



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Sciences et technologie industrielles

Spécialité : Génie Electrotechnique

Classe de terminale

Programme d'enseignement des matières spécifiques

Sciences physiques et physique appliquée

CE TEXTE REPREND LE PROGRAMME PUBLIE EN ANNEXE DE
L'ARRETE DU 10 JUILLET 1992 ET Y INTEGRE LES
MODIFICATIONS PUBLIEES DANS UN PROCHAIN B.O.

IV. CLASSE TERMINALE

A. Energétique

PROGRAMME

Travail et puissance mécaniques ; rendement de convertisseurs électriques et électromécaniques.

Connaissances scientifiques

- Travail d'une force d'intensité constante dont le point d'application se déplace dans sa direction.
- Travail d'un couple de forces de moment constant tournant autour d'un axe fixe.
- Puissance d'une force ou d'un couple.

Savoir-faire expérimentaux

- Mesurer la puissance mécanique mise en jeu dans une machine tournante, le montage étant proposé.

Savoir-faire théoriques

- Utiliser les formules donnant le travail et la puissance d'une force ou d'un couple.
- Faire le bilan énergétique des différents convertisseurs de la partie B2 et B3.

B. Electricité - Electrotechnique

B.1. Electricité générale ; circuits électriques, électroniques et magnétiques

PROGRAMME

B.1.1. Systèmes triphasés équilibrés.

Montage en étoile et montage en triangle ; puissances ; mesures de puissances.

Connaissances antérieures utiles

- Régimes périodiques (première génie électrotechnique).

Connaissances scientifiques

- Définition d'un système équilibré de tensions, de courants.
- Représentation par un schéma d'un montage étoile, d'un montage triangle.

- Identification sur un schéma des grandeurs simples et des grandeurs composées (tensions et courants).
- Modes de couplage possibles de récepteurs en triphasé.
- Relation entre U (tension composée) et V (tension simple).
- Relation entre I (intensité en ligne) et J (intensité dans une branche du triangle).
- Relations donnant les puissances active, réactive et apparente.
- Méthodes de mesure de la puissance active (avec un wattmètre, une pince wattmétrique et par la méthode des deux wattmètres).

Savoir-faire expérimentaux

- Repérer les bornes des phases et du neutre d'une distribution triphasée.
- Réaliser un montage étoile ou triangle de trois récepteurs identiques.
- Réaliser le couplage d'un moteur dont les enroulements sont accessibles.
- Mesurer la puissance consommée par un montage triphasé équilibré (avec un wattmètre, une pince wattmétrique et par la méthode des deux wattmètres).

Savoir-faire théoriques

- Connaissant les caractéristiques d'un réseau et d'un récepteur triphasés, choisir le montage qui convient (étoile ou triangle).
- Représenter par un diagramme vectoriel les tensions simples et composées, les courants en ligne dans un récepteur équilibré couplé en étoile.
- Déterminer les intensités dans un montage équilibré alimenté en triphasé, par la méthode vectorielle (Fresnel).
- Montrer l'intérêt du triphasé pour le transport et la distribution.

PROGRAMME

B.1.2. Etude de circuits linéaires simples en régime sinusoïdal à l'aide des nombres complexes.

Connaissances antérieures utiles

- Régimes sinusoïdaux (première).
- Utilisation des nombres complexes en électricité.
- Modèles de Thévenin et de Norton en continu.

Connaissances scientifiques

- Loi d'Ohm en alternatif.
- Modèle de Thévenin d'un dipôle linéaire en courant alternatif.

Savoir-faire expérimentaux

- Mesures sur des circuits simples en alternatif.
- Visualisation des différentes grandeurs électriques utiles en ce domaine
- Mesure de la puissance

Savoir-faire théoriques

- Utiliser la loi d'Ohm en alternatif.
- Calculer la valeur complexe de l'impédance d'un circuit.

PROGRAMME

B.1.3. Etude de quelques fonctions de l'électronique : amplification, amplification de différence ; comparaison

Connaissances antérieures utiles

- Amplificateur opérationnel (première).

Connaissances scientifiques

- Fonctionnements linéaire et non linéaire d'un montage à amplificateur opérationnel.
- Savoir définir la fonction d'un montage amplificateur.

Savoir-faire expérimentaux

- Réaliser le montage correspondant à une fonction, les schémas et les valeurs des éléments étant fournis.

- Visualiser à l'oscilloscope les grandeurs électriques utiles.

Savoir-faire théoriques

- Appliquer les lois de l'électricité pour déterminer une relation entre grandeur d'entrée et grandeur de sortie dans des montages simples

PROGRAMME

B.1.5. Notion de système commandé en chaîne fermée : application à la régulation de la vitesse d'une machine à courant continu. Schéma fonctionnel d'un tel système. Notion de rétroaction et de stabilité.

