

# Master en Sciences de l'Ingénieur Industriel orientation électromécanique

**HELHa Campus Mons** 159 Chaussée de Binche 7000 MONS  
 Tél : +32 (0) 65 40 41 46 Fax : +32 (0) 65 40 41 56 Mail : tech.mons@helha.be

## 1. Identification de l'Unité d'Enseignement

UE ME410 Electronique et électrotechnique appliquées			
Code	TEME1M10	Caractère	Obligatoire
Bloc	1M	Quadrimestre(s)	Q2
Crédits ECTS	3 C	Volume horaire	44 h
Coordonnées des responsables et des intervenants dans l'UE	<b>Stéphanie EGGERMONT</b> (stephanie.eggermont@helha.be) Thomas HERPOEL (thomas.herpoel@helha.be) Fabien CHOT (fabien.chot@helha.be)		
Coefficient de pondération	30		
Cycle et niveau du Cadre Francophone de Certification	master / niveau 7 du CFC		
Langue d'enseignement et d'évaluation	Français		

## 2. Présentation

### Introduction

Cette unité d'enseignement fait partie de la formation en sciences appliquées du Master en sciences de l'ingénieur industriel, finalité électromécanique et a comme finalité d'aborder les concepts d'électrotechnique et d'électronique nécessaires pour appréhender la commande des moteurs électriques. On visera donc une appréhension des phénomènes en vue d'une utilisation, d'une bonne compréhension dans les applications et des bancs de test répondant à des défis proches de cas industriels.

### Contribution au profil d'enseignement (cf. référentiel de compétences)

Cette Unité d'Enseignement contribue au développement des compétences et capacités suivantes :

- Compétence 1 **Communiquer avec les collaborateurs, les clients**
  - 1.1 Rédiger des rapports, cahiers des charges, fiches techniques et manuels.
  - 1.3 S'exprimer de manière adaptée en fonction du public
- Compétence 2 **Agir de façon réflexive et autonome, en équipe, en partenariat**
  - 2.1 Organiser son temps, respecter les délais
  - 2.3 Actualiser ses connaissances et compétences
  - 2.4 Collaborer activement avec d'autres dans un esprit d'ouverture
- Compétence 3 **Analyser une situation en suivant une méthode de recherche scientifique**
  - 3.1 Identifier, traiter et synthétiser les données pertinentes
  - 3.2 Rechercher les ressources nécessaires
  - 3.3 Transposer les résultats des études à la situation traitée
  - 3.4 Exercer un esprit critique
  - 3.5 Effectuer des choix appropriés
- Compétence 4 **Innover, concevoir ou améliorer un système**
  - 4.1 Intégrer l'ensemble des composants d'un système à partir de résultats d'analyse
  - 4.2 Elaborer un cahier des charges et/ou ses spécifications
  - 4.3 Elaborer des procédures et des dispositifs
  - 4.4 Mettre au point de nouveaux concepts
  - 4.5 Modéliser, calculer et dimensionner des systèmes
- Compétence 6 **Utiliser des procédures, des outils spécifiques aux sciences et techniques**
  - 6.1 Exploiter le logiciel approprié pour résoudre une tâche spécifique
  - 6.2 Effectuer des tests, des contrôles, des mesures, des réglages

## Acquis d'apprentissage visés

A la fin du cours d'**électronique de puissance**, l'étudiant sera capable d'expliquer le fonctionnement des outils d'électronique de puissance permettant de contrôler un moteur électrique dans un processus industriel, de prédéterminer sous format numérique ou graphiques (allures temporelles et fréquentielles) les différents paramètres de ces outils dans un contexte similaire à celui illustré au cours.

*Ces capacités seront évaluées dans un cas concret présenté sous forme d'exercice (papier) ainsi que dans des exercices où l'étudiant démontrera un raisonnement correct et critique par rapport à des définitions, des calculs et des mises en relation entre différents paramètres des machines. Ces notions seront également vérifiées de manière théorique dans le cadre de question ouverte où l'esprit de synthèse devra être placé en avant, ou dans le cadre de question transversale où l'esprit d'analyse devra être placé en avant.*

A la fin du cours de **actionneurs électriques**, l'étudiant sera capable:

