



Schola Europaea
Bureau du Secrétaire général
Unité Développement Pédagogique

Ref.: 2018-02-D-35-fr-2

Orig.: FR



Laboratoire d'électronique – Cours complémentaire (S6-S7)

Approuvé par le Comité pédagogique mixte par la voie de la Procédure écrite
PE 2018/11 en date du 8 mars 2018

Entrée en vigueur le 1^{er} septembre 2018 pour S6

le 1^{er} septembre 2019 pour S7

Descripteurs de niveaux atteints : le 1^{er} septembre 2019 pour S6

le 1^{er} septembre 2020 pour S7

1. Objectifs généraux des Ecoles européennes

Les Ecoles européennes ont pour double mission d'offrir une éducation formelle et de promouvoir le développement personnel des élèves dans un cadre socioculturel élargi. La formation de base porte sur l'acquisition de compétences – savoirs, savoir-faire et attitudes – dans une série de domaines. Quant à l'épanouissement personnel, il se réalise dans toute une série de contextes d'ordre intellectuel, moral, social et culturel. Il suppose, de la part des élèves, la conscience des comportements appropriés, la compréhension de leur cadre de vie et la construction de leur identité personnelle.

La réalisation de ces deux objectifs s'appuie sur une sensibilisation grandissante aux richesses de la culture européenne. La conscience et l'expérience d'une existence européenne partagée devraient amener les élèves à respecter davantage les traditions de chaque pays et région d'Europe tout en développant et en préservant leur identité nationale propre.

Les élèves des Ecoles Européennes sont de futurs citoyens de l'Europe et du monde. En tant que tels, ils ont besoin d'un éventail de compétences clefs pour être capables de relever les défis d'un monde en mutation permanente. En 2006, le Conseil de l'Europe et le Parlement européen ont approuvé le Cadre européen des compétences clés pour l'apprentissage tout au long de la vie. Celui-ci identifie huit compétences clés dont tous les individus ont besoin pour se réaliser et s'épanouir personnellement, être des citoyens actifs, s'intégrer dans la société et occuper un emploi :

- 1. la communication dans la langue maternelle*
- 2. la communication en langues étrangères*
- 3. la compétence mathématique et les compétences de base en sciences et technologies*
- 4. la compétence numérique*
- 5. apprendre à apprendre*
- 6. les compétences sociales et civiques*
- 7. l'esprit d'initiative et d'entreprise*
- 8. la sensibilité et l'expression culturelles*

Les programmes de matière des Ecoles Européennes cherchent à développer chez les élèves toutes ces compétences clefs.

2. Principes didactiques

L'objectif général de ce cours est de développer les compétences, les connaissances et la compréhension nécessaires à la réalisation de projets, de recherches et d'investigations pratiques. Le cours mettra l'accent sur les principes et la pratique de la science d'investigation ainsi que de sa communication.

La conduite de projets fournira l'occasion de développer des compétences de planification et d'organisation. Les étudiants se pencheront sur des questions de recherche et appliqueront des compétences qui développeront leurs connaissances scientifiques.

Le cours couvre des domaines-clés tels que les principes et méthodes scientifiques, l'expérimentation et l'évaluation critique dans le domaine de la recherche scientifique.

A travers ce cours, les étudiants renforceront des compétences importantes en science comme le développement de la pensée scientifique et de l'esprit analytique. Ces compétences leur permettront, entre autres, de manifester une vision informée et éthique de questions complexes.

Les étudiants seront également en mesure de développer leurs communications écrite et orale, leur capacité de travail en groupe et d'exercer leur esprit critique dans des contextes nouveaux et inconnus lors de la résolution de problèmes. Cela leur permettra de devenir des citoyens lettrés dans le domaine scientifique, capables de prendre des décisions rationnelles.

L'ordre, la nature et le nombre de projets ne sont pas fixés car il existe de nombreuses situations à considérer telles que la disponibilité d'équipement et de matériel.

Comme le travail en laboratoire nécessite un temps considérable, le cours de laboratoire doit être planifié sur deux périodes de cours consécutives.

