

### Bus de terrain

<b>Domaine</b>	Ingénierie et Architecture
<b>Filière</b>	Génie électrique
<b>Orientation</b>	Electronique embarquée et Mécatronique (EEM)
<b>Mode de formation</b>	Plein temps

### Informations générales

Nom	: Bus de terrain
Identifiant	: BusTer
Années académiques	: 2019-2020, 2020-2021, 2021-2022, 2022-2023, 2023-2024
Responsable	: François Birling
Charge de travail	: 150 heures d'études
Périodes encadrées	: 80 (= 60 heures)

Semestre	E1	S1	S2	E2	S3	S4	E3	S5	S6
Cours						32			
Laboratoire						48			

### Connaissances préalables recommandées

L'étudiant-e doit connaître et savoir utiliser les notions suivantes :

- Théorie des circuits linéaires;
- Systèmes logiques ;
- Langage de programmation C;
- Programmation de micro contrôleurs.

Les unités TCL (théorie des circuits linéaires), SysLog (bases de systèmes logiques), Info1-2 (analyse et programmation) et MicroInfo (microcontrôleurs et microinformatique) permettent d'acquérir ces connaissances.

### Objectifs

A l'issue de cette unité d'enseignement, l'étudiant-e sera capable de :

- Expliquer le principe de fonctionnement et de programmation de systèmes de commande de machines répandus ;
- Concevoir une machine d'état séquentielle pour programmer une séquence sur un automate programmable industriel.
- Déterminer les performances d'une solution automatisée en termes de latence et gigue.
- Expliquer les principes de télécommunications et les différences entre architectures centralisées et décentralisées.
- Expliquer les performances et limitations des supports physiques de télécommunication, et les choix techniques de différents protocoles de communication qui ont permis de contourner ces limitations.
- Expliquer les principes de fonctionnement du bus CAN et son arbitrage CSMA-CR.

- Définir la configuration des registres d'un contrôleur CAN à partir de la description des échanges de données nécessaires pour une application.
- Expliquer les principes de fonctionnement du réseau Internet et du protocole IP.
- Définir la configuration IP V4 et IP V6 d'adaptateurs réseau pour assurer un fonctionnement satisfaisant.
- Expliquer les caractéristiques des protocoles de transport UDP et TCP.
- Citer les fonctions de l'API socket et expliquer leur rôle dans la mise en oeuvre des protocoles UDP et TCP.
- Expliquer les principes de fonctionnement d'EtherCAT et son horloge distribuée et citer les caractéristiques et performances atteignables.

A l'issue des travaux pratiques en laboratoire, l'étudiant-e sera en outre capable de :

- Programmer une solution automatisée selon une approche cyclique, séquentielle et modulaire avec des automates programmables industriels et les langages IEC61131-3
- Mesurer et optimiser les performances d'une solution automatisée.
- Programmer sur une carte électronique à microcontrôleur une liaison CAN pour l'échange de valeurs d'entrées sorties selon un principe événementiel.
- Identifier et dépanner les causes de dysfonctionnement fréquentes perturbant le fonctionnement d'un bus de terrain, expliquer les phénomènes physiques à l'origine de ces problèmes et la façon de s'en prémunir ;
- Configurer un réseau TCP-IP/FastEthernet pour une utilisation industrielle (séparation du trafic de commande et bureautique) ;
- Programmer un protocole application sur UDP et TCP avec IPV4 et IPV6.
- Programmer le protocole industriel Modbus sur une carte à microcontrôleur et communiquer avec un automate programmable industriel.
- Installer et configurer un bus de terrain industriel répandu avec du matériel commercial;
- Mettre en oeuvre le bus de terrain EtherCAT et exploiter les performances de l'horloge distribuée pour la commande avec une gigue très faible (inférieure à 1 µs) d'un système.

## Contenu et formes d'enseignement

Répartition des périodes indiquée à titre informatif.

**Cours:** 32 périodes

- Introduction	2
- Architecture et programmation des systèmes automatisés industriels	4
- Principes de télécommunication illustrés autour du bus I2C	2
- Les communications sérielles asynchrones avec UART - Exemples de bus de terrain industriel	2
- Can, un bus série asynchrone performant pour l'automatisation	4
- Mise en oeuvre des protocoles réseau IP, UDP dans le contexte industriel	4
- Communication IP à haute performance avec Ethernet	4
- Le protocole TCP et les évolutions avec IP V6	2

- Un bus de terrain simple à implémenter : Modbus 2
- Automatisation à hautes performances avec EtherCAT 2
- Travaux écrits 4

**Laboratoire:** 48 périodes

- Pilotage d'une tête d'impression 3D avec un automate et les langages IEC-61131 6
- Mesure des performances de l'automate programmable 3
- Automatisation séquentielle 6
- Programmation d'une communication entre microcontrôleurs sur le bus CAN 9
- Développement d'une messagerie instantanée sur UDP 9
- Protocole Modbus sur automate programmable et implémentation sur microcontrôleur 9
- Mise en oeuvre d'EtherCAT et de l'horloge distribuée 6

### Bibliographie

- Karl-Heinz John, IEC 61131-3: Programming Industrial Automation Systems, 2010
- Sunit Kumar Sen, Fieldbus and Networking in Process Automation, 2014
- Marco Di Natale, Understanding and Using the Controller Area Network Communication Protocol: Theory and Practice, 2012
- W. Richard Stevens, TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols, 2011
- Jon C. Snader, Effective TCP/IP Programming: 44 Tips to Improve Your Network Programs, 2000
- Jun-Ichiro-Itoju Hagino, IP V6 Network Programming, 2004

### Contrôle de connaissances

**Cours :** L'acquisition des matières de cet enseignement sera contrôlée au fur et à mesure par des tests et des travaux personnels tout au long de son déroulement. il y aura au moins 2 tests d'une durée totale de 2 périodes

**Laboratoire :** ils seront évalués sur la base des rapports de manipulation ou de tests d'acceptation des solutions développées, à 3 reprises au minimum

### Calcul de la note finale

Note finale = moyenne cours x 0.5 + moyenne laboratoire x 0.5