

## **MT2 : Microtechniques 2e année**

*Cliquez sur le lien pour aller sur la description du module désiré:*

- **MT\_20 Sciences de l'ingénieur 3**
- **MT\_21 Sciences de l'ingénieur 4**
- **MT\_22 Systèmes électroniques 1**
- **MT\_23 Systèmes électroniques 2**
- **MT\_24 Systèmes microtechniques 1**
- **MT\_25 Systèmes microtechniques 2**
- **MT\_26 Projet & Université d'été**
- **MT\_27 Option ingénieur en horlogerie**
- **MT\_28 Option ingénieur en électronique**
- **MT\_29 Option ingénieur de recherche**



Ce module est non remédiable.

En cas de contestation du résultat d'une évaluation, celle-ci devra être faite directement auprès du professeur concerné, au plus tard 2 semaines après le rendu de l'évaluation (hors vacances).

## 5. Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules, voir le « Règlement d'études ».

Détail des pré-requis : avoir validé

- MT\_11 Mathématiques et informatique
- MT\_12 Conception mécanique
- MT\_13 Conception électrique
- MT\_14 Projet et méthodes

**Unité de cours : MT\_201 – Mathématiques 3 (MTH3)****Objectifs d'apprentissage**

Développer les outils et techniques mathématiques fondamentales à l'art de l'ingénieur.

**Contenus**

- Équations différentielles linéaires du premier et du second ordre, systèmes différentiels linéaires du premier ordre,
- Fonctions de plusieurs variables, dérivées partielles, différentielle,
- Transformées de Laplace et exemples d'application,
- Séries de Fourier, Transformées de Fourier, Initiation à la théorie des distributions (Dirac).

**Répartition horaire**

Enseignement :  heures (64 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  Heures

Total :  heures de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

Contrôle continu : évaluations écrites, présentations orales et/ou rapports écrits.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références bibliographiques**

- Aide Mémoire de Mathématiques pour les Sciences de l'Ingénieur ; D. Fredon, Dunod ,
- Fonctions de plusieurs variables : Déborah Hugues-Halett, Chenelière Éditions,
- Analyse Vectorielle, Murray R. Spiegel, Série Schaum.
- Équations différentielles et Transformée de Laplace : Réal Gélinas, Éditions SMG,
- Analyse de Fourier et Applications, Claude Gasquet, Dunod,
- La théorie des distributions et ses applications, J. Dupraz, ENSTA, Cepadues-Éditions.

**Responsable de l'enseignement**

M. Roland Rozsnyo ([roland.rozsnyo@hesge.ch](mailto:roland.rozsnyo@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_202 – Physique 3 (PHY3)****Objectifs**

Former et acquérir les connaissances en physique générale nécessaires aux applications de l'ingénieur en microtechniques.  
Pratique des méthodes mathématiques de l'ingénieur.

*Travaux en laboratoire*

Acquisition de la méthode de travail scientifique.  
Vérification des lois fondamentales et méthodologie de la mesure.

**Contenus****Oscillateurs libres et forcés :**

- sans perte d'énergie et avec dissipation d'énergie,
- oscillations libres à 1 et 2 degrés de liberté,
- excitation harmonique et solution stationnaire,
- résonance de position; de puissance, méthodes des amplitudes complexes,
- oscillations forcées à 1 et 2 degrés de liberté.

**Phénomènes ondulatoires :**

- onde indéformable à une dimension,
- équation de D'Alembert 1D, ondes harmoniques, ondes sinusoïdales,
- ondes indéformables mécaniques (corde tendue, barreau solide, ondes dans un fluide),
- ondes indéformables sur une ligne électrique idéale (célérité & impédance de la ligne électrique),
- réflexion et transmission d'ondes,
- solutions stationnaires de l'équation de d'Alembert.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="48"/>	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="58"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="106"/>	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu : évaluations écrites, présentations orales et/ou rapports écrits.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références & Bibliographie**

- *Benson Physique 1. Mécanique, De Boeck*
- *E. Hecht "Physique", De Boeck Université,*
- *Benson Physique 1, 2, 3 Mécanique, électricité & physique moderne : De Boeck ,*
- *Michel del Pedro : Mécanique vibratoire, Presses polytechniques romandes,*
- *Berkley, cours de physique volume 3 : Ondes, édition Armand Colin.*

**Responsables de l'enseignement**

M. Romain Boulandet ([romain.boulandet@hesge.ch](mailto:romain.boulandet@hesge.ch))  
M. Jérôme Extermann ([jerome.extermann@hesge.ch](mailto:jerome.extermann@hesge.ch))



Ce module est non remédiable.

En cas de contestation du résultat d'une évaluation, celle-ci devra être faite directement auprès du professeur concerné, au plus tard 2 semaines après le rendu de l'évaluation (hors vacances).

## 5. Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules, voir le « Règlement d'études ».

Détail des pré-requis : avoir validé	MT_11 Mathématiques et informatique
	MT_12 Conception mécanique
	MT_13 Conception électrique
	MT_14 Projet et méthodes
avoir suivi	MT_20 Sciences de l'ingénieur 3

**Unité de cours : MT\_211 – Mathématiques 4 (MTH4)****Objectifs d'apprentissage**

Développer les outils et techniques mathématiques fondamentales à l'art de l'ingénieur.

**Contenus**

- Algèbre linéaire : espaces vectoriels, systèmes de vecteurs, applications linéaires, matrices, déterminants, diagonalisation et leurs applications à l'ingénierie.

**Répartition horaire**

Enseignement :  heures (32 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  Heures

Total :  heures de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

Contrôle continu : évaluations écrites, présentations orales et/ou rapports écrits.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références bibliographiques**

- Aide-Mémoire de Mathématiques pour les Sciences de l'Ingénieur ; D. Fredon, Dunod,
- Algèbre Linéaire : Théorie, Exercices & Applications, David-C Lay, De Boeck,
- Les Matrices, Théorie et Pratique, Denis Serre, Dunod.

**Responsable de l'enseignement**

M. Roland Rozsnyo ([roland.rozsnyo@hesge.ch](mailto:roland.rozsnyo@hesge.ch))

## Unité de cours : MT\_212 – Physique 4 (PHY4)

**Objectifs**

Former et acquérir les connaissances en physique générale nécessaires aux applications de l'ingénieur en microtechniques.  
Pratique des méthodes mathématiques de l'ingénieur.

*Travaux en laboratoire*

Acquisition de la méthode de travail scientifique.  
Vérification des lois fondamentales et méthodologie de la mesure.

**Contenus****Ondes électromagnétiques (OEM):**

- historique et rappel des équations de Maxwell, dérivation de l'équation d'onde OEM,
- OEM planes dans le vide, polarisation, impédance d'onde,
- OEM sphériques & conservation de l'énergie,
- introduction à la production du champ électromagnétique (rayonnement du dipôle, antennes demi-onde),
- principe de Huygens, phénomènes d'interférences et de diffraction.

