - Intérêt de la commande MLI.

• **Savoir-faire théoriques (T) :**

- **Machine asynchrone :**
 - Déterminer le rendement d'une machine asynchrone ;
 - Déterminer les éléments d'un modèle équivalent ;
 - Exploiter le modèle équivalent pour en étudier une grandeur électrique ;
 - Établir l'expression du couple électromagnétique.
- **Onduleur :**
 - Déterminer les intervalles de conduction pour en déduire les formes d'ondes des tensions et des courants ;
 - Calculer les puissances en sortie et à l'entrée de l'onduleur.

• **Savoir-faire expérimentaux (E) :**

- **Machine asynchrone :**
 - Déterminer le rendement de la machine asynchrone : méthodes directe et indirecte de mesure ;
 - Déterminer les rendements d'un modèle équivalent ;
 - Mettre en évidence la réversibilité de la machine.
- **Convertisseur de fréquence :**
 - Relever les formes d'ondes et en déduire les intervalles de conduction ;
 - Mesurer la valeur efficace du fondamental de la tension et du courant, le TDH et les puissances.
- **Association :**
 - Mettre en œuvre une association convertisseur de fréquence machine asynchrone. (procédure de démarrage et réglage d'un point de fonctionnement) ;

- *Mettre en évidence l'intérêt de la commande vectorielle ;*
- *Comparer les performances selon la commande du convertisseur utilisé.*

E- Machine synchrone et convertisseur de fréquence :	Niveau			
	1	2	3	4
E-1. Machine synchrone :				
E-1.1. Constitution :				
- Principe de fonctionnement ;				
- Réversibilité ;				
- Schéma équivalent de la machine synchrone à pôles lisses non saturée (diagramme à réactance synchrone) ;				
- Bilan de puissances.				
E-1.2. Alternateur : (À associer au thème électrotechnique : la distribution)				
- Alternateur autonome : caractéristiques électriques, détermination par méthodes directes et indirectes ;				
- Alternateur couplé sur un réseau : transfert des puissances active et réactive.				
E-1.3. Machine synchrone autopilotée : (À associer au thème électrotechnique : les différents types d'actionneurs électriques)				
- Structure du dispositif. Fonctionnement. Réversibilité. Caractéristiques mécaniques T (n).				

- **Connaissances (C) :**
 - **Machine synchrone :**
 - Schéma et diagramme à réactance synchrone ;
 - Bilan de puissance.
- **Savoir-faire théoriques (T) :**
 - **Machine synchrone :**
 - Déterminer les éléments du schéma équivalent à réactance synchrone ;
 - Déterminer le rendement d'une machine synchrone ;
 - Exploiter le schéma équivalent : puissances, couple.
- **Savoir-faire expérimentaux (E) :**
 - **Machine synchrone :**
 - Coupler une machine synchrone sur le réseau ;
 - Déterminer le rendement de la machine synchrone ;
 - Déterminer les éléments du modèle équivalent ;
 - Mettre en évidence la réversibilité de la machine.
 - **Association :**
 - Mettre en oeuvre une association convertisseur de fréquence machine synchrone : réglage d'un point de fonctionnement, performances.

F- Régulation et asservissement industriels :	Niveau			
	1	2	3	4
F-1. Conversion d'une grandeur physique en un signal électrique :				
F-1.1. Principes physiques des capteurs les plus utilisés, fidélité, justesse et précision. (À associer au thème électrotechnique : l'acquisition de l'information)				
F-1.2. Principaux types de capteurs, exemples caractéristiques dans les domaines analogique et numérique : capteurs de courant, de tension, de déplacement, de vitesse, de position et de température. (À associer au thème électrotechnique : l'acquisition de l'information)				
F-1.3. Échantillonnage et numérisation d'un signal.				
F-2 Régulation et asservissement : (À associer au thème électrotechnique : chaîne de commande des machines)				
F-2.1. Principes : chaîne d'action, de réaction, propriétés en boucle fermée, précision, exemples dans le domaine analogique. Formalisme de Laplace.				
F-2.2. Réponse indicielle, réponse harmonique, diagramme de Bode.				
F-2.3. Stabilité, dilemme stabilité précision, correction proportionnelle, intégrale et dérivée.				
F-2.4. Critères de réglage :				
- Marge de phase, marge de gain ;				
- Méthode de Broïda.				
F-2.5. Applications :				
- Régulation de tension, de courant ou de couple ;				
- Asservissement de vitesse et de position ;				