- d'expliquer une chaîne mécatronique depuis la source primaire d'énergie jusqu'à l'actionneur mécanique; pour ce faire, l'étudiant sera capable d'expliquer de manière théorique la modélisation du moteur électrique, la modélisation du mécanisme, la modélisation de l'asservissement, la modélisation de la batterie, la modélisation de l'onduleur, la modélisation thermique ; de modéliser d'une manière détaillée un moteur électrique AC en se basant sur la représentation de Park;
- d'expliquer la transformée de Park, son application aux moteurs synchrones, son application aux moteurs asynchrones, d'en déduire le schéma bloc de régulation pour des cas similaires à ceux vu pendant le cours théorique ;
- d'expliquer les transferts de puissance entre la source AC et le moteur dans tous les modes de fonctionnement (en fonctionnement moteur, en freinage, en récupération d'énergie) ;
- d'expliquer le principe d'une machine à réluctance variable; pour ce faire l'étudiant devra utiliser les notions: énergie - coénergie, énergie magnétique, circuit magnétique déformable, actionneur à réluctance variable, actionneur électrostatique, aimant permanent.

*Ces capacités seront évaluées dans un cas concret présenté sous forme d'exercice (papier) ainsi que dans des applications où l'étudiant démontrera un raisonnement correct et critique par rapport à des définitions, des calculs et des mises en relation entre différents paramètres des machines et de ses commandes. Ces notions seront également vérifiées de manière théorique dans le cadre de question ouverte où l'esprit de synthèse devra être placé en avant, ou dans le cadre de question transversale où l'esprit d'analyse devra être placé en avant.*

A la fin de l'activité d'apprentissage **Laboratoires**, l'étudiant sera capable

- d'utiliser le vocabulaire français et anglais adéquat afin de pouvoir : interpréter et critiquer des installations ou documents (spécifications, notices...) et communiquer de manière efficace avec une équipe de formation similaire en utilisant les termes techniques corrects traitant des contrôleurs programmables industriels de machines électriques (principalement variateur de fréquence, mais aussi régulateur et automate),
- à l'aide d'un PC et de logiciels industriels adaptés, de communiquer, paramétrer ou programmer ce matériel de commande à microprocesseur mis à sa disposition.

## Liens avec d'autres UE

Prérequis pour cette UE : aucun

Corequis pour cette UE : aucun

## 3. Description des activités d'apprentissage

Cette unité d'enseignement comprend l(es) activité(s) d'apprentissage suivante(s) :

TEME1M10B	Electronique de puissance	12 h / 1 C
TEME1M10C	Laboratoires	32 h / 2 C

Les descriptions détaillées des différentes activités d'apprentissage sont reprises dans les fiches descriptives jointes.

## 4. Modalités d'évaluation

Les 30 points attribués dans cette UE sont répartis entre les différentes activités de la manière suivante :

TEME1M10B	Electronique de puissance	10
TEME1M10C	Laboratoires	20

Les formes d'évaluation et les dispositions complémentaires particulières des différentes activités d'apprentissage sont reprises dans les fiches descriptives jointes.

## Dispositions complémentaires relatives à l'UE

La pondération de parties du cours est calculée sur la base de la **moyenne géométrique pondérée**  $r$  ( $\text{Electronique de Puissance}^1 * \text{Laboratoire}^2 * \text{Actionneurs}^2$ )<sup>1/5</sup>

De plus, les dispositions complémentaires relatives à l'UE sont les suivantes :

- Si l'étudiant fait une note de présence lors d'une évaluation ou ne se présente pas à une évaluation, la note de PR ou PP sera alors attribuée à l'UE et l'étudiant représentera les parties pour lesquels il n'a pas obtenu 10/20.
- D'autres modalités d'évaluation peuvent être prévues en fonction du parcours académique de l'étudiant. Celles-ci seront alors consignées dans un contrat didactique spécifique proposé par le responsable de l'UE, validé par la direction ou son délégué et signé par l'étudiant pour accord.
- En cas d'absences répétées et injustifiées à une activité obligatoire, les sanctions administratives prévues dans le REE seront appliquées.

#### Référence au RGE

En cas de force majeure, une modification éventuelle en cours d'année peut être faite en accord avec le Directeur de département, et notifiée par écrit aux étudiants. (article 67 du règlement général des études 2020-2021).

Ces modes d'évaluation pourront être modifiés durant l'année académique étant donné les éventuels changements de code couleur qui s'imposeraient de manière locale et/ou nationale, chaque implantation devant suivre le code couleur en vigueur en fonction de son code postal (cfr. le protocole année académique 2020-2021 énoncé dans la circulaire 7730 du 7 septembre 2020 de la Fédération Wallonie Bruxelles).