**Optique géométrique :**

- principe de Fermat et Optique géométrique,
- application : loi de la réflexion et miroirs,
- application : Loi de la réfraction, lentilles, combinaisons de lentilles,
- introduction à l'optique matricielle
- introduction à l'optique ondulatoire
- applications: l'Œil & instruments: Loupe. Microscope, télescope.
- introduction aux aberrations géométriques et chromatiques

**Répartition horaire**

Enseignement :	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	68	heures	
Total :	116	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu : évaluations écrites, présentations orales et/ou rapports écrits.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références & Bibliographie**

- *Benson Physique 1. Mécanique, De Boeck*
- *E. Hecht "Physique", De Boeck Université,*
- *Benson Physique 1, 2, 3 Mécanique, électricité & physique moderne : De Boeck ,*
- *Michel del Pedro : Mécanique vibratoire, Presses polytechniques romandes,*
- *Berkley, cours de physique volume 3 : Ondes, édition Armand Colin.*
- *Perez et al. Electromagnétisme : Fondements et applications, Dunod.*
- *Perez Optique : Fondements et applications, Dunod.*

**Responsables de l'enseignement**

M. Romain Boulandet ([romain.boulandet@hesge.ch](mailto:romain.boulandet@hesge.ch))  
M. Jérôme Extermann ([jerome.extermann@hesge.ch](mailto:jerome.extermann@hesge.ch))

## Descriptif de module : MT\_22 Systèmes électroniques 1

Filière : Microtechniques, degré 2

La description de ce module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des cours le constituant. Ces conditions peuvent être modifiées ou renouvelées d'année en année mais restent inchangées durant l'année académique en cours.

### 1. Module : MT\_22 Systèmes électroniques 1 (10 ECTS)

2023-2024

Type de formation :  Bachelor  Master

Type de module :  Obligatoire  A choix  Additionnel

Niveau du module :  Basic level course  Intermediate level course  
 Advanced level course  Specialized level course

Langue : Français | Semestre de référence : S3 | Responsable du module : **Michel Lauria**

### 2. Objectifs d'apprentissage

À la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- Modéliser un système linéaire
- Évaluer les caractéristiques et les réponses temporelles d'un système linéaire.
- Simuler un système continu linéaire avec des outils informatiques (*Python, Matlab, Dymola*)
- Comprendre les systèmes électroniques analogiques et numériques fondamentaux ;
- Connaître et mettre en œuvre le conditionnement de signaux analogiques ;
- Appliquer les différentes méthodes de résolution sur des circuits électrotechniques en régime variable ;
- Analyser des circuits électriques compliqués par différents types de méthodes ;
- Expliquer les fonctionnements de base de systèmes triphasés ainsi que celui de quelques types d'entraînements électriques ;
- Comprendre les bases d'un système informatique embarqué à microcontrôleur ;
- Mettre en œuvre les composants de base des systèmes numériques tels qu'un microprocesseur, de la mémoire, des interfaces programmables, la programmation de base en C et quelques notions d'assembleur ;
- Interfacer des actionneurs, des capteurs odométriques, une caméra linéaire, des capteurs de distance.

### 3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne
Electronique 3 (ELC3) – MT_221	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	16p.*
Electrotechnique 2 (TDC2) – MT_222	Obligatoire	24p.*
TP & Projet	Obligatoire	8p.*
Architecture et programmation des microcontrôleurs 1 (APM1) – MT_223	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	32p.*
Signaux et systèmes continus (SYC) – MT_224	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	32p.*

*\*Indications en périodes d'enseignement de 45 min.*

Répartition horaire :	Enseignement :	156	heures	
	Travail autonome :	144	heures	
	Total :	300	heures	équivalent à 10 ECTS

#### 4. Modalités d'évaluation et de validation

##### Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le « Règlement d'études ».

Coefficients de calcul de la note déterminante du module:

MT\_221 – ELC3 = 25%

MT\_222 – TDC2 = 15%

MT\_223 – APM1 = 30%

MT\_224 – SYC = 30%

Toutes les unités de cours doivent avoir au minimum la note de 3.0 pour valider le module.

Ce module est non remédiable.

En cas de contestation du résultat d'une évaluation, celle-ci devra être faite directement auprès du professeur concerné, au plus tard 2 semaines après le rendu de l'évaluation (hors vacances).

#### 5. Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le « Règlement d'études ».

Détail des pré-requis : avoir suivi MT\_11 Mathématiques et informatique  
avoir validé MT\_13 Conception électrique

**Unité de cours : MT\_221 – Electronique 3 (ELC3)****Objectifs**

Ce cours apporte les bases qui permettront à l'étudiant de comprendre les montages électroniques les plus courants, la plupart utilisant des amplificateurs opérationnels. Il sera en mesure de dialoguer avec un spécialiste en électronique ainsi que de concevoir des circuits élémentaires.

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

- analyser et concevoir des circuits comprenant des amplificateurs opérationnels (AO) ;
- connaître les principales limitations des AO réels ;
- analyser et concevoir des filtres passifs et actifs du premier et second ordre ;
- connaître les principaux types de références de tension et alimentations linéaires et les mettre en oeuvre ;
- calculer le dimensionnement thermique (statique) d'une alimentation linéaire ;
- réaliser des montages pratiques et fonctionnels par le moyen des laboratoires ;
- maîtriser l'usage des principaux instruments de mesures en basse fréquence (< 1 MHz).

**Travaux en laboratoire :**

Les expériences de laboratoire sont étroitement liées à la matière du cours et en facilitent l'assimilation. Elles ont aussi pour but de donner à l'étudiant une certaine aisance avec l'usage des instruments de mesures de base, ainsi que d'en connaître les principales limitations.

Les travaux de laboratoire permettent également à l'étudiant de réaliser un montage en suivant une fiche technique et d'acquérir les fondements pour le dépannage.

Uniquement pour le second semestre, en fonction de l'avancement de la mise en place d'un nouveau concept en collaboration avec SNU, il est éventuellement prévu de concevoir une carte par étapes. Elle réalisera les fonctions de base classiques de l'électronique analogique (par exemple amplification et filtrage). Cette carte permettra d'interfacer un capteur. Cette mesure sera ensuite exploitée par SNU (par exemple sous la forme d'une conversion analogique-numérique). L'ensemble des labos d'électronique et de système numérique permettra de réaliser un système complet et donner une vision globale du conditionnement et du traitement d'un capteur.

**Contenus****Premier Semestre**

Rappel base d'analyse des circuits :

- Principe de superposition, Thévenin, Norton
- Réponse temporelle
- Régime sinusoïdal

Montages de base avec AO idéal :

- Amplificateurs, intégrateurs, différentiateurs, etc.

Limitations des AO réels :

- Tension d'offset et courants d'entrées ;
- Effet du gain fini ;
- Impédances d'entrée et de sortie ;
- Plages d'entrée et de sortie, limites liées à l'alimentation ;
- Comportement fréquentiel, slew rate ;
- Utilisation des fiches techniques.

Montages non linéaires :

- Limiteurs, redresseurs ;
- Détecteurs de crête ;

**Deuxième semestre**

Amplificateurs différentiels :

- Amplificateurs d'instrumentation ;
- Applications.