3. Objectifs d'apprentissage

A la fin de la septième année, les étudiants devraient pouvoir

- utiliser les connaissances scientifiques pour analyser les problèmes et les appliquer à de nouvelles situations ;
- traiter et analyser, qualitativement et quantitativement, l'information et les données scientifiques provenant de diverses sources, y compris les publications scientifiques et les données techniques ;
- planifier et concevoir des expériences/projets, en utilisant des informations de référence ;
- analyser différents types de graphiques ;
- tirer des conclusions valables et donner des explications soutenues par des justifications ;
- communiquer clairement, en utilisant le vocabulaire scientifique adéquat ;
- démontrer de très bonnes aptitudes de présentation ;
- travailler en équipe de façon constructive.

4. Contenus

Deux sujets sont proposés. Les professeurs choisiront l'un d'entre eux en fonction du matériel expérimental disponible dans leur école. Ces thèmes doivent faire l'objet d'expériences/projets tant en S6 qu'en S7.

Sujet 1: MICROELECTRONIQUE-Electronique digitale et analogique

Le contenu de ce cours est basé sur la pratique aux travers d'une grande quantité d'expériences réalisées par l'étudiant, surtout en deuxième partie de sixième année et en septième année.

Les propriétés fondamentales des PORTES LOGIQUES et leur inclusion dans des circuits fournissent des "solutions logiques" pour des problèmes pratiques de la vie quotidienne comme, par exemple, le remplissage d'eau d'une machine à laver, puis le chauffage de cette eau et le début du cycle de lavage.

Un autre exemple simple serait l'activation d'une alarme anti-intrusion quand une fenêtre ou une porte sont ouvertes ou lors de la rupture d'un faisceau, ou encore si une pression est exercée sur un capteur placé sous un tapis.

La possibilité de réaliser toute porte logique en combinant des portes NAND ou NOR est vérifiée et justifie la réduction de tout circuit logique en une combinaison d'un seul type de portes. La simplification plus avancée d'expressions logiques est étudiée grâce à l'algèbre de Boole. Tout ceci constitue le contenu du premier semestre de S6.

Le second semestre est dévolu à l'étude détaillée de la logique séquentielle, en commençant par les bascules synchrones RS, activées par un front montant ou descendant, faites de portes NAND et NOR couplées. Des applications telles que "l'anti-rebondissement" d'un interrupteur sont étudiées. Puis s'ensuit une extension aux bascules de type D et T qui permet de comprendre les registres à décalages (verrous) et les compteurs.

Lors de la deuxième partie de ce cours (S7), des systèmes logiques (faibles courants) sont utilisés pour contrôler des transistors et des relais via différents capteurs physiques (de luminosité, de température, d'humidité,...). Ceci permet le contrôle de dispositifs opérant avec de forts courants : un exemple pourrait inclure l'allumage du chauffage d'une serre la nuit si la température descend en dessous d'un seuil fixé; une simulation beaucoup plus complexe et qui représente un défi stimulant serait de concevoir un circuit qui simule un essuie-glace de voiture intermittent avec un délai variable. Il démarre automatiquement en cas de pluie.

Dans toutes ces simulations une approche modulaire est recommandée pour faciliter la conception des circuits. D'abord les cartes d'entrée (capteurs physiques tels que température, luminosité, humidité), puis les unités de traitements (transistors, verrous, retardateurs et compteurs) et finalement les modules de sortie (moteurs, buzzers, lumières et solénoïdes) seront étudiées individuellement; leurs paramètres de fonctionnement seront stockés sous forme de tables. Celles-ci fourniront ensuite le point de départ pour la conception et la construction de circuits de simulations.

L'étude se poursuit par les systèmes analogiques. Le plus fondamental est l'AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL qui sera étudié en détail; notamment sa fonction de contrôle, par exemple dans le cas où il s'agit de contrôler proportionnellement la puissance d'une lampe en fonction de la luminosité ambiante. Un autre exemple est le contrôle de position d'un servomoteur.

