

2EL6010 - Conception de systèmes embarqués critiques de contrôle-commande

Responsables : **Nabil SADOU**

Langues d'enseignement : **ANGLAIS**

Type de cours : **Electif 2A**

Campus où le cours est proposé : **CAMPUS DE RENNES**

Nombre d'heures d'études élèves (HEE) : **60**

Nombre d'heures présentielles d'enseignement (HPE) : **30**

Année académique : **2024-2025**

Catégorie d'électif : **Sciences fondamentales**

Niveau avancé : **oui**

Présentation, objectifs généraux du cours :

Les systèmes embarqués critiques de contrôle-commande se trouvent dans différents domaines industriels (usine 4.0, Avionique, Ferroviaire...) mais aussi dans notre vie quotidienne (domotique, automobile, médical...).

Ces systèmes, souvent critiques, sont soumis à des contraintes de robustesse, de sûreté de fonctionnement et de qualification. Ceci impose de faire appel à des méthodes de spécification qui, au-delà de l'optimisation du processus de conception, garantissent formellement le respect de l'ensemble des propriétés et plus particulièrement les propriétés de sûreté. Le développement de langages et outils certifiés permet de réduire considérablement les coûts de certification des projets en simplifiant la conception et en automatisant la vérification et la génération de code (qualifié/certifié par différentes normes).

L'objectif de cet électif est de former les étudiants aux méthodes de spécification de haut niveau et à la conception dirigée par les modèles en utilisant des méthodes/modèles formels adaptés aux systèmes critiques.

Les activités pédagogiques permettront de définir un modèle formel du comportement du système et de prendre en compte les exigences de sûreté. En effet, la traduction de ces exigences en termes de propriétés vérifiables permettra de faire la preuve du respect de ces dernières.

L'enseignement abordera la génération de code « certifié » et comment embarquer ce dernier sur une plateforme matérielle en prenant en compte les performances d'exécution (performances temporelles, dimensionnement...) Le dernier point concernera les phases d'intégration de vérification et de validation.

Période(s) du cours (n° de séquence ou hors séquence) :

SG6

Prérequis :

Représentations et analyse des modèles

Plan détaillé du cours (contenu) :

Introduction (systèmes critiques, norme de conception, de qualification, contrôle commande, cycle de développement...)

Modélisation dirigée par les modèles et transformation de modèle

Système temps réel

Modélisation système et spécification

Langage formels, langages synchrones,

Implémentation d'une application de contrôle de commande (Contrôle d'un système d'aiguillage de trains) (voir : <https://youtu.be/BxieOtRYb9U>)

Déroulement, organisation du cours :

Cours (12h), TD et TP (21h)

Organisation de l'évaluation :

examen écrit 1H (30%) et évaluation de projet (70%)

Moyens :

Cours. Projet.

Ce cours contient peu de cours magistraux. La grande partie du volume concerne le projet de conception d'un système de contrôle commande d'un réseau de chemin de fer qui servira pour la mise en œuvre des notions théoriques vues en cours.

Acquis d'apprentissage visés dans le cours :

A l'issue de ce module, les élèves seront capables

- à partir d'un cahier des charges, d'identifier les aspects temps réel d'une application, de la spécifier et proposer une solution de conception.
- de faire des choix de structuration logicielle et de mise en œuvre.
- d'évaluer l'impact de ces choix pour démontrer que le système respecte les différentes exigences et contraintes
- de mettre en œuvre des différentes étapes du cycle de développement
- de mettre en œuvre une démarche de conception dirigée par les modèles.
- de gérer un projet de conception
- de communication orale et écrite

Description des compétences acquises à l'issue du cours :

- identify the real time aspects of an application, specify it and propose a design solution is part of C1.1Examine a problem in full breadth and depth, within and beyond its immediate parameters, thus understanding it as a whole. This whole weaves the scientific, economic and social dimensions of the problem.
- propose software structures and implementation is part of C1.2Select, use and develop modelling scales, allowing for appropriate simplifying hypotheses to be formulated and applied

towards tackling a problem.

- conduct performance analysis to demonstrate that the system can successively meet the system constraints is part of 3.6 Evaluate the efficiency, feasibility and strength of the solutions offered.
- perform the different phases of the design cycle is part of C1.4 Design, detail and corroborate a whole or part of a complex system and 3.6 Conceive of, design, implement and authenticate complex software.
- use a model based design approach C6.3 Conceive of, design, implement and authenticate complex software.
- design project management is part of C8.1 Work collaboratively in a team.

Bibliographie :

M. Klein, "A Practitioners's Handbook for Real-Time Analysis : Guide to Rate Monotonic Analysis for Real-Time Systems", Kluwer Academic, Boston, 1993, ISBN 0-7923-9361-9.

Sanford Friedenthal , Alan Moore, Rick Steiner. « A Practical Guide to SysML, Second Edition: The Systems Modeling Language » (The MK/OMG Press), 2012

C. Bonnet et I. Demeure, "introduction aux systèmes temps réel", Hermes sciences. Paris 1999.

Richard Zurawski (Editor). Embedded Systems Handbook, Second Edition 2-Volume. June 25, 2009 by CRC Press Reference - 837 Pages - 225 B/W Illustrations ISBN 9781439807613