Filtres :

- Réponse fréquentielle, diagrammes de Bode ;
- Filtres du 2<sup>ème</sup> ordre, circuits RLC ;
- Filtres actifs élémentaires ;
- Filtres d'ordre plus élevé, caractéristiques de Butterworth

Alimentations linéaires :

- Références de tension ;
- Régulateurs linéaires de tension ;
- Dimensionnement thermique ;

- Notions des critères de stabilité.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="36"/>	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="40"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="76"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu avec :
- Evaluations écrites
  - Rapports écrits de travaux

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Support de cours**

- Polycopié : Chapitres tirés du Polycopié « Electronique I et II » par le Prof. Maher Kayal, EPFL.
- Présentations *Powerpoint* tirées du cours « Electronique » par André Decurnex, EPFL.
- Polycopiés : Electronique 3, parties 1 et 2, filière microtechnique, N.Giandomenico

**Référence & Bibliographie**

- En français : Traité de l'électronique, analogique et numérique, volume 1 : techniques analogiques par Paul Horowitz & Winfield Hill, éditeur Elektor, ISBN : 2-86661-070-9/ catalogue 023975
- En français : Traité d'électricité, électronique par Jean-Daniel Chatelain et Roger Dessoulavy, Presses polytechniques romandes vol VIII, ISBN 2-88074-048-7
- En anglais : The art of electronics par Paul Horowitz & Winfield Hill, Cambridge university press, ISBN 0-521-37095-7

**Responsables de l'enseignement**

M. Nicola Giandomenico ([nicola.giandomenico@hesge.ch](mailto:nicola.giandomenico@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_222 – Electrotechnique 2 (TDC2)****Objectifs d'apprentissage**

Appliquer les différentes méthodes de résolution sur des circuits électrotechniques en régime variable.  
Expliquer les fonctionnements de base de systèmes triphasés ainsi que celui de quelques types d'entraînements électriques.

Mesurer et analyser des montages de base en électrotechnique.

**Contenus**

Circuits en régime sinusoïdal :

- Rappels sur les phaseurs ;
- puissances : active, réactive, apparente, complexe ;
- optimisation du transfert de puissance vers une charge réactive ;

Transformateurs monophasés à vide :

- rappels d'électromagnétisme ;
- principe de fonctionnement ;
- régimes de fonctionnement ;
- identification des pertes.

Systèmes triphasés équilibrés :

- principe et avantages ;
- génération d'un champ tournant ;
- mesures de puissances (en laboratoire).

Entraînements électriques :

- généralités ;
- machines DC, synchrone, BLDC, pas à pas.

Grandeurs dimensionnantes : tension, courant dans les convertisseurs électriques et électromécaniques.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="16"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="40"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

Le cours a lieu sous forme de classe inversée : chaque semaine, les étudiants préparent le cours chez eux à l'aide du polycopié distribué. Ils peuvent remplir un aide-mémoire sous forme d'une fiche A5 par séance fournie par le professeur. Au cours suivant, les étudiants répondent à un test (fiches autorisées) par groupes de 4 aléatoirement formés par le professeur. À l'issue du test, le professeur agrmente le cours du polycopié par des compléments, illustrations, exercices adaptés en fonction des difficultés relevées lors du test.

Les séances de cours sont intercalées avec des séances de laboratoire.

Pour chaque séance de laboratoire, les étudiants travaillent en binôme en suivant le protocole fourni.

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu : évaluations écrites, présentations orales et/ou rapports écrits.

En plus des tests hebdomadaires, un examen final reprend tous les thèmes abordés lors du cours au travers de situations concrètes.

La note de l'unité d'enseignement est calculée selon une pondération expliquée au début du cours.

**Référence & Bibliographie**

- Polycopié du cours électrotechnique et protocole de laboratoire

**Responsable de l'enseignement**

M. Anthony Girardin ([anthony.girardin@hesge.ch](mailto:anthony.girardin@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_223 – Architecture et programmation des microcontrôleurs 1 (APM1)****Objectifs**

Ce cours, complété par des laboratoires pratiques, permet de comprendre les bases d'un système informatique embarqué basé principalement autour d'un microcontrôleur.

L'étudiant sera amené à découvrir les composants de base tels qu'un microprocesseur, de la mémoire, des interfaces programmables mais surtout la programmation de base en C. Le lien entre le matériel et le logiciel est principalement traité par de nombreux exemples pratiques.

Cet enseignement est principalement dédié à l'apprentissage de la matière avec exercices et laboratoires formels. L'étudiant apprend à utiliser un outil de développement pour microcontrôleur, comprenant un éditeur, un compilateur et un outil de débogage (debugger). L'apprentissage de la programmation C est le cœur de ce semestre, mais les laboratoires permettront d'aborder aussi la programmation de périphériques de base, tels que celles des entrées/sorties (GPIO) et des minuteurs (timer). L'utilisation de bibliothèques fait également partie du programme et permettra d'effectuer des travaux pratiques qui facilitent l'accès à certains périphériques, comme un écran LCD par exemple. Les étudiants apprendront également à développer leur autonomie en recherchant par eux-mêmes comment programmer un périphérique sur la base de documents techniques conséquents, comme c'est le cas de ceux des microcontrôleurs.

**Contenus**

Nombres et caractères vus par un ordinateur, bases, opérations, conversions de bases.

Rappel sur la logique de base, portes, registres, éléments combinatoires et séquentiels, manipulation des bits, logigrammes.

Modèle simplifié d'un système informatique, étude des composantes de base :

- étude d'un microcontrôleur et de quelques périphériques
- développements pratiques sur une carte électronique contenant un microcontrôleur et dont les périphériques sont reliés à du matériel (écran LCD, boutons, leds, etc.)

**Répartition horaire**

Enseignement :	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	44	heures	
Total :	92	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu : évaluations écrites, présentations orales et/ou rapports écrits.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Référence & Bibliographie**

- Programmer en langage C, Claude Delannoy, ed. Eyrolles
- A la découverte des cartes Nucleo, Marc Laury ed. Eyrolles 2017

**Responsable de l'enseignement**

M. Hervé Eusèbe ([herve.eusebe@hesge.ch](mailto:herve.eusebe@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_224 – Signaux et systèmes continus (SYC)****Objectifs d'apprentissage**

- Comprendre les notions de base qui régissent les systèmes rencontrés en ingénierie
- Établir un modèle de représentation d'un système à partir d'observations expérimentales
- Établir un modèle de connaissances d'un système à partir des équations physiques
- Prédire le comportement d'un système dynamique à partir de son modèle mathématique
- Représenter la réponse d'un système dans le domaine temporel
- Représenter la réponse d'un système dans le domaine fréquentiel
- Utiliser des appareils de laboratoire et des outils informatiques pour modéliser, mesurer et prédire le comportement de systèmes dynamiques rencontrés en ingénierie

