



المملكة المغربية
الوطن للتقويم
والإمتحانات
والتوجيه
A 2021/2022
A 2021/2022



المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية
والتكوين المهني
والتعليم العالي والبحث العلمي

الأطر المرجعية المكيفة الخاصة باختبارات الامتحان الوطني الموحد لنيل شهادة التقني العالي (BTS) - دورة 2020
الإطار المرجعي للاختبار الخاص بمحرك المناظم الصناعية - تخصص الكهروحيليات والنظم الآلية

Composante: Motorisation des systèmes industriels

Filière : Electromécanique des systèmes automatisés

1. INTRODUCTION

Le référentiel d'évaluation constitue une référence de base et un guide méthodologique pour l'élaboration de l'épreuve de l'examen de fin de formation de l'unité U5 (Motorisation des systèmes industriels) attestant du niveau de maîtrise des compétences à travers des situations d'évaluation authentiques et complexes.

Il convient d'éviter toutes difficultés mathématiques excessives et toutes technicités avancées en génie électrique vue le caractère pluridisciplinaire de cette formation.

2. COMPETENCES

L'élaboration du sujet d'évaluation de l'unité U5 « Motorisation des systèmes industriels » concerne tout ou partie des compétences ci-dessous :

- C01 : Appliquer les notions d'hygiène, de santé et de sécurité
- C08 : Choisir une solution technique
- C11 : Déterminer les ressources et les contraintes
- C21 : Animer un groupe de travail
- C24 : Etudier un système électrique

3. SITUATION D'ÉVALUATION

La situation d'évaluation doit se référer à un contexte professionnel permettant au technicien supérieur de démontrer le développement et la maîtrise des compétences de la formation et leur mobilisation.

Cette situation est axée sur :

- L'étude d'une partie opérative.
- L'étude et l'implantation des composants d'un système automatisé.
- L'alimentation en énergie d'un système industriel.
- La recherche des solutions d'amélioration.
- La comparaison des différentes solutions en vue d'un choix économique.

4. TACHES

A cette unité U5 sont associées les tâches suivantes :

- T1.1 Analyser les cahiers des charges
- T2.4 Respecter les consignes d'hygiène et de sécurité
- T2.5 Préparer une installation d'un équipement
- T2.6 Gérer un système technique
- T6.1 Conseiller techniquement le client
- T6.4 Informer le client sur l'état d'avancement des travaux
- T6.5 Former le client à la prise en main de ses installations
- T6.6 Intervenir dans des conférences techniques
- T7.3 Développer une solution



5. DESCRIPTION DE L'ÉPREUVE

Cette épreuve prend appui sur les savoirs de physique appliquée : **S6-1, S6-2, S6-3 et S6-4** et de génie électrique **S8**. Elle doit permettre de valider tout ou partie des compétences de l'unité U5 citées en haut.

Il est donc recommandé de construire l'épreuve autour d'un support technique sous forme d'un système électromécanique issu du monde industriel. Le questionnement est relatif à des problèmes techniques réels, leur résolution doit permettre la mobilisation de tout ou partie des savoirs de physique appliquée et de génie électrique associés aux compétences précitées.

5-1. Contenu :

L'étude proposée sera conduite à partir d'une solution correspondant à un cahier des charges industriel.

Le candidat sera amené à :

- donner toutes les explications et justifications quant aux choix proposés par la solution (identification des principes de solutions, lois de comportement, pertinence de la solution) ;
- proposer à partir d'un éventuel avenant au cahier des charges, des modifications, des améliorations et des extensions à la solution.

5-2. Modes d'évaluation :

Ponctuelle : Épreuve écrite d'une durée de **3 heures**, coefficient **20**.

I. **Tableau des niveaux d'acquisition et leur ratio d'importance :**

Niveaux	Savoirs spécifiques	Ratios d'importance
Information des savoirs	Le savoir est relatif à l'appréhension d'une vue d'ensemble d'un sujet : les réalités sont montrées sous certains aspects de manières partielle ou globale	25%
Expression	Le savoir est relatif à l'acquisition de moyen d'expression et de communication : définir, utiliser les termes composants la discipline. Il s'agit de maîtriser un savoir	30%
Maitrise d'outils	Le savoir est relatif à la maîtrise de procédé et d'outils d'étude ou d'action : utiliser, manipuler des règles ou des ensembles de règles, des principes, en vue d'un résultat à atteindre. Il s'agit de maîtriser un savoir-faire	40%
Maitrise méthodologique	Le savoir est relatif à la maîtrise d'une méthodologie de pose et de résolution de problème : Assembler, organiser les éléments d'un sujet, identifier les relations, raisonner à partir de ces relations, décider en vue d'un but à atteindre. Il s'agit de maîtriser une démarche : induire, déduire, expérimenter, se documenter	5%