Brevet de technicien supérieur Électrotechnique

- Variateur de vitesse réversible avec boucles de courant et de vitesse imbriquées : étude d'un cycle : démarrage, freinage et inversion du sens de marche ;			
- Régulation de température.			

- **Connaissances (C) :**
 - Principes physiques des principaux types de capteurs ;
 - Fonctions de transfert ;
 - Schéma fonctionnel d'une boucle de régulation ;
 - Propriétés en boucle fermée.
- **Savoir-faire théoriques (T) :**
 - Établir l'expression de la fonction de transfert d'une chaîne de commande ;
 - Savoir déterminer la précision d'un processus ;
 - Vérifier les performances du système avec son correcteur ;
 - Déterminer la marge de phase pour en déduire la correction proportionnelle nécessaire ;
 - Appliquer la méthode de Broïda
- **Savoir-faire expérimentaux (E) :**
 - Mettre en œuvre un variateur de vitesse réversible avec boucles de courant et de vitesse imbriquées, étude d'un cycle démarrage, freinage et inversion du sens de marche.

G- Convertisseur alternatif / alternatif : gradateurs	Niveau			
	1	2	3	4
G-1. Structure des gradateurs monophasé et triphasé				
G-1.1. Utilisation sur charge résistive : (À associer au thème électrotechnique : l'électrothermie)				
G-1.2. Utilisation sur charge inductive (À associer au thème électrotechnique : la qualité de l'énergie en environnement perturbé)				
G-1.3. Diverses commandes : retard de phase et train d'ondes. (À associer au thème électrotechnique : l'électrothermie)				
G-2. Utilisation des gradateurs :				
G-2.1. Contacteur statique (À associer au thème électrotechnique : la chaîne de commande des machines)				
G-2.2. Démarrage et modification de vitesse des moteurs asynchrones (À associer au thème électrotechnique : la chaîne de commande des machines)				
G-2.3. Compensateur de puissance réactive (À associer au thème électrotechnique : la qualité de l'énergie en environnement perturbé)				

- **Connaissances (C) :**
 - Structure des gradateurs monophasé et triphasé ;
 - Modes de réglage de la valeur efficace.
- **Savoir-faire théoriques (T) :**
 - Déterminer les intervalles de conduction sur charge purement résistive et purement inductive pour en déduire les formes d'ondes ;
 - Calculer la valeur efficace de la tension ;
 - Calculer les puissances à partir de l'expression du fondamental du courant.
- **Savoir-faire expérimentaux (E) :**
 - Régler un retard à l'amorçage ;
 - Mesurer des valeurs efficaces et des puissances.

H- Qualité de l'énergie électrique : (À associer au thème électrotechnique : la qualité de l'énergie en environnement perturbé)	Niveau			
	1	2	3	4
H-1. Notions d'ondes et de rayonnement.				
H-2. Pollution harmonique, norme CEM.				
H-3. Compensation de l'énergie réactive :				
- Amélioration du facteur de puissance : filtrage passif et filtrage actif.				
H-4. Absorption sinusoïdale				

- **Savoir-faire théoriques (T) :**
 - Calculer un facteur de puissance avec filtre passif.
- **Savoir-faire expérimentaux (E) :**
 - Observer par des manipulations les perturbations dues aux harmoniques et leurs effets sur les équipements ;
 - Analyser les relevés de mesure ;
 - Mesurer le facteur de puissance et le TDH avant et après mise en place d'un filtre ;
 - Mesurer un spectre rayonné en BF ou HF.