**Contenus***Partie théorique vue aux cours*

- Notions de base sur les systèmes continus
  - Entrées, sorties, perturbations
  - Linéarité, stationnarité, causalité, au repos
  - Principe de superposition
- Modélisation mathématique des systèmes par équations différentielles ordinaires
  - Modèle de connaissance et modèle de représentation
  - Équations constitutives et équations de conservation
  - Procédures de modélisation
  - Conditions initiales
- Notions de base sur les signaux
  - Échelon unité, impulsion de Dirac, impulsion rectangulaire
  - Signaux périodiques et signaux non périodiques
  - Signaux continus et signaux discrets
  - Représentation d'un signal par combinaison d'impulsions rectangulaires
- Réponse des systèmes linéaires
  - Excitation en entrée et conditions initiales
  - Régime transitoire et régime permanent
  - Réponse indicielle, réponse harmonique, réponse impulsionnelle
  - Convolution dans le domaine temporel
- Fonction de transfert d'un système linéaire
  - Transformation de Laplace d'un signal temporel
  - Transformation de Laplace d'une équation différentielle ordinaire
  - Théorèmes de la valeur initiale et de la valeur finale
  - Convolution dans le domaine fréquentiel
  - Transformation de Laplace inverse
- Analyse de la réponse d'un système linéaire dans le domaine temporel
  - Gain statique
  - Formes canoniques des systèmes du premier ordre et du deuxième ordre
  - Pôles/zéros, équation caractéristique et ordre d'un système linéaire
  - Réponses des systèmes du premier ordre et du deuxième ordre
- Analyse de la réponse d'un système linéaire dans le domaine fréquentiel
  - Étude détaillée des systèmes du premier ordre et du second ordre
  - Réponse harmonique, rapport d'amplitudes, déphasage
  - Diagramme de Bode

*Les travaux de laboratoire permettront d'explorer l'ensemble des notions théoriques vues en cours :*

- Expérimentations sur des maquettes de systèmes
- Modélisation avec des logiciels informatiques (*Python, Dymola*)

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="48"/>	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="44"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="92"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu : évaluations écrites et rapports écrits.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Support de cours**

- Polycopié «Systèmes dynamiques» par le Prof. D. Bonvin, EPFL.
- Polycopié «Systèmes asservis», Volume 1, J.-M. Allenbach.

**Références bibliographiques**

- « Linear Systems and Signals », B.P. Lathi, Berkeley-Cambridge Press, 2nd edition, 2005, 656 pages, ISBN 0-941413-34-9.
- « Automatic Control Systems », B.C. Kuo et F. Golnaraghi, Wiley, 2003, 609 pages, ISBN 0-471-13476-7.

**Responsable de l'enseignement**

M. Michel Lauria ([michel.lauria@hesge.ch](mailto:michel.lauria@hesge.ch))



Répartition horaire :	Enseignement :	108	heures	
	Travail autonome :	132	heures	
	Total :	240	heures	équivalent à 8 ECTS

#### 4. Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le « Règlement d'études ».  
Coefficients de calcul de la note déterminante du module:

MT_231 – ELC4	=	34%
MT_232 – SAS1	=	33%
MT_233 – TDS	=	33%

Toutes les unités de cours doivent avoir au minimum la note de 3.0 pour valider le module.

Ce module est non remédiable.

En cas de contestation du résultat d'une évaluation, celle-ci devra être faite directement auprès du professeur concerné, au plus tard 2 semaines après le rendu de l'évaluation (hors vacances).

#### 5. Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le « Règlement d'études ».

Détail des pré-requis :	Avoir validé	MT_13 Conception électrique
	Avoir suivi	MT_11 Mathématiques et informatique
		MT_22 Systèmes électroniques 1

**Unité de cours : MT\_231 – Electronique 4 (ELC4)****Objectifs**

Ce cours apporte les bases qui permettront à l'étudiant de comprendre les montages électroniques les plus courants, la plupart utilisant des amplificateurs opérationnels. Il sera en mesure de dialoguer avec un spécialiste en électronique ainsi que de concevoir des circuits élémentaires.

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

- analyser et concevoir des circuits comprenant des amplificateurs opérationnels (AO) ;
- connaître les principales limitations des AO réels ;
- analyser et concevoir des filtres passifs et actifs du premier et second ordre ;
- connaître les principaux types de références de tension et alimentations linéaires et les mettre en oeuvre ;
- calculer le dimensionnement thermique (statique) d'une alimentation linéaire ;
- réaliser des montages pratiques et fonctionnels par le moyen des laboratoires ;
- maîtriser l'usage des principaux instruments de mesures en basse fréquence (< 1 MHz).

**Travaux en laboratoire :**

Les expériences de laboratoire sont étroitement liées à la matière du cours et en facilitent l'assimilation. Elles ont aussi pour but de donner à l'étudiant une certaine aisance avec l'usage des instruments de mesures de base, ainsi que d'en connaître les principales limitations.

Les travaux de laboratoire permettent également à l'étudiant de réaliser un montage en suivant une fiche technique et d'acquérir les fondements pour le dépannage.

Uniquement pour le second semestre, en fonction de l'avancement de la mise en place d'un nouveau concept en collaboration avec SNU, il est éventuellement prévu de concevoir une carte par étapes. Elle réalisera les fonctions de base classiques de l'électronique analogique (par exemple amplification et filtrage). Cette carte permettra d'interfacer un capteur. Cette mesure sera ensuite exploitée par SNU (par exemple sous la forme d'une conversion analogique-numérique). L'ensemble des labos d'électronique et de système numérique permettra de réaliser un système complet et donner une vision globale du conditionnement et du traitement d'un capteur.

**Contenus****Premier Semestre**

Rappel base d'analyse des circuits :

- Principe de superposition, Thévenin, Norton
- Réponse temporelle
- Régime sinusoïdal

Montages de base avec AO idéal :

- Amplificateurs, intégrateurs, différentiateurs, etc.

Limitations des AO réels :

- Tension d'offset et courants d'entrées ;
- Effet du gain fini ;
- Impédances d'entrée et de sortie ;
- Plages d'entrée et de sortie, limites liées à l'alimentation ;
- Comportement fréquentiel, slew rate ;
- Utilisation des fiches techniques.

Montages non linéaires :

- Limiteurs, redresseurs ;
- Détecteurs de crête ;

**Deuxième semestre**

Amplificateurs différentiels :

- Amplificateurs d'instrumentation ;
- Applications.