S6

THEMES	CONTENUS
Circuits à interrupteurs Portes logiques	Comparaison d'un interrupteur (ouvert/fermé) avec les niveaux logiques (0 ou 1) Le niveau logique 0 correspond à la tension 0V et le niveau 1 correspond à la tension 5V Type de portes : NOT, AND, OR, NAND, NOR Symboles des portes (traditionnelles et IEC) Exemples de circuits à portes logiques (combinaisons de portes) Combinaison d'interrupteurs, diagramme logique équivalent et tables de vérité : conception et construction Equations logiques pour les combinaisons de portes Diagramme logique Equivalence de circuits logiques (via leur table de vérité) Equations logiques à partir de la table de vérité (simplifiable) Toute porte logique peut être obtenue à partir d'un seul type de porte (NAND habituellement), prouvé par l'algèbre de Boole Applications au quotidien (alarme anti-intrusion, machine à café, interrupteurs va-et-vient,...), simulation pratique Circuits logiques = courants faibles, incapables de contrôler des modules externes en courants forts d'où le besoin d'amplification (transistor)
Concepts de base des diodes et transistors	Circuits simples démontrant les propriétés des diodes et transistors
Algèbre de Boole	Règles fondamentales; lois de de Morgan Simplification des circuits logiques (à partir de l'équation logique) pour produire un circuit équivalent utilisant moins de portes

THEMES	CONTENUS
Circuits à logique séquentielle (bascules ou bistables)	<p>Bascules RS basiques (portes NAND ou NOR couplées)</p> <p>Rebond d'un contact; application important des bascules RS comme filtre "anti-rebondissement" d'un interrupteur</p> <p>Développement de bascule RS pour obtenir une bascule de type D utilisée comme un registre à décalage (transfert de l'information de l'entrée D à la sortie Q au front d'horloge) : déclenchement au front montant ou descendant</p> <p>Bascule de type D convertie en type T : se comporte comme un compteur binaire et diviseur de fréquence</p> <p>Applications : retardateur, mesure précise de courts intervalles de temps</p>
Capteur dans des circuits diviseurs de tension	<p>Chaleur, lumière, son. Charge et décharge d'un condensateur pour introduire un délai</p>

THEMES	CONTENUS
Contrôle automatique	<p>Capteurs connectés à un circuit de traitement et à un module de sortie avec ou sans système logique</p> <p>Module de traitement (transistor seul ou utilisé pour activer un relais)</p> <p>Sortie (activation d'un système d'alerte visuel ou sonore, mouvement réalisé grâce à un solénoïde ou un moteur)</p> <p>Beaucoup d'applications possibles</p> <p>Utilisation d'un comparateur (si la tension générée par le capteur ne change que graduellement)</p>
Amplificateur opérationnel	<p>Montages pratique de l'amplificateur opérationnel : amplificateur inverseur/non-inverseur, amplificateur différentiel, additionneur, soustracteur, dérivateur, intégrateur</p> <p>Importance de la contre-réaction</p> <p>Utilisation de l'intégrateur pour résoudre des équations différentielles et simulation, par exemple, d'une décroissance radioactive, oscillation harmonique simple avec ou sans amortissement,...</p> <p>Amplificateur opérationnel comme comparateur</p> <p>Contrôle de position d'un servomoteur</p> <p>Conversion analogique vers digital et digital vers analogique</p>

Sujet 2 : Electronique – Robotique

Ce cours est basé sur la découverte de « l'informatique physique » par la pratique, aux travers de nombreux projets à réaliser par les étudiants.

Il y a donc une grande part de programmation (soit C, C++ ou python ou autre selon le choix de la plateforme) et une part moindre mais tout de même essentiel d'électronique.

Les étudiants doivent découvrir les capteurs digitaux et analogiques pour mesurer la température, la luminosité, la distance, ... Puis ils doivent être capable de traiter ces informations pour activer des actionneurs (moteurs, servomoteurs, solénoïdes, relais, ...) en conséquence. Un exemple serait d'utiliser un capteur de distance sur un robot (une plateforme sur roues avec des moteurs) pour éviter des obstacles, ou réaliser un robot suiveur de ligne par contraste (capteurs de réflectivité du sol), ...