5-3. LES SAVOIRS ASSOCIES :

Le tableau ci-dessous présente les quatre parties indispensables à l'élaboration de l'épreuve, les niveaux d'acquisition et les consignes correspondantes :

S8 : Génie électrique	Niveau			
	1	2	3	4
➤ Partie 1				
S8-1- Description et analyse d'un système électrique				
S8-1-1- Outils de description				
Chronogrammes Logigrammes Schémas électriques Principaux modes de représentation				
S8-2- Production, transport et distribution de l'énergie électrique				
S8-2-1- Production de l'énergie électrique				
Sources d'énergie Nucléaire Hydraulique Fossile Classement En fonction de l'application				
S8-2-2- Transport et distribution de l'énergie électrique				
Installations électriques Vue globale				
Architecture de réseau d'alimentation BT HTA HTB				
Canalisation électrique Conducteurs Câbles Canalisations				
Perturbations usuelles dans les réseaux et les équipements électriques Variations de paramètres Fréquence Tension Coupures de courant Déséquilibre de tension Alimentation sans interruption Groupes électrogènes Batteries et accumulateurs				



S8-3- Protection des biens et des personnes

S8-3-1- Prévention des risques d'origine électrique

Effets physiologiques du courant
 Contacts directs, contacts indirects
 Niveaux de tensions, zones à risque
 Modes de prévention des risques électriques

S8-3-2- Principes de protection

Applications, principe de la protection
 Protections différentielles
 Description, principe de fonctionnement
 Protection des circuits électriques
 Protection contre les surintensités
 Coupe-circuits à fusibles
 Relais thermique
 Relais magnétique
 Disjoncteur, interrupteur ou disjoncteur différentiel
 Protection contre les surtensions
 Parafoudres



Consignes importantes :

Le candidat sera amené à faire des calculs pour justifier des choix technologiques relatifs aux :

- Canalisations et câbles électriques en BT ;
- Appareillage électrique de protection des biens et des personnes : disjoncteur, disjoncteur différentiel, fusible, relais thermique, relais magnétique.
- Régime du neutre : Dans cette partie, le candidat devra définir tous les régimes du neutre ; le calcul et le choix technologique sont limités au régime TT.

Les autres éléments sont traités sous forme de questions de cours ou exploités transversalement dans le reste de l'épreuve.

➤ Partie 2

S8-4- Machines électriques

S8-4-1- Machines à courant continu

Fonctionnement et constitution
 Représentation
 Schéma de principe
 Excitation
 Caractéristique mécanique
 Bilan énergétique

Variation de vitesse
 Principe
 Différents types
 Démarrage et freinage
 Principaux modes

Etude de cas Dimensionnement des machines Choix des composants				
S8-4-2- Machine synchrone				
Constitution Principe de fonctionnement Schéma équivalent Caractéristique mécanique Bilan énergétique Couple transmis Puissance active et réactive				
Types de machines synchrones Alternateur autonome Alternateur couple au réseau Machine autopilotée				
S8-4-3- Machine asynchrone				
Constitution Principe de fonctionnement Schéma équivalent Caractéristique mécanique Bilan énergétique Couple transmis Puissance absorbée				
Démarrage et freinage de la machine asynchrone Principaux modes Démarreurs et ralentisseurs progressifs				
Etude d'un cas industriel Dimensionnement et choix des éléments				



Consignes importantes :

L'étude de la machine à courant continu ou le moteur asynchrone ou l'alternateur synchrone est abordée selon l'aspect physique : Bilans de puissance, modèles équivalents et caractéristiques.


La machine à courant continu est limitée à l'excitation indépendante.

Le démarrage, le freinage et la variation de vitesse classiques des machines (Moteur à courant continu et Moteur asynchrone) sont évalués à partir d'études de cas industriels simple en proposant au candidat des documents ressources (schémas électriques) à exploiter (exemples : identification des procédés, des constituants, détermination des avantages et des inconvénients etc...)

La variation de vitesse électronique sera traitée dans un système englobant les moteurs et les convertisseurs électroniques.

➤ Partie 3

S8-5- Conversion et transformation de courant				
S8-5-1- Transformateurs				
Transformateur monophasé Principe Constitution Schéma équivalent Caractéristique externe Rendement				

Autotransformateur Principe Constitution Schéma équivalent				
Transformateur triphasé Constitution et couplages Indice horaire Schéma équivalent Caractéristiques Rendement				
				
S8-5-2- Hacheurs				
Principe Types des hacheurs (Fonctionnement en deux et quatre quadrants) Hacheurs série, Hacheurs parallèle				
Utilisation des hacheurs Variation de vitesse Contrôle de couple de vitesse, Contrôle de tension et de courant				
S8-5-3- Redresseurs				
Principe de fonctionnement				
Etudes des redresseurs (Monophasés et triphasés) Non commandés Commandés en conduction continue Redresseur mixte				

Consignes importantes :

Transformateurs :

L'étude du transformateur monophasé et triphasé est abordée selon l'aspect physique : Bilans de puissance et modèles équivalents.

Pour le transformateur triphasé, le candidat peut-être questionné sur :

- Le couplage
- Rapport de transformation et indice horaire
- Bilan énergétique



L'autotransformateur ne sera pas traité dans l'épreuve finale étant donné qu'il s'agit d'un cas particulier du transformateur monophasé.

Hacheurs :

L'étude des hacheurs concerne la charge résistive et la charge (R L E à résistance négligeable).

Redresseurs :


Pour le redresseur commandé et non commandé le courant de la charge est supposé constant.

Pour les applications des convertisseurs de puissances on met l'accent sur le principe de base (définition, fonction, constituants).

➤ Partie 4

S6 : Sciences physiques appliquées	Niveau			
	1	2	3	4
S6-1- Electricité générale				
S6-1-1- Lois générales de l'électrocinétique				
Grandeurs électriques Généralités Définitions Courant Tension				
Eléments de base résistance Sources indépendantes Sources dépendantes Condensateur Inductance				
Règles et lois Règles de connexion Lois de Kirchhoff				
Théorèmes généraux Théorème de superposition Théorèmes de Thévenin et Norton Equivalence Thévenin-Norton Passage Thévenin -Norton Théorème de Millman				
Description énergétique des circuits électriques Définitions Expression de la puissance et de l'énergie pour les dipôles élémentaires				
S6-1-2- Signaux électriques périodiques				
Caractérisation des signaux électriques Signal périodique Valeur moyenne Valeur efficace Facteur de forme Signal alternatif Signal sinusoïdal				
Décomposition en série de Fourier Définitions Illustration de la décomposition en série de Fourier Application aux cas simples				
S6-1-3- Circuits linéaires en régime sinusoïdal permanent				
Représentation des grandeurs sinusoïdales Représentation vectorielle Représentation complexe				
Eléments de base				



Dipôles linéaires Grandeur efficace Exemples simples de cas pratiques Application des théorèmes généraux			
Puissance en régime sinusoïdal Instantanée Moyenne Complexe			
Puissance consommée par les éléments Théorème de Boucherot Exemples à aspects pratiques Relèvement du facteur de puissance			
			
S6-1-4- Circuits linéaires en régime transitoire			
Etude des circuits du premier ordre Forme générale de l'équation différentielle Résolution basée sur le circuit RC en réponse à un créneau de tension : A la mise sous tension (charge) A la rupture de la source (décharge)			
Etude des circuits du deuxième ordre Forme générale de l'équation différentielle Résolution Etude du régime libre Etude du régime forcé ou permanent			
Application : Circuit RLC série régime apériodique régime apériodique critique Brevet de Technicien Supérieur Electromécanique et Systèmes Automatisés 69 régime oscillatoire amorti			
S6-2- Electromagnétisme			
S6-2-1- Généralités sur l'électromagnétisme			
Grandeurs magnétiques Champ d'induction magnétique Champ d'excitation magnétique Flux d'induction magnétique			
Théorèmes généraux Lois fondamentales Ampère Faraday, Lorenz et Laplace			
S6-2-2- Circuits électromagnétiques linéaires			
Etude des circuits Courbe de Ferro magnétisation Linéarisation des circuits magnétiques Circuits parfaits			
Traduction des lois Mise en place Relation d'Hopkinson			

Analogie électrique				
Association de réductances				
S6-2-3- Circuits électromagnétiques en régime sinusoïdal				
Introduction aux circuits électromagnétiques en régime sinusoïdal				
Comportement en régime sinusoïdal				
Bobine à noyau de fer				
Comportement de la bobine approximation linéaire				
Résistance de l'enroulement				
Coefficient d'auto-induction (inductance)				
Inductance de fuite				
Mise en équation complète et modèle				
Comportement de la bobine linéaire en régime sinusoïdal				
Mise en équation				
Comportement simplifié : modèle de Kapp				
Bilan énergétique				
Densité d'énergie				
Expression de l'énergie dans le cas du modèle linéaire				
Les pertes dans les bobines à noyau de fer				
Applications industrielles des bobines				
S6-3- Electrotechnique				
S6-3-1- Introduction à l'étude des machines tournantes				
Grandeurs mécaniques				
Définition				
Cas général				
Couple utile				
Charges entraînées				
Représentations vitesse-couple				
Différents types de charges industrielles				
Démarrage en régime permanent de vitesse				
Phase de démarrage				
Installation du régime permanent				
Aspects énergétiques				
Puissance fournie et reçue par l'arbre moteur				
S6-3-2- Réseaux électriques triphasés				
Réseaux triphasés symétriques				
Définition				
Tensions délivrées				
Les tensions simples				
Les tensions composées				
Représentations des tensions				
Connexion de charges				
Couplage étoile				
Couplage triangle				
Réseaux triphasés non symétriques				
Définition				
Influence du déséquilibre				
S6-3-3- Puissance en triphasé				



Charges triphasées Équilibrées déséquilibrées			
Théorèmes généraux : Boucherot			
Facteur de puissance Relèvement du facteur de puissance			
S6-4- Eléments de base de l'électronique			
S6-4-1- Composants semi-conducteurs			
Diodes à jonction PN Constitution – Symbole Caractéristique statique tension–courant Influence de la température Caractéristiques statiques idéalisées Comportement dynamique Applications des diodes à jonction PN			
Diodes spéciales Diode Zener : Contrôle de l'avalanche en inverse Diode Schottky : Création d'une jonction rapide Diodes électroluminescentes (DEL) : optoélectronique Diode de puissance			
Transistor bipolaire Constitution – Symbole Éléments sur le fonctionnement (transistor NPN, PNP) Polarisation et caractéristiques statiques Fonctionnement linéaire Fonctionnement en commutation Transistor bipolaire de puissance			
Transistor MOSFET Constitution – Symbole Éléments sur le fonctionnement (canal N) Caractéristiques statiques Fonctionnement en commutation Transistor MOSFET de puissance Transistor IGBT			
Thyristors Constitution – Symbole Caractéristique statique tension–courant Caractéristiques statiques idéalisées Notes sur le comportement dynamique Applications des thyristors			
TRIAC Constitution – Symbole Caractéristique statique tension–courant Caractéristiques statiques idéalisées Applications des TRIAC			
DIAC Constitution – Symbole Caractéristique statique tension–courant Caractéristiques statiques idéalisées Applications des DIAC			



6-4-2- Amplificateur opérationnel parfait			
Introduction aux amplificateurs Symboles Notations Caractéristiques de l'amplificateur opérationnel parfait			
Application linéaire des amplificateurs opérationnels parfaits Suiveur de tension : prélèvement d'une tension sans influence Amplificateurs de tension Amplification avec inversion Amplification sans inversion Amplificateur de différence (ou soustracteur) Structure sommatrice (ou sommateur) Intégrateur et dérivateur			
Application non linéaire des amplificateurs opérationnels parfaits Mise en place Comparateur de tensions Comparateur à deux seuils, à hystérésis ou trigger de schmitt Structure sans inversion Structure avec inversion			
S6-4-3- Conversions analogique-numérique et numérique-analogique			
Traitement numérique du signal Mixité des signaux			
Convertisseurs numérique-analogique Présentation du CNA Caractéristiques essentielles Structures élémentaires CNA à résistances pondérées Convertisseur à réseau R-2R Brevet de Technicien Supérieur Electromécanique et Systèmes Automatisés 71 Convertisseurs intégrés : exemple du DAC0800 Traitement possible après conversion			
Convertisseurs analogique-numérique Présentation du CAN Les étapes de la conversion Caractéristiques essentielles Quelques structures de CAN Convertisseur parallèle ou « flash » Convertisseur à simple rampe Convertisseur à double rampe			



Consignes importantes :

Les savoirs de cette partie seront évalués de manière implicite dans l'épreuve.

Une évaluation directe concernant l'élément S6-4 (Electronique) est possible.

6. Architecture de l'épreuve

- La longueur et l'ampleur du sujet doivent permettre à un candidat moyen de traiter le sujet et de le rédiger posément dans le temps accordé.
- La clarté des raisonnements, la qualité de la rédaction et le respect des normes interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.
- L'épreuve comporte 6 volets.

Volet 1 : Présentation de l'épreuve

- ✓ Durée (3H) ;
- ✓ Coefficient (20) ;
- ✓ Matériel autorisé ;
- ✓ Documents autorisés ;
- ✓ Documents non autorisés ;
- ✓ Consignes et conseils méthodologiques.



Volet 2 : présentation du support

- ✓ Description ;
- ✓ Principe de fonctionnement ;
- ✓ Caractéristiques.

Volet 3 : Dossier de questionnement

Les questions du sujet doivent suivre les directives suivantes :

- ✓ Répartition en plusieurs parties indépendantes ;
- ✓ Couverture du programme selon les pondérations du tableau des spécifications ;
- ✓ Questions élémentaires avec un enchaînement logique progressif et sans ambiguïté.

Volet 4 : Documents réponses

- ✓ Les documents réponses doivent être numérotés (exemple DR1, DR2, ... etc) et de couleur distincte.

Volet 5 : Documents techniques :

- ✓ Les documents techniques doivent être numérotés (exemple DT1, DT2, ... etc) et de couleur différente.

Volet 6 : Grille de notation

- ✓ La répartition des notes doit se faire en adéquation avec les pondérations du tableau des spécifications.