Filtres :

- Réponse fréquentielle, diagrammes de Bode ;
- Filtres du 2<sup>ème</sup> ordre, circuits RLC ;
- Filtres actifs élémentaires ;
- Filtres d'ordre plus élevé, caractéristiques de Butterworth

Alimentations linéaires :

- Références de tension ;

- Régulateurs linéaires de tension ;
- Dimensionnement thermique ;
- Notions des critères de stabilité.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="36"/>	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="44"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="80"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu avec :
- Evaluations écrites
  - Rapports écrits de travaux

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Support de cours**

- Polycopié : Chapitres tirés du Polycopié « Electronique I et II » par le Prof. Maher Kayal, EPFL.
- Présentations *Powerpoint* tirées du cours « Electronique » par André Decurnex, EPFL.
- Polycopiés : Electronique 3, parties 1 et 2, filière microtechnique, N.Giandomenico

**Référence & Bibliographie**

- En français : Traité de l'électronique, analogique et numérique, volume 1 : techniques analogiques par Paul Horowitz & Winfield Hill, éditeur Elektor, ISBN : 2-86661-070-9/ catalogue 023975
- En français : Traité d'électricité, électronique par Jean-Daniel Chatelain et Roger Dessoulavy, Presses polytechniques romandes vol VIII, ISBN 2-88074-048-7
- En anglais : The art of electronics par Paul Horowitz & Winfield Hill, Cambridge university press, ISBN 0-521-37095-7

**Responsables de l'enseignement**

M. Nicola Giandomenico ([nicola.giandomenico@hesge.ch](mailto:nicola.giandomenico@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_232 – Systèmes asservis 1 (SAS1)****Objectifs**

Asservir un système du premier ou du deuxième ordre à une consigne.  
Dimensionnement des régulateurs classiques tels que P, PI, PID.  
Asservir les systèmes d'ordre supérieur à 2.  
Caractériser les performances d'un système en boucle fermée vis à vis de la consigne.  
Caractériser les performances d'un système en boucle fermée vis à vis des perturbations.

*Travaux en laboratoire:*

Les logiciels *Matlab* et *Simulink* seront employés pour mettre en application les concepts théoriques vus au cours. Ces travaux pratiques porteront sur des expériences permettant de mettre en évidence l'influence des régulateurs classiques sur des systèmes physiques. On étudiera notamment la régulation en vitesse pour un entraînement rotatif. Ce sera aussi l'occasion de comparer le comportement d'un modèle de simulation à celui de l'équipement réel qu'il représente.

**Contenus**

Boucle ouverte et boucle fermée.  
Inventaire des principaux régulateurs.  
L'écart statique et ses remèdes.  
Dimensionnements fréquentiels pour performances temporelles.  
Dimensionnements pour suivi de consigne et correction des perturbations.

**Répartition horaire**

Enseignement :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	44	heures	
Total :	80	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

Contrôle continu : évaluations écrites, rapports écrits.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références & Bibliographie**

- *Réglage automatique, volume 1*, hepia, Genève, J.-M. Allenbach.
- *Automatic Control Systems*, Prentice Hall, Englewood, B.C. Kuo
- *Conception de systèmes automatiques*, PPUR, Lausanne. H. Bühler.

**Responsable de l'enseignement**

M. Jeremy Olivier ([jeremy.olivier@hesge.ch](mailto:jeremy.olivier@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_233 – Traitement du signal (TDS)****Objectifs**

- Caractériser un signal déterministe ou aléatoire.
- Modéliser un signal comme une combinaison linéaire de fonctions de base.
- Analyser le contenu fréquentiel de signaux.
- Simuler une opération de traitement du signal avec Python (modélisation, analyse temporelle et spectrale, sous-échantillonnage, interpolation).

**Contenus**

- Signaux de base et classification des signaux.
- Représentation vectorielle des signaux et changement de base
- Séries et transformée de Fourier.
- Signaux aléatoires.
- Échantillonnage et interpolation.
- Reconstruction idéale et effective.
- Convolution et corrélation

*Travaux en laboratoire*

Quatre travaux pratiques d'une durée de quatre périodes seront organisés dans le but d'expérimenter des concepts théoriques avec des exemples pratiques. Les exercices de ces travaux pratiques devront être implémentés en Python avec l'application web Jupyter Notebook.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="36"/>	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="44"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="80"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu avec :
- Tests théoriques en ligne
  - Tests pratiques sur ordinateur
  - Rendus des rapports Jupyter

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Référence & Bibliographie**

- Polycopié du cours
- Théorie et Traitement des Signaux, PPUR, Lausanne, Frédéric de Coulon.
- Signal Processing and Linear Systems, B. P. Lathi.
- Analysez les signaux 1D, openclassrooms, L. Andriamaholisoa et G. Chevereau, <https://openclassrooms.com/fr/courses/4500266-analysez-les-signaux-1d>

**Responsable de l'enseignement**

Mme Valérie Duay ([valerie.duay@hesge.ch](mailto:valerie.duay@hesge.ch))



Répartition horaire :	Enseignement :	156	heures	
	Travail autonome :	114	heures	
	Total :	270	heures	équivalent à 9 ECTS

#### 4. Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le « Règlement d'études ». Coefficients de calcul de la note déterminante du module:

MT_241 – MIC1	=	24%
MT_242 – MAT3	=	28%
MT_243 – CHI1	=	16%
MT_244 – CAO2	=	16%
MT_245 – EDC1	=	16%

Toutes les unités de cours doivent avoir au minimum la note de 3.0 pour valider le module.

Ce module est non remédiable.

En cas de contestation du résultat d'une évaluation, celle-ci devra être faite directement auprès du professeur concerné, au plus tard 2 semaines après le rendu de l'évaluation (hors vacances).

#### 5. Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le « Règlement d'études ».

Détail des pré-requis : avoir suivi    MT\_11 Mathématiques et informatique  
avoir validé    MT\_12 Conception mécanique

**Unité de cours : MT\_241 – Conception microtechnique 1 (MIC1)****Objectifs d'apprentissage**

Ce cours vise à familiariser le-la futur-e ingénieur-e aux éléments de bases des systèmes microtechniques, à leurs principes de fonctionnement, ainsi qu'à leurs domaines applications. A la fin de ce cours, l'étudiant-e sera capable de :

- discuter du rôle et des défis principaux des microtechniques dans le développement industriel et économique, et connaître la terminologie associée ;
- analyser un système microtechnique jusqu'à ses composants élémentaires, d'en déduire sa structure et d'identifier les éléments de base ;
- expliquer les principes physiques et le fonctionnement de différents types des capteurs, ainsi que de les dimensionner pour des applications classiques ;
- utiliser un descriptif technique d'un système de mesure capteur pour comparer, choisir, et l'employer dans un contexte d'application donné.

**Contenus***Introduction :*

- définitions, contexte historique, géographique et économique des microtechniques ;
- macro à micro : mise à l'échelle.

*Systèmes microtechniques :*

- notions de systèmes, sous-systèmes, flux d'énergie et d'information ;
- notions de composants de base : les capteurs :
  - paramètres métrologiques des systèmes de mesure ;
  - les capteurs résistifs, capacitifs et inductifs ;
  - les caractéristiques dynamiques des capteurs ;
  - exemples d'application des capteurs en bio-ingénierie (biocapteurs).

*Travaux en laboratoire*

Pendant les séances de travaux pratiques, divers notions et éléments de bases en microtechnique (caractéristiques métrologiques, principes de mesure et de capteurs (principalement résistifs, capacitifs et inductifs) seront étudiés de manière plus approfondie à l'aide d'expériences pratiques.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="36"/>	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="26"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="62"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu : évaluations écrites, présentations orales et/ou rapports écrits.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références bibliographiques**

- Les capteurs en instrumentation industrielle, Georges Asch, éd. Dunod.
- Sensors and Signal Conditioning, Ramon Pallas-Areny et John Webster, éd. John Wiley & Sons, Inc.