Ils devront aussi apprendre à faire communiquer leurs montages ; soit sur de courtes distances via des communications série, ou encore via internet et une plateforme sur le cloud (un serveur MQTT par exemple). Ils doivent donc acquérir de bonnes bases en programmation en les appliquant à des réalisations pratiques qui, dans la deuxième année pourraient déboucher sur des réalisations dans le domaine de l'Internet Des Objets.

Ils devront aussi acquérir une bonne capacité d'analyse critique pour être capable de mettre au point leurs projets, les améliorer aussi.

THEMES	CONTENUS
RUDIMENTS D'ELECTRONIQUE	<ul style="list-style-type: none"> - Composants passifs : résistance, condensateur, inductance - Circuits simples, résistances en pull-up/pull-down - Composants actifs : diode/led, transistor (bipolaire/mosfet) - Portes logiques - Mesures : multimètre, oscilloscope
INFORMATIQUE PHYSIQUE SUR ORDINATEUR AVEC SYSTEME D'EXPLOITATION OU MICROCONTROLEUR	<ul style="list-style-type: none"> - Principes généraux (ports E/S) - Manipulation du système d'exploitation - Rudiments de programmation en C ou Python (variables, boucles, tests) - Réalisations de circuits simples contrôlés par programme
CAPTEURS ACTIONNEURS	<ul style="list-style-type: none"> - Description et utilisation simple de différents types de capteurs (interrupteur, capteur de distance, de lumière, accéléromètre, gyroscope,...) - Description et utilisation simple de moteurs (moteur CC, servo-moteur, moteur pas-à-pas) - Filtrage sommaire (moyenne, « antirebondissement »)

THEMES	CONTENUS
TRAVAIL COLLABORATIF EN ENVIRONNEMENT LIBRE/OPEN SOURCE	Un des trois sujets suivants : - Outil de gestion de version (git,...) - Outil de conception de circuits électroniques voire circuits imprimés - Réalisation d' « instructables » : description de toutes les étapes de la réalisation d'un projet (texte, images/vidéos)
COMMUNICATION-RESEAUX	- Communication série (liaison série, IIC, SPI) - Communication Bluetooth (smartphone,...) - Réseau TCP/IP - Utilisation de services de données Cloud (MQTT ou plateformes « Internet Des Objets »)
ROBOTIQUE	- Réalisation de projets de difficultés croissantes : Robot suiveur de ligne Bras robotisé Robot contrôlé par bluetooth /wifi Evitement d'obstacle Itinéraires utilisant un GPS Cartographie d'une pièce

5. Evaluation

L'évaluation peut reposer sur le niveau de participation, les rapports établis par l'étudiant, les projets et les présentations / compétences en communication.

Les tests écrits formels de longue durée ne doivent pas être utilisés pour l'évaluation des étudiants.

5.1 Activités d'évaluation suggérées pour les notes A et B

5.1.1 Une note A est attribuée pour chaque semestre et doit prendre en compte les éléments suivants :

- Observation des élèves durant les activités pratiques :
 - Participation en classe : compétences individuelles et collaboratives
 - Attention à la sécurité
 - Utilisation avec précaution du matériel

- Les rapports écrits indiqueront
 - Objectifs / hypothèses
 - Procédures / méthodes
 - Résultats dans un format approprié
 - Conclusions appropriées

- Capacités de présentations orales et/ou écrites

5.1.2 Une note B est attribuée pour chaque semestre et devrait se baser sur la réalisation d'un projet avec élaboration d'un bref rapport écrit (deux périodes de cours).

