



5.00 crédits	30.0 h + 30.0 h	Q1
--------------	-----------------	----

Enseignants	De Jaeger Emmanuel ;Dehez Bruno ;
Langue d'enseignement	Anglais > Facilités pour suivre le cours en français
Lieu du cours	Louvain-la-Neuve
Thèmes abordés	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dynamic models of DC machines</li> <li>- Dynamic models of synchronous machines</li> <li>- Dynamic models of asynchronous machines</li> <li>- Space phasors and variable transformations (Concordia, Park and Clarke)</li> <li>- Control of DC and BLDC machines</li> <li>- Vector and scalar control of asynchronous machines</li> <li>- Vector control of synchronous machines</li> </ul>
Acquis d'apprentissage	<p><b>A la fin de cette unité d'enseignement, l'étudiant est capable de :</b></p> <p><b>Contribution of the course to the program objectives (N°)</b> Axis 1 (1.1, 1.2, 1.3), Axis 3 (3.3), Axis 5 (5.6)</p> <p><b>Specific learning outcomes of the course</b> At the end of the course, the student will be able to :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - Derive the dynamic model of electromechanical converters (DC and brushless DC machines, synchronous and asynchronous machines) in order to control them, in particular by exploiting the variable transformations (Concordia, Park and Clarke).</li> <li>- Describe the main control strategies of these converters (scalar V/f control of asynchronous machines, vector and direct torque control for asynchronous and synchronous machines) and choose them according to the application.</li> <li>- Use the adapted dynamic models in order to simulate the dynamic behaviour of these converters</li> <li>- Use the adapted dynamic models in order to synthesize type P, PI or PID controllers.</li> <li>- Use the adapted dynamic models in order to check the robustness and performance of a controller regarding modelling simplifications, external disturbances, changes in the machine parameters, ...</li> </ol>
Modes d'évaluation des acquis des étudiants	<p>Les étudiants seront évalués :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Collectivement sur base des rapports des devoirs réalisés en cours de quadrimestre ;</li> <li>• Individuellement sur base d'un examen oral portant sur le contenu des cours magistraux et des devoirs.</li> </ul> <p>Pour constituer la note finale, la pondération donnée à l'évaluation des devoirs est :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De 40% si la note de l'examen oral est supérieure à 10/20 ;</li> <li>• De 0% si la note de l'examen oral est inférieure à 5/20 ;</li> <li>• Linéairement progressive entre 0%, si la note de l'examen oral est de 5/20, et 40%, si la note de l'examen oral est 10/20.</li> </ul> <p>La note relative aux devoirs peut être individualisée en fonction de l'implication de l'étudiant-e au sein du groupe pendant le quadrimestre (participation active aux séances de consultation et à la rédaction des rapports, par exemple).</p> <p>L'utilisation des logiciels d'IA génératives tels que chatGPT est autorisée uniquement pour l'assistance à la rédaction des rapports demandés dans le cadre de ce cours. Cependant, dans ce cas de figure, une annexe devra clairement renseigner, pour chacune des sections concernées, de quelle manière l'IA a été utilisée (recherche de l'information, rédaction et/ou correction du texte, ...). Par ailleurs, il reste que les sources d'information externes doivent être systématiquement citées en respectant les normes de référencement bibliographique.</p>

Méthodes d'enseignement	L'enseignement est organisé sous la forme de : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cours magistraux ;</li> <li>• De devoirs sur la modélisation et la commande des différents convertisseurs électromécaniques vus pendant les cours.</li> </ul> Les devoirs sont réalisés par groupes de 2 ou 3 étudiants et donnent lieu à un rapport de synthèse, qui est évalué et intervient dans l'évaluation finale du cours.
Contenu	Les convertisseurs électromécaniques transforment l'énergie électrique en énergie mécanique, et inversement. Ils jouent un rôle crucial dans de nombreux domaines, tels que la production d'énergie, l'utilisation rationnelle de l'énergie électrique ou encore la mobilité électrique, et constituent de ce fait un maillon essentiel de la transition énergétique. Dans ce contexte, comprendre le fonctionnement dynamique et les méthodologies de contrôle de ces convertisseurs forment les objectifs généraux de ce cours. Plus spécifiquement, il couvre le contenu suivant : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction (1 heure) : motivations, types de modèles, structure générale d'un système d'entraînement électrique, facteurs de développement des systèmes d'entraînement électrique.</li> <li>• Modèle de la machine à courant continu (2h) : structure de la machine ; mode d'excitation, équations dynamiques dans le domaine temporel et dans le domaine de Laplace ; simplifications du modèle (constantes de temps mécaniques, électriques et électromécaniques) ; améliorations du modèle (résistance de l'induit, saturation).</li> <li>• Phaseurs spatiaux et transformations variables (2 heures) : Transformations de Concordia, de Clarke et de Park</li> <li>• Modèle de la machine synchrone (4h) : équations de la machine dans les systèmes de coordonnées 'abc', 'alpha-beta' et 'dq' ; machines à rotor rond et à pôles saillants ; particularisation aux machines à aimants permanents.</li> <li>• Modèle de la machine asynchrone (4h) : équations de la machine dans les systèmes de coordonnées 'abc', 'alpha-beta' et 'dq'.</li> <li>• Contrôle des machines à courant continu (2h) : principe général, principaux types d'alimentation, contrôle avec compensation de la force contre-électromotrice, contrôle avec et sans mesure du courant pour les machines de faible puissance.</li> <li>• Commande des machines synchrones (4h) : principe général de la commande vectorielle dans le système de coordonnées 'dq' ; commande avec compensation de la force contre-électromotrice, prise en compte de l'onduleur et du contrôleur numérique ; affaiblissement du flux ; particularisation aux machines à aimants permanents montées en surface et intérieur, aux machines à pôles saillants et à inductance bobinée ; machines à courant continu sans balais.</li> <li>• Commande des machines asynchrones (4h) : équations dans le système de coordonnées du flux rotorique ; principe général de la commande vectorielle dans ce système de coordonnées ; commande vectorielle avec compensation de la force contre-électromotrice ; commande scalaire <math>V/f</math>.</li> <li>• Concepts de commande des convertisseurs électromécaniques appliqués à la production d'électricité, avec un accent particulier sur la conversion éolienne (2h)</li> </ul>
Ressources en ligne	<a href="https://moodle.uclouvain.be/course/view.php?id=1272">https://moodle.uclouvain.be/course/view.php?id=1272</a>
Bibliographie	- Slides - Books (available online via the intranet UCL): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wach, P., Dynamics and control of electrical drives, Springer, 2011, 456 p.</li> <li>• Veltman, A., Pulle, D. W., De Doncker, R. W., Fundamentals of electrical drives, Springer, 2007, 346 p.</li> <li>• De Doncker, R. W., Pulle, D. W., Veltman, A., Advanced electrical drives: Analysis, Modeling, Control, Springer, 2011, 462 p.</li> </ul>
Autres infos	Concernant les devoirs : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Des séances encadrées sont organisées chaque semaine dans une salle informatique.</li> <li>• Le logiciel utilisé est Matlab/Simulink.</li> </ul>
Faculté ou entité en charge:	ELME

<b>Programmes / formations proposant cette unité d'enseignement (UE)</b>				
Intitulé du programme	Sigle	Crédits	Prérequis	Acquis d'apprentissage
Master [120] : ingénieur civil électricien	ELEC2M	5		
Master [120] : ingénieur civil électromécanicien	ELME2M	5		
Master [120] : ingénieur civil en génie de l'énergie	NRGY2M	5		