**Responsable de l'enseignement**

Mme Martina Coscia ([martina.coscia@hesge.ch](mailto:martina.coscia@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_242– Matériaux 3 (MAT3)****Objectifs d'apprentissage**

Différencier les propriétés génériques des 3 grandes classes de matériaux  
Etre capable d'appréhender le matériau le plus adapté pour une application donnée  
Comprendre le lien entre les propriétés d'un matériau et la fonctionnalité d'un composant microtechnique utilisant ce même matériau

**Contenus**

- Structures cristallines et diffraction aux rayons X.
- Diffusion dans les matériaux.
- Céramiques : structures, mise en forme et porosité, propriétés mécaniques; applications aux verres ;
- Polymères : homo- et copolymères, réticulation, cristallinité, viscosité, classification et applications des polymères, techniques DMA et DSC.

*Travaux en laboratoire*

Les travaux en laboratoire illustrent les relations entre propriétés physiques et états structuraux des matériaux.  
Exemples : Diffraction de rayons X (XRD), Analyse thermique DSC des polymères, Microscopie à force atomique (AFM), résistivité des métaux et des semi-conducteurs en fonction de la température, hystérèse et fluage des piézoélectriques, épaisseurs optiques de couches minces semi-transparentes.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="48"/>	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="34"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="82"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

Contrôle continu : évaluations écrites, présentations orales et/ou rapports écrits.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références bibliographiques**

- W.D. Callister « Sciences et Génie des Matériaux », Ed. Modulo
- M. Jobin, Matériaux MT2 (slides du cours)
- M. Jobin, Protocoles de laboratoires.

**Responsable de l'enseignement**

M. Marc Jobin ([marc.jobin@hesge.ch](mailto:marc.jobin@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_243 – Chimie 1 (CHI1)****Objectifs**

L'objectif de ce cours est de permettre aux l'étudiant-e-s d'acquérir ou de revoir des compétences de base en chimie générale.

**Contenus**

Notions générales concernant la matière

- Corps purs et mélanges
- Les propriétés physiques et chimiques de la matière
- Les méthodes de séparation

La structure des atomes, classification périodique des éléments

- Le noyau atomique, isotopes, radioactivité
- Le nuage et la stabilité électronique des éléments
- L'organisation du tableau périodique

Les molécules

- Les différents types de liaisons chimiques (ioniques, covalentes)
- Le schéma de Lewis
- La résonnance
- La configuration géométrique des molécules
- L'hybridation
- La liaison métallique, les alliages

Les interactions intermoléculaires (van der Waals)

- Molécules polaires et non polaires
- Les différentes interactions
- Principales conséquences

Nomenclature de la chimie inorganique

- Les formules, l'ordre d'écriture
- Classement des molécules
- Construction du nom à partir de la formule moléculaire et vice versa

Les réactions chimiques :

- L'équation chimique – calculs stoechiométriques
- Les équilibres chimiques et le principe de Le Chatelier
- Les solutions aqueuses – la dissociation électrolytique, électrolytes
- Les réactions de précipitations
- Les réactions acides-bases, les neutralisations, calculs de pH (acides, bases forts et faibles, sels, systèmes tampons, acides, bases polyfonctionnels), titrations, les indicateurs colorés
- Les complexes
- Les oxydoréductions en général
- Électrochimie (piles, corrosion, électrolyse)

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="18"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="42"/>	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu avec :
- Evaluations écrites
  - Rapports écrits de travaux

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références & Bibliographie**

- Chimie générale pour Ingénieurs, Claude K.W Friedli
- Chimie inorganique, P.W. Atkins
- Chimie des solutions, S. S Zumdahl
- Chimie générale, S.S Zumdahl
- <http://www.uel-pcsm.education.fr/consultation/reference/chimie/index.htm>
- <http://hscordia.free.fr/>
- <http://www.chemtopics.com/media.htm>
- <http://chimge.unil.ch/>
- <http://www.faidherbe.org/site/cours/dupuis/accueil.htm>
- <http://subaru2.univ-lemans.fr/enseignements/chimie/01/theme0.html>

**Responsable de l'enseignement**

Mme Martina Zsely-Schaffter ([martina.zsely-schaffter@hesge.ch](mailto:martina.zsely-schaffter@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_244 – Conception assistée par ordinateur 2 (CAO2)****Objectifs**

- Acquérir et appliquer les règles de base de la conception de produits microtechniques.
- Connaître les notions de base de conception des pièces déformées à froid et des pièces moulées.
- Construire des produits microtechniques pensés selon un type de fabrication.
- Appliquer concrètement les connaissances théoriques et technologiques.

**Contenus**

- Démarche de projet et compréhension d'un cahier des charges.
- Analyse d'un système microtechnique et description de son fonctionnement.
- Construction de mécanismes complets (comparateur, réducteur, bras manipulateur...).
- Justification des choix, calculs et dimensionnement des composants.
- Technologie de fabrication : découpage, pliage, emboutissage, moulage.
- Définition des pièces, assemblage et fabrication.
- Modélisation d'un mécanisme.
- Rédaction de rapports de conception.
- Présentation de son travail.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="18"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="42"/>	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu : évaluations écrites, présentations orales et/ou rapports écrits.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références & Bibliographie**

- Support de cours " Éléments de Construction (EDC1) " / Vincent Beux / hepia
- Aide en ligne "Pro/E"
- Extrait de Normes SNV
- Guide de mécanique / jean-Louis Fanchon / Nathan
- Sciences et Technologies industrielles / jean-Louis Fanchon / Nathan
- Conception des machines, Principes et applications / PPUR / Spinnler Georges

**Responsable de l'enseignement**

- M. Vincent Beux ([vincent.beux@hesge.ch](mailto:vincent.beux@hesge.ch))  
M. Nicolas Dufraine ([nicolas.dufraine@hesge.ch](mailto:nicolas.dufraine@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_245 – Eléments de construction (EDC1)****Objectifs**

- Apprendre à comprendre le fonctionnement de mécanisme simple.
- Connaitre et apprendre à utiliser les éléments de construction (mécanique).
- Dimensionner les éléments de construction (microtechnique) en fonction de la résistance des matériaux.
- Apprendre à utiliser la normalisation NIHS *Industrie horlogère suisse*.

**Contenus**

- Eléments de construction mécanique.
- Mécanique rationnelle.
- Résistance des matériaux.
- Fabrication micromécanique.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="18"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="42"/>	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu (présentation orale et/ou travaux écrits), avec :
- Evaluations écrites ou orales
  - Evaluation par travaux de groupes

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références & Bibliographie**

- Support de cours " Eléments de Construction (EDC1) " / Vincent Beux / hepia
- Extrait de Normes SNV
- Guide de mécanique / jean-Louis Fanchon / Nathan
- Sciences et Technologies industrielles / jean-Louis Fanchon / Nathan
- Conception des machines, Principes et applications / PPUR / Spinnler Georges

**Responsable de l'enseignement**

M. Vincent Beux ([vincent.beux@hesge.ch](mailto:vincent.beux@hesge.ch))



#### 4. Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le « Règlement d'études ».

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

MT\_251 – MIC2 = 34%

MT\_252 – MAT4 = 44%

MT\_253 – CHI2 = 22%

Toutes les unités de cours doivent avoir au minimum la note de 3.0 pour valider le module.