# Master en Sciences de l'Ingénieur Industriel orientation électromécanique

**HELHa Campus Mons** 159 Chaussée de Binche 7000 MONS  
 Tél : +32 (0) 65 40 41 46 Fax : +32 (0) 65 40 41 56 Mail : tech.mons@helha.be

## 1. Identification de l'activité d'apprentissage

Electronique de puissance			
Code	9_TEME1M10B	Caractère	Obligatoire
Bloc	1M	Quadrimestre(s)	Q2
Crédits ECTS	1 C	Volume horaire	12 h
Coordonnées du Titulaire de l'activité et des intervenants	<b>Stéphanie EGGERMONT</b> (stephanie.eggermont@helha.be) Thomas HERPOEL (thomas.herpoel@helha.be)		
Coefficient de pondération	10		
Langue d'enseignement et d'évaluation	Français		

## 2. Présentation

### Introduction

Cette unité d'enseignement fait partie de la formation en sciences appliquées du Master en sciences de l'ingénieur industriel, finalité électromécanique et a comme finalité d'aborder les concepts d'électrotechnique et d'électronique nécessaires pour appréhender la commande des moteurs électriques. On visera donc une appréhension des phénomènes en vue d'une utilisation, d'une bonne compréhension dans les applications et des bancs de test répondant à des défis proches de cas industriels.

### Objectifs / Acquis d'apprentissage

A la fin du cours d'électronique de puissance, l'étudiant sera capable d'expliquer le fonctionnement des outils d'électronique de puissance permettant de contrôler un moteur électrique dans un processus industriel, de prédéterminer sous format numérique ou graphiques (allures temporelles et fréquentielles) les différents paramètres de ces outils dans un contexte similaire à celui illustré au cours.

*Ces capacités seront évaluées dans un cas concret présenté sous forme d'exercice (papier) ainsi que dans des exercices où l'étudiant démontrera un raisonnement correct et critique par rapport à des définitions, des calculs et des mises en relation entre différents paramètres des machines. Ces notions seront également vérifiées de manière théorique dans le cadre de question ouverte où l'esprit de synthèse devra être placé en avant, ou dans le cadre de question transversale où l'esprit d'analyse devra être placé en avant.*

## 3. Description des activités d'apprentissage

### Contenu

Le contenu du cours est le suivant :

- **Composants** : principe de la commutation, étude des différents types, modélisation, nature des commutations.
- **Redresseur** : convertisseur simple, hexaphasé, en pont de Graetz, influence de la charge, angle d'empiètement, problèmes d'harmoniques (application à la commande de moteurs à courant continu), notion d'EMC, application
- **Hacheur** : principe et schémas de fonctionnement, analyse temporelle, schéma en H, analyse thermique des composants électroniques et boîtiers, montages isolés (flyback, forward), applications
- **Onduleur** : principes et schémas de fonctionnement, pleine onde et MLI (à large d'impulsion). Commande des moteurs synchrones et asynchrones, des moteurs pas à pas, des moteurs brushless, applications
- **Commandes des moteurs** : montage de base de la commande scalaire des moteurs asynchrones et synchrones

## Démarches d'apprentissage

Cours magistral et exercice (réalisé pendant lors des séances de cours), capsule vidéo.

## Dispositifs d'aide à la réussite

Les enseignants sont disponibles et répondent aux questions sur rendez-vous. Des liens URL extérieures illustrant les différentes parties du cours sont disponibles sur le site en ligne du cours.

## Ouvrages de référence

Les références conseillées sont les suivantes :

- T. Wildi, G. Sybille , Electrotechnique, Ed. De Boeck, Bruxelles
- L. Lasne, Electronique de puissance, Collection Sciences Sup, Dunod, 2011
- R. Mérat, R. Moreau, L. Allay, J.-P. Dubos, J. Lafargue et R. Le Goff, Electronique de puissance, Ed. Nathan, Paris, 1992
- G. Séguier, F. Labrique, P. Delarue, Electronique de puissance, 9<sup>e</sup> édition, Dunod, 2011
- P. Barrade, Electronique de puissance Méthodologie et convertisseurs, Presses Polytechniques Romandes, 2006.

Des références sont disponibles à la bibliothèque technique de la HELHa.

## Supports

Les transparents présentés au cours sont disponibles sur la plateforme en ligne.

## 4. Modalités d'évaluation

### Principe

La pondération de cette activité d'apprentissage au sein de l'UE dont elle fait partie vaut 10.

L'évaluation de cet AA sous forme d'un examen écrit est intégrée à celle de l'AA actionneurs électriques.

En cas de non validation de l'UE, l'étudiant représentera un examen écrit au Q3.

### Pondérations

	Q1		Q2		Q3	
	Modalités	%	Modalités	%	Modalités	%
production journalière						
Période d'évaluation			Exe	100	Exe	100

Exe = Examen écrit

La pondération de cette activité d'apprentissage au sein de l'UE dont elle fait partie vaut 10

### Dispositions complémentaires

De plus, les dispositions complémentaires relatives à l'UE sont les suivantes

- En cas d'au moins une note d'activité d'apprentissage inférieure ou égale à 9/20 , l'étudiant peut se voir attribuer NV (non validée) pour l'UE concernée.
- Si l'étudiant fait une note de présence lors d'une évaluation ou ne se présente pas à une évaluation, la note de PR ou PP sera alors attribuée à l'UE et l'étudiant représentera les parties pour lesquels il n'a pas obtenu 10/20.
- D'autres modalités d'évaluation peuvent être prévues en fonction du parcours académique de l'étudiant. Celles-ci seront alors consignées dans un contrat didactique spécifique proposé par le responsable de l'UE, validé par la direction ou son délégué et signé par l'étudiant pour accord.
- En cas d'absences répétées et injustifiées à une activité obligatoire, les sanctions administratives prévues dans le REE seront appliquées.

Référence au RGE

En cas de force majeure, une modification éventuelle en cours d'année peut être faite en accord avec le Directeur de

département, et notifiée par écrit aux étudiants. (article 67 du règlement général des études 2020-2021).

Ces modes d'évaluation pourront être modifiés durant l'année académique étant donné les éventuels changements de code couleur qui s'imposeraient de manière locale et/ou nationale, chaque implantation devant suivre le code couleur en vigueur en fonction de son code postal (cfr. le protocole année académique 2020-2021 énoncé dans la circulaire 7730 du 7 septembre 2020 de la Fédération Wallonie Bruxelles).

# Master en Sciences de l'Ingénieur Industriel orientation électromécanique

**HELHa Campus Mons** 159 Chaussée de Binche 7000 MONS  
Tél : +32 (0) 65 40 41 46 Fax : +32 (0) 65 40 41 56 Mail : [tech.mons@helha.be](mailto:tech.mons@helha.be)

## 1. Identification de l'activité d'apprentissage

Laboratoires			
Code	9_TEME1M10C	Caractère	Obligatoire
Bloc	1M	Quadrimestre(s)	Q2
Crédits ECTS	2 C	Volume horaire	32 h
Coordonnées du Titulaire de l'activité et des intervenants	Fabien CHOT ( <a href="mailto:fabien.chot@helha.be">fabien.chot@helha.be</a> )		
Coefficient de pondération	20		
Langue d'enseignement et d'évaluation	Français		

## 2. Présentation

### Introduction

Cette activité fait partie de la formation en sciences appliquées de l'ingénieur industriel électromécanicien et aborde les concepts d'électrotechnique nécessaires pour appréhender la commande des moteurs électriques triphasés.

On visera donc une appréhension des phénomènes en vue d'une bonne utilisation, d'une bonne compréhension dans les applications et d'une mise en oeuvre de banc de tests répondant à des défis aussi proches que possible de cas industriels.

### Objectifs / Acquis d'apprentissage

A la fin de l'activité d'apprentissage « Laboratoires », l'étudiant sera capable:

- d'utiliser le vocabulaire français et anglais adéquat afin de pouvoir comprendre, interpréter et critiquer des installations ou documents (spécifications, notices, manuels...) et communiquer de manière efficiente avec une équipe de formation similaire en utilisant les termes techniques corrects traitant des divers départs dont les softstarters et surtout les drives (variateurs de vitesse) de moteurs triphasés.
- à l'aide d'un PC et de logiciels industriels adaptés, de communiquer (paramétrer, programmer, acquérir les données et chronogrammes de fonctionnement) avec les drives de différentes marques mis à sa disposition entraînant différents types de moteurs triphasés.

## 3. Description des activités d'apprentissage

### Contenu

Chaque équipe d'étudiants aura l'opportunité de réaliser des tests afin de se familiariser avec les divers modes de fonctionnement des VFD (Variable Frequency Drive).