5.2 Descripteurs de niveaux atteints

	A	B	C	D	E	F	FX
	9,0 - 10 Excellent	8,0 - 8,9 Très bon	7,0 - 7,9 Bon	6,0 - 6,9 Satisfaisant	5,0 - 5,9 Suffisant	3,0 - 4,9 Insuffisant/Echec	0 - 2,9 Très insuffisant/ Echec
Travail expérimental	Réalise de manière complètement autonome un montage expérimental en adéquation avec un protocole en étant attentif aux règles de sécurité	Réalise de manière autonome un montage expérimental en adéquation avec un protocole en étant attentif aux règles de sécurité	Réalise un montage expérimental en adéquation avec un protocole en étant attentif aux règles de sécurité	Nécessite une aide pour réaliser un montage expérimental en adéquation avec un protocole en étant attentif aux règles de sécurité	Nécessite une aide constante pour réaliser un montage expérimental en adéquation avec un protocole	A des difficultés pour respecter un protocole	Ne peut suivre un protocole
Analyse	Analyse des données de façon détaillée et critique pour améliorer le fonctionnement des montages	Analyse des données de façon détaillée pour améliorer le fonctionnement des montages	Analyse des données en comprenant les concepts mis en jeu	Analyse et explique de manière rudimentaire des données en comprenant les concepts mis en jeu	Démontre certaines capacités à utiliser les données en comprenant, de manière limitée, les concepts mis en jeu	Incapable d'utiliser des données sans une aide considérable et comprend de manière limitée quelques concepts	Ne sait pas utiliser les données de manière adéquate et montre une très faible compréhension des concepts
Communication (orale et écrite)	Communique de manière logique et concise en utilisant la terminologie adéquate. Excelle dans la présentation de ses travaux	Communique de manière claire en utilisant le vocabulaire scientifique adapté. Présente très bien ses travaux	Communique clairement la plupart du temps en utilisant le vocabulaire scientifique adapté. Présente bien ses travaux	Utilise un vocabulaire scientifique de base et la rédaction a une structure assez satisfaisante. Présente ses travaux de manière satisfaisante	Utilise un vocabulaire scientifique de base bien que la rédaction puisse manquer de structure ou de clarté. Présente de manière acceptable ses travaux	Rédige de manière insuffisante ou incomplète en utilisant un vocabulaire scientifique pauvre. Présente ses travaux de manière insuffisante	Ne sait pas communiquer des informations scientifiques à l'écrit ou oralement

Travail en groupe	Prend des initiatives et possède un esprit d'équipe constructif	Possède un esprit d'équipe constructif	Possède un bon esprit d'équipe	Participe de manière satisfaisante au travail d'équipe	Peut travailler en équipe	Nécessite une assistance lors d'un travail d'équipe	Incapable de travailler en équipe
--------------------------	---	--	--------------------------------	--	---------------------------	---	-----------------------------------

6. Appendice

Appendice 1. Exemples de cours/projets.

Réalisation d'une souris :

On utilise les capacités d'un microcontrôleur à se « faire passer » pour une souris pour le PC auquel il est connecté.

Ensuite les mouvements de souris seront contrôlés par un joystick par exemple.

Communication série :

On relie les ports séries de deux microcontrôleurs (en croisant les broches RX/TX)

Le but de la session est d'allumer la led d'un microcontrôleur en appuyant sur le bouton de l'autre ; pour ce faire il faudra inventer un « protocole » de communication pour qu'ils se comprennent (très simple, quelques caractères échangés suffisent).

Communication Bluetooth :

On contrôle un montage à base de microcontrôleur (cela peut-être l'allumage de leds ou le contrôle des servomoteurs d'un bras robotisé ou diriger un robot,...) à partir d'un smartphone. Là encore il faudra inventer un protocole pour que le smartphone et le microcontrôleur puissent communiquer.

Robot suiveur de ligne :

Le but de la session est qu'un robot (plateforme avec trois roues et deux moteurs contrôlés par le microcontrôleur) suive une ligne tracée sur le sol de façon autonome. Les capteurs utilisés ici mesurent la réflectivité du sol (il faut donc un sol clair et une ligne foncée ou l'inverse), et contrôlent en fonction la vitesse des moteurs.