Ce module est non remédiable.

En cas de contestation du résultat d'une évaluation, celle-ci devra être faite directement auprès du professeur concerné, au plus tard 2 semaines après le rendu de l'évaluation (hors vacances).

#### 5. Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le « Règlement d'études ».

Détail des pré-requis :   avoir validé   MT\_12 Conception mécanique  
                                  avoir suivi     MT\_11 Mathématiques et informatique  
  MT\_24 Systèmes microtechniques 1

**Unité de cours : MT\_251 – Conception microtechnique 2 (MIC2)****Objectifs d'apprentissage**

Ce cours vise à enrichir la formation de l'ingénieur-e en microtechniques en le familiarisant avec les éléments de bases des systèmes microtechniques, à leurs principes de fonctionnement, aux notions de base en conception et développement des systèmes microtechniques, ainsi qu'à leurs domaines applications. A la fin de ce cours, l'étudiant-e sera capable de :

- analyser un système microtechnique jusqu'à ses composants élémentaires, d'en déduire sa structure et d'identifier les éléments de base ;
- illustrer le rôle, les enjeux et les défis d'un ingénieur multidisciplinaire dans un contexte industriel
- expliquer les étapes clés du processus de conception de produits microtechniques nouveaux ;
- rédiger de la documentation liés à la conception et au développement de produits microtechniques.

**Contenus**

*Autre composants de systèmes microtechniques:*

- notions et principes de base de l'unité de contrôle, des actionneurs, de la transmission, de la source d'énergie et de l'interface.

*Notions de processus industriel et d'innovation*

*Outils méthodologiques de conception et développement de produits :*

- cycle de vie du développement des systèmes ;
- énoncés du besoin ;
- spécifications ;
- cahier des charges fonctionnel ;
- intégration du système ;
- vérification du système.
- documentation

*Travaux en laboratoire*

Pendant les séances de travaux pratiques, divers notions et éléments de bases en microtechnique (caractéristiques métrologiques, principes de mesure et de capteurs (principalement résistifs, capacitifs et inductifs) seront étudiés de manière plus approfondies à l'aide d'expériences pratiques.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="36"/>	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="36"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="72"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu : évaluations écrites, présentations orales et/ou rapports écrits.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références bibliographiques**

- Méthodes de conception de produits nouveaux, Robert Duchamp, Hermes Science, 1999
- MEMS and Microsystems: Design and Manufacture, McGraw-Hill, 2002.

**Responsable de l'enseignement**

Mme Martina Coscia ([martina.coscia@hesge.ch](mailto:martina.coscia@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_252 – Matériaux 4 (MAT4)****Objectifs d'apprentissage**

- Comprendre la pertinence des propriétés physiques des matériaux (autres que les propriétés mécaniques)
- Mettre systématiquement en relation les propriétés avec la structure du matériaux

**Contenus**

- *Propriétés électriques des matériaux* : structures de bandes, conductivité des métaux et des alliages, semi-conducteurs, polarisation, relaxation diélectrique, ferroélectriques ;
- *Propriétés thermiques* : notion de phonons, chaleur spécifique, conductivité, mécanismes thermiques dans les métaux, céramiques et polymères, dilatation thermique, résistance aux chocs thermiques, thermo-électricité;
- *Propriétés optiques* : Indice de réfraction dans les métaux et les diélectriques, interaction photons – matériaux ;

*Travaux en laboratoire*

Les travaux en laboratoire illustrent les relations entre propriétés physiques et états structuraux des matériaux.

Exemples : Diffraction de rayons X (XRD), Analyse thermique DSC des polymères, Microscopie à force atomique (AFM), résistivité des métaux et des semi-conducteurs en fonction de la température, hystérèse et fluage des piézoélectriques, épaisseurs optiques de couches minces semi-transparentes

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="48"/>	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="48"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="96"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu : évaluations écrites, présentations orales et/ou rapports écrits.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références bibliographiques**

- W.D. Callister « Sciences et Génie des Matériaux », Ed. Modulo
- M. Jobin, Matériaux MT2 (slides du cours)
- M. Jobin, Protocoles de laboratoires.

**Responsable de l'enseignement**

M. Marc Jobin ([marc.jobin@hesge.ch](mailto:marc.jobin@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_253 – Chimie 2 (CHI2)****Objectifs**

L'objectif de ce cours est de permettre aux l'étudiant-e-s d'acquérir ou de revoir des compétences de base en chimie générale.

**Contenus**

Les matières dangereuses :

- Danger, risque chimique
- Signalisation, étiquetage, lois et ordonnances
- Toxiques, cancérigènes, inflammables, solvants, gaz, corrosifs, autres...
- Compatibilité
- Le système général harmonisé, la fiche de sécurité
- Transport des matières dangereuses

Thermochimie, thermodynamique, cinétique

- La spontanéité d'une réaction
- La chaleur d'une réaction, le bilan énergétique
- Diagrammes d'énergie, la loi de Hess
- L'énergie interne, l'enthalpie, l'entropie, l'enthalpie libre (énergie de Gibbs)
- La vitesse d'une réaction, la théorie de collisions, loi d'Arrhenius,
- La cinétique formelle (ordre cinétique)

La chimie organique

- Les molécules organiques, représentation, classification
- Les hydrocarbures et les différentes fonctions
- La nomenclature organique
- L'isomérisation
- Les macromolécules fonctionnelles (glucides, lipides, protéines, acides nucléiques)
- Les polymères
- Les réactions organiques (classification, sans mécanisme)
- Les réactions typiques des différents groupes fonctionnels
- La synthèse organique (les facteurs à contrôler) et la retro synthèse (stratégie)

**Répartition horaire**

Enseignement :  heures (32 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  heures

Total :  heures de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu avec :
- Evaluations écrites
  - Rapports écrits de travaux

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références & Bibliographie**

- Chimie générale pour Ingénieurs, Claude K.W Friedli
- Chimie inorganique, P.W. Atkins
- Chimie des solutions, S. S Zumdahl
- Chimie générale, S.S Zumdahl

- <http://www.uel-pcsm.education.fr/consultation/referance/chimie/index.htm>  
<http://hscordia.free.fr/>  
<http://www.chemtopics.com/media.htm>  
<http://chimge.unil.ch/>  
<http://www.faidherbe.org/site/cours/dupuis/accueil.htm>  
<http://subaru2.univ-lemans.fr/enseignements/chimie/01/theme0.html>

## Responsable de l'enseignement

Mme Martina Zsely-Schaffter ([martina.zsely-schaffter@hesge.ch](mailto:martina.zsely-schaffter@hesge.ch))

## Descriptif de module : MT\_26 Projet & Université d'été

Filière : Microtechniques, degré 2

La description de ce module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des cours le constituant. Ces conditions peuvent être modifiées ou renouvelées d'année en année mais restent inchangées durant l'année académique en cours.