A l'issue de ce module, l'étudiant sera capable :

- de décrire le schéma bloc d'un variateur de fréquence avec circuit intermédiaire à tension continue (VSI) d'un point de vue électronique de puissance : redresseur -circuit intermédiaire (bus DC) - onduleur (PWM) - circuit logique de commandes;
- de déterminer le type de variateur et ses spécifications techniques en fonction de l'application (comme les quadrants de fonctionnement de la machine commandée), des données de la machine et des contraintes d'exploitation ;
- d'expliquer le schéma d'une installation électrique incluant un VFD;
- de tenir compte des contraintes d'emploi d'un variateur tant du point de vue réseau d'alimentation que du point de vue alimentation à fréquence variable du moteur afin de mettre en oeuvre une chaîne complète pour piloter une machine triphasée en tenant compte des implications des capacités dynamiques en courant du variateur sur les capacités dynamiques du moteur piloté ; cette mise en oeuvre inclut la paramétrisation du drive en fonction des

données de la machine commandée et de son application, l'aspect gestion de l'arrêt de la machine pour une catégorie d'arrêt donnée, l'interface homme-machine ...

-d'implémenter un contrôle scalaire (U/f) de façon à pouvoir choisir le mode de fonctionnement le plus approprié pour une application industrielle courante donnée.

En fonction de l'évolution de la pandémie COVID 19, le cours pourrait se donner en fonctionnement hybride, voire totalement en distanciel.

### **Démarches d'apprentissage**

- Introduction via cours magistral théorique: d'une part, récapitulant les connaissances électrotechniques nécessaires à maîtriser avant manipulations (composants des départs moteurs triphasés et leurs câblages) et d'autre part, une introduction pratique aux variateurs ensuite utilisés et à leur paramétrisation.

- Manipulations et mesures en laboratoire (Labo d'électrotechnique HELHa puis Technocampus).

En fonction de l'évolution de la pandémie COVID 19, le cours pourrait se donner en fonctionnement hybride, voire totalement en distanciel.

### **Dispositifs d'aide à la réussite**

L'enseignant guide et répond aux questions (lors des séances ou en dehors, sur rendez-vous).

### **Ouvrages de référence**

Guides, manuels et notices d'emploi Allen Bradley et Danfoss des variateurs utilisés.

Ouvrage Danfoss (2015) : « L'essentiel sur les variateurs de vitesse »

Logiciels: Rockwell Automation ("Connected Components Workbench" et "Drive Tools / Drive Observer), Danfoss (MCT10)

### **Supports**

Tous les supports de cours sont déposés sur Connected.

## **4. Modalités d'évaluation**

### **Principe**

Q2 = Evaluation continue (pas d'examen en session de juin) basée sur: la présence active aux séances de manipulations\* et un rapport d'activités d'équipe final suivant cahier de charges.

\* la note obtenue pour ce rapport final sera multipliée par un coefficient (compris entre 0,5 et 1) tenant compte de l'évaluation individuelle par le professeur, de la présence (obligatoire) et la participation active de l'étudiant au sein de son équipe.

Q3 = 100% sur un examen oral sur la partie théorie et le contenu du rapport d'équipe rentré au Q2; la note obtenue pour le rapport final rendu au Q2 n'intervenant plus pour la note Q3.

En fonction de l'évolution de la pandémie COVID 19, le cours pourrait se donner en fonctionnement hybride, voire totalement en distanciel; les évaluations pourraient alors être adaptées (ex: take home exam, oral online, Tj uniquement, ...)

La pondération de cette activité d'apprentissage au sein de l'UE dont elle fait partie vaut 20.

### **Pondérations**

	Q1		Q2		Q3	
	Modalités	%	Modalités	%	Modalités	%
production journalière			Evc + Rap	100		



Période d'évaluation					Exo	100
----------------------	--	--	--	--	-----	-----

EvC = Évaluation continue, Rap = Rapport(s), Exo = Examen oral

La pondération de cette activité d'apprentissage au sein de l'UE dont elle fait partie vaut 20

### **Dispositions complémentaires**

En cas d'examen non présenté, la mention PP renvoie l'étudiant à la prochaine session organisée.

En cas de certificat médical, l'étudiant doit contacter et s'arranger au plus vite avec le professeur afin d'essayer de trouver une solution.

### Référence au RGE

En cas de force majeure, une modification éventuelle en cours d'année peut être faite en accord avec le Directeur de département, et notifiée par écrit aux étudiants. (article 67 du règlement général des études 2020-2021).

Ces modes d'évaluation pourront être modifiés durant l'année académique étant donné les éventuels changements de code couleur qui s'imposeraient de manière locale et/ou nationale, chaque implantation devant suivre le code couleur en vigueur en fonction de son code postal (cfr. le protocole année académique 2020-2021 énoncé dans la circulaire 7730 du 7 septembre 2020 de la Fédération Wallonie Bruxelles).