Connaissances scientifiques

- Principe d'un système bouclé. Modèle : représentation par un schéma fonctionnel unifilaire.
- Fonctions de transfert de la chaîne directe, de la chaîne de retour, du système bouclé.
- Intérêt d'une rétroaction.

Savoir-faire théoriques

- Identifier les éléments d'un système bouclé (chaîne directe, chaîne de retour, opérateur de différence).

B.2. Machines électriques

PROGRAMME

B.2.0. Flux magnétique à travers une surface. Conservation du flux.

F.é.m. d'induction : différents modes de création, expression de la f.é.m induite (loi de Faraday).

Connaissances antérieures utiles

- Connaissance de deux causes d'existence d'une f.é.m. induite (première) :
 - variation du champ magnétique en fonction du temps,
 - déformation ou déplacement du circuit dans un champ magnétique constant.
- Loi de Lenz (première).

Connaissances scientifiques

- Expression du flux φ d'un champ magnétique \vec{B} uniforme à travers une surface S plane limitée par un contour : $\varphi = BS \cos\theta$
- Unité de flux magnétique.
- Propriété de conservation du flux.
- Expression de la loi de Faraday ($E_{\text{moy}} = - (\Delta\varphi / \Delta t)$ et $e = - (d\varphi / dt)$).

Savoir-faire théoriques

- Calculer le flux à travers une spire plane.
- Calculer la f.é.m. induite :
 - dans une spire fixe placée dans un champ variable,
 - dans un circuit dont une partie rectiligne se déplace dans un champ fixe.

PROGRAMME

B.2.1. Transformateurs

B.2.1.1. Transformateur monophasé utilisé en régime sinusoïdal à fréquence constante.

- Modèle du transformateur parfait : impédance ramenée ; générateur équivalent au secondaire. Bornes homologues.
- Transformateur réel : pertes ; non linéarité ; rendement.
- Linéarisation du transformateur réel : modèle de Thévenin ramené au secondaire.
- Prédétermination de la tension secondaire grâce à partir des essais à vide et en court-circuit.

B.2.1.2. Rôle des transformateurs dans le transport et la distribution de l'énergie électrique.

Connaissances antérieures utiles

- Circuit magnétique (première).

Connaissances scientifiques

- Modèle de Thévenin du transformateur vu du secondaire : (E_s , R_s et X_s).
- Pertes par courants de Foucault et par hystérésis.
- Relations entre grandeurs primaires et grandeurs secondaires homologues.
- Relation de Boucherot : $U_1 = N_1 \omega \Phi = 4,44 f N_1 S B_{\max}$.
- Rendement d'un transformateur.

Savoir-faire expérimentaux

- Réaliser un essai à vide et un essai en court-circuit d'un transformateur.
- Réaliser un essai en charge (pour vérifier la validité du modèle qui sera fourni et tracer une caractéristique en charge).
- Déterminer le rendement par une méthode indirecte.
- Utiliser un transformateur de mesure (transformateur d'intensité par exemple).

Savoir-faire théoriques

- Calculer le rendement d'un transformateur.
- Déterminer les éléments du modèle qui sera précisé
- Déterminer, grâce à ce modèle, la chute de tension prévisible.

PROGRAMME

B.2.2. Machines à courant continu.

B.2.2.1. Organisation : force électromotrice à vide et en charge ; réversibilité.

B.2.2.2. Fonctionnement en moteur : moteur à excitation indépendante, moteur série

B.2.2.3. Rendements des moteurs à courant continu.

Connaissances antérieures utiles

- Induction électromagnétique (première).
- Loi de Laplace (première).
- Circuits magnétiques (première)
- Force, moment d'une force, couple de forces, moment d'un couple.
- Vitesse angulaire, fréquence de rotation.

Connaissances scientifiques

- Constitution sommaire d'une machine à courant continu (inducteur, induit, collecteur).
- Force électromotrice d'une machine à courant continu : $E = K \Phi \Omega$.
- Fonctionnement en moteur : réversibilité.
- Modèle d'une machine à courant continu.
- Moment du couple moteur ($T = K \Phi I$).
- Différents modes d'excitation.
- Bilan des puissances.
- Régime nominal.
- Réglage de la vitesse : risque d'emballement.

Savoir-faire expérimentaux

- Réaliser le montage permettant l'utilisation d'un moteur compte tenu de son mode d'excitation.
- Relever une caractéristique électrique ou électromécanique.
- Faire fonctionner un moteur sous tension constante et sous tension variable.
- Effectuer les essais permettant la détermination du rendement d'un moteur.
- Mesurer les résistances de l'inducteur et de l'induit.

Savoir-faire théoriques

- Déterminer les éléments du modèle lorsque les conditions de fonctionnement le permettent.

- Déterminer le point de fonctionnement d'un groupe moteur-charge.
- Calculer la force électromotrice et le moment du couple d'un moteur.
- Déterminer le rendement d'un moteur.

PROGRAMME

B.2.3. Champs tournants :

- Production dans l'entrefer d'une machine tournante par un système triphasé de courants circulant dans des enroulements triphasés.

Connaissances antérieures utiles

- Système triphasé de courants et de tensions.

Connaissances scientifiques

- Champ tournant dans l'air produit au moyen d'un système de trois bobines.
- Champ tournant dans l'entrefer d'une machine triphasée.
- Relation $f = p n$.

PROGRAMME

B.2.4. Machine synchrone.

B.2.4.1. Organisation : force électromotrice ; réversibilité.

B.2.4.2. Fonctionnement en alternateur triphasé.

B.2.4.3. Principe du fonctionnement en moteur synchrone triphasé.

Connaissances antérieures utiles

- Induction électromagnétique (première).
- Champs tournants.

Connaissances scientifiques

- Constitution d'une machine synchrone.
- Modes d'excitation.
- Force électromotrice : $E = KNpn\Phi$. Cas d'une machine triphasée.
- Utilisation d'un modèle simple, qui sera fourni, pour une phase d'une machine synchrone.
- Caractéristique à vide et caractéristique en charge d'un alternateur.
- Bilan des puissances.
- Rendement.
- Réversibilité de la machine synchrone.
- Moment du couple électromagnétique : $T_{em} = (3V J \cos \varphi) / \Omega$.

Savoir-faire expérimentaux

- Réaliser le montage pour utiliser une machine synchrone en alternateur débitant sur une charge (autre que le réseau).
- Obtenir un point de fonctionnement déterminé pour un alternateur.
- Relever les caractéristiques d'un alternateur : $E(n)$ à vide et $U(I)$ pour un facteur de puissance donné.
- Effectuer les essais permettant la détermination du rendement.

Savoir-faire théoriques

- Construire le diagramme de Fresnel à partir des éléments du modèle.
- Exploiter ce diagramme en vue de la détermination de tel ou tel élément du modèle.
- Déterminer le rendement d'une machine synchrone.

PROGRAMME

B.2.5. Moteur asynchrone.

Moteur asynchrone triphasé. Organisation, vitesse de synchronisme, glissement, rendement.

Etude simplifiée du fonctionnement d'un moteur asynchrone triphasé lorsque la fréquence de sa tension d'alimentation est constante : caractéristiques, démarrage.

Connaissances antérieures utiles

- Champs tournants.

Connaissances scientifiques

- Constitution d'une machine asynchrone. Différentes sortes de rotors.
- Principe du fonctionnement. Glissement.
- Bilan des puissances.
- Rendement.
- Caractéristiques $I(n)$ et $T(n)$ dans la partie utile.
- Moment du couple électromagnétique dans la partie utile (proportionnalité à g et V^2 ; $P_{tr} = T_{em} \Omega_s$).

Savoir-faire expérimentaux

- Utiliser un moteur asynchrone pour obtenir un point de fonctionnement donné.
- Réaliser les mesures pour déterminer le rendement d'un moteur asynchrone.
- Mesurer le glissement.

Savoir-faire théoriques

- Déterminer le point de fonctionnement d'un groupe entraîné par un moteur asynchrone
- Déterminer le rendement d'un moteur asynchrone

B.3. Electronique de puissance

PROGRAMME

B.3.1. Conversion alternatif-continu.

B.3.1.1. Redressement non commandé : pont monophasé à quatre diodes, intérêt du lissage inductif en électrotechnique.

Connaissances antérieures utiles

- Redressement et filtrage (première).
- Energie stockée par un condensateur et une bobine (première).
- Valeur moyenne et valeur efficace (première).

Connaissances scientifiques

- Schéma du montage en pont monophasé.
- Nature des composants permettant de filtrer une tension ou lisser un courant.
- Formule donnant la valeur moyenne de la tension redressée par un pont monophasé en conduction ininterrompue : $V_{co} = 2 V_{max} / \pi$.

Savoir-faire expérimentaux

- Réaliser le montage en pont monophasé.
- Relever les oscillogrammes des différents courants et tensions du montage en précisant les grandeurs représentées, les échelles et les coordonnées des points remarquables.
- Réaliser les branchements permettant d'observer simultanément deux de ces grandeurs.
- Mesurer les valeurs moyennes et les valeurs efficaces des courants et tensions redressées.

Savoir-faire théoriques

- Représenter graphiquement les tensions redressées par le montage en pont monophasé.
- Calculer la valeur moyenne de la tension redressée par un pont monophasé en conduction ininterrompue
- Connaître les opérations mathématiques permettant de calculer la valeur efficace d'une grandeur périodique.

PROGRAMME

B.3.1.2. Redressement commandé : pont monophasé à quatre thyristors. Pont monophasé mixte à deux thyristors ayant une cathode commune et deux diodes.

Connaissances scientifiques

- Conditions d'amorçage et de blocage d'un thyristor.
- Schémas des montages du programme.
- Conditions de fonctionnement d'un pont à quatre thyristors en onduleur assisté.
- Formules donnant les valeurs moyennes des tensions redressées par les ponts du programme dans le cas de la conduction ininterrompue.

Savoir-faire expérimentaux

- Réaliser le montage de l'un des ponts du programme, le générateur d'impulsions étant fourni.
- Relever les oscillogrammes en y faisant figurer les grandeurs représentées, les échelles et les coordonnées des points remarquables.
- Mesurer des grandeurs moyennes et des grandeurs efficaces.
- Mesurer la puissance moyenne fournie ou reçue par le réseau (dans le cas d'un onduleur à quatre thyristors).

Savoir-faire théoriques

- Représenter graphiquement les tensions redressées fournies par les ponts du programme.
- Déterminer les éléments conducteurs d'un pont et représenter leur état sur un diagramme.

PROGRAMME

B.3.2. Conversion continu-continu.

B.3.2.1. Conversion de tension continue en courant continu : fonctionnement simplifié du hacheur série en conduction ininterrompue.

Connaissances antérieures utiles

- Le transistor en tout ou rien (première).
- Bobine (première).
- Circuit magnétique

Connaissances scientifiques

- Rapport cyclique de la tension fournie par un hacheur.
- Principe de fonctionnement du hacheur série à transistor.
- Exemple d'utilisation.
- Facteurs dont dépend l'ondulation du courant.

Savoir-faire expérimentaux

- Réaliser un hacheur série à transistor, le dispositif de commande étant fourni.
- Relever les oscillogrammes des courants et des tensions en conduction continue et discontinue.
- Mesurer les valeurs moyennes et les valeurs efficaces des courants et tensions.

Savoir-faire théoriques

- Etablir les équations régissant le fonctionnement d'un hacheur série lorsque la charge est modélisée par une force électromotrice et une inductance pure.
- Calculer la valeur moyenne et la valeur efficace de la tension fournie par un hacheur dans le cas de la conduction ininterrompue.
- Représenter graphiquement les courants et les tensions pour les différents éléments du circuit.

PROGRAMME

B.3.3. Conversion continu-alternatif.

Principe des onduleurs autonomes et assistés.

Connaissances scientifiques

- Existence et intérêt de l'onduleur monophasé.
- Schéma de principe d'un onduleur autonome monophasé à deux transistors.
- Existence et intérêt de l'onduleur assisté.

Savoir-faire expérimentaux

- Réaliser un onduleur autonome à deux transistors, le dispositif de commande étant fourni.
- Relever les oscillogrammes du courant et de la tension pour la charge.
- En déduire la fréquence de fonctionnement de l'onduleur.

Savoir-faire théoriques

- Déterminer les éléments conducteurs d'un onduleur autonome à deux transistors et d'un onduleur autonome à quatre transistors, connaissant la tension aux bornes de la charge et le courant qui la traverse.
- Représenter graphiquement la tension théorique fournie par un onduleur autonome à deux ou à quatre transistors aux bornes d'une charge connue (résistance, circuit inductif ou charge dont le comportement est précisé), la commande étant donnée.

B.4. Variation de la vitesse des moteurs

PROGRAMME

Principales caractéristiques mécaniques des charges entraînées.

Variation de la vitesse :

- d'un moteur à courant continu,
- d'un moteur à courant alternatif.

Connaissances scientifiques

- Allures des principales caractéristiques des charges entraînées.
- Les principales sources.
- Réglage de la vitesse d'un moteur à courant continu par variation de la tension d'alimentation.
- Alimentation d'un moteur asynchrone par un onduleur réalisant la condition $U/f = \text{cte}$.

Savoir-faire expérimentaux

- Commander la vitesse de moteurs à partir de dispositifs expérimentaux fournis

Savoir-faire théoriques

- Allure du réseau des caractéristiques mécaniques d'un moteur à courant continu à excitation indépendante et constante soumis à une tension d'induit de valeur moyenne réglable. Justifier l'intérêt d'un tel mode de fonctionnement par rapport à une action sur le courant d'excitation.
- Donner une justification qualitative de la condition $U/f = \text{cte}$ pour une alimentation, par un onduleur à fréquence réglable, d'un moteur asynchrone à cage. Allure du réseau des caractéristiques mécaniques d'un moteur asynchrone alimenté avec une commande $U/f = \text{cte}$