### 1. Module : MT\_26 Projet & Université d'été (7 ECTS)

2023-2024

Type de formation :  Bachelor  Master

Type de module :  Obligatoire  A choix  Additionnel

Niveau du module :  Basic level course  Intermediate level course

Advanced level course  Specialized level course

Langue : Français | Semestre de référence : S4 | Responsable du module : **Nicola Giandomenico**

### 2. Objectifs d'apprentissage

À la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- Développer l'autonomie et le travail en équipe.
- Concevoir un système microtechnique en mécanique, électronique, ou biomédical.

### 3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Printemps
Projet thématique (PRT) – MT_261	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	
Université d'été (UNI) MT_262	Obligatoire	
TP & Projet	Obligatoire	90p.*

\*Indications en périodes d'enseignement de 45 min.

Répartition horaire :

Enseignement :	92	heures
Travail autonome :	118	heures
Total :	210	heures

équivalent à 7 ECTS

#### 4. Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le « Règlement d'études ».

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

MT\_261 – PRT = 50%

MT\_262 – UNI = 50%

Toutes les unités de cours doivent avoir au minimum la note de 3.0 pour valider le module.

Ce module est non remédiable.

En cas de contestation du résultat d'une évaluation, celle-ci devra être faite directement auprès du professeur concerné, au plus tard 2 semaines après le rendu de l'évaluation (hors vacances).

#### 5. Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le « Règlement d'études ».

Voir le tableau des « Dépendances inter-modules », pour la filière des Microtechniques.

Détail des pré-requis : avoir validé

- MT\_11 Mathématiques et informatiques
- MT\_12 Conception mécanique pour l'option Matériaux et horlogerie
- MT\_13 Conception électronique pour les options Conception électronique et Bio-ingénierie
- MT\_14 Projet et méthodes

**Unité de cours : MT\_261 – Projet thématique (PRT)****Objectifs d'apprentissage**

- Pratiquer les étapes de conception et réalisation.
- Développer l'autonomie et le travail en équipe.
- Maîtriser l'organisation et les problèmes sociaux dans le travail de groupe.

**Contenus**

Projet commun différencié par thème : horlogerie, électronique, bio-ingénierie et biomédical.

- Individuel ou par équipe de deux ;
- Conception d'un dispositif à dominante horlogerie, électronique ou bio-ingénierie et biomédicale :
  - Réalisation du dossier de conception incluant :
    - Schémas de principe et plans d'ensemble
    - Plans de détail pour la fabrication
    - Validation des plans de fabrication
    - Réalisation d'un dossier ;
- travail libre après établissement d'une organisation prévisionnelle (planning, répartition des tâches, ...);
- un tuteur et une équipe d'enseignants « à disposition » encadre le projet.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="84"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="108"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu : évaluations écrites, présentations orales et/ou rapports écrits.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références bibliographiques**

- Tutoriel Altium Designer, Nicola Giandomenico

**Responsables de l'enseignement**

- M. Alvaro Hüsey ([alvaro.hussy@hesge.ch](mailto:alvaro.hussy@hesge.ch))  
M. Nicola Giandomenico ([nicola.giandomenico@hesge.ch](mailto:nicola.giandomenico@hesge.ch))  
M. Adrien Roux ([adrien.roux@hesge.ch](mailto:adrien.roux@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_262 – Université d'été (UNI)****Objectifs**

- Réaliser et tester un petit système électronique (options conception électronique et bio-ingénierie)
- Introduction aux plans d'expériences (option matériaux et horlogerie)
- Introduction à la simulation numérique appliquée à la mécanique et l'électromagnétisme.
- Confronter les mesures d'expériences physiques simples avec les résultats donnés par les simulations numériques correspondantes réalisées sous Comsol Multiphysics®.
- Comparaisons des résultats expérimentaux et ceux obtenus par simulation avec les prédictions théoriques.
- Être capable de présenter les travaux effectués de façon synthétique devant un auditoire d'experts tout en répondant à leurs questions.

**Contenus**

Mise en pratique des compétences suivantes :

- mathématiques appliquées et simulations en sciences physique ;
- pratique des mesures physiques ;
- conception et réalisation de produits et systèmes microtechniques ;
- électronique et micro-informatique ;
- travail en équipe ;
- etc.,

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="68"/>	heures	(90 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="34"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="102"/>	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu : évaluations écrites, présentations orales et/ou rapports écrits.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références & Bibliographie**

- Guides d'expériences de laboratoires,
- Fiches techniques

**Responsables des enseignements**

M. Roland Rozsnyo ([roland.rozsnyo@hesge.ch](mailto:roland.rozsnyo@hesge.ch)),  
M. Jean-Luc Bolli ([jean-luc.bolli@hesge.ch](mailto:jean-luc.bolli@hesge.ch)).  
M. Alvaro Hüsey ([alvaro.hussy@hesge.ch](mailto:alvaro.hussy@hesge.ch))





**Unité de cours : MT\_271 – Construction horlogère (COH)****Objectifs**

- Apprendre à conduire une étude.
- Construire un mouvement mécanique simple.
- Approfondir les connaissances sur le logiciel CAO Pro Engineer.
- Appliquer concrètement les connaissances théoriques.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="48"/>	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="42"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="90"/>	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu : évaluations écrites, présentations orales et/ou rapports écrits.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références & Bibliographie**

- Traité de construction horlogère Presse Polytechnique et Universitaire Romande
- Théorie d'horlogerie Fédération des Ecoles Techniques
- Extrait de normes NIHS
- Extrait de normes SNV
- Polycopié « Construction horlogère » Denis Rudaz

**Responsable de l'enseignement**

M. Denis Rudaz ([denis.rudaz@hesge.ch](mailto:denis.rudaz@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_272 – Eléments de construction horloger (EDC2)****Objectifs**

Les objectifs de ce cours sont d'approfondir les éléments de l'enseignement EDC1 :

- Apprendre le fonctionnement d'un mouvement mécanique simple.
- Connaitre et apprendre à utiliser les éléments de construction sur la base des constituants d'un mouvement mécanique simple.
- Dimensionner les éléments de construction horlogère (microtechnique) en fonction de la résistance des matériaux.
- Apprendre à utiliser la normalisation NIHS *Industrie horlogère suisse*.

**Contenus**

- Eléments de construction horlogère.
- Mécanique rationnelle.
- Résistance des matériaux.
- Fabrication micromécanique.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="21"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="45"/>	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu (présentation orale et/ou travaux écrits), avec :
- Evaluations écrites ou orales
  - Contrôle continu avec exercices notés

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références & Bibliographie**

- Polycopié Vincent Beux
- Traité de construction horlogère Presse Polytechnique et Universitaire Romande
- Théorie d'horlogerie Fédération des Ecoles Techniques
- Normalisation NIHS
- Extrait de Normes 2010 SNV.

**Responsable de l'enseignement**

M. Vincent Beux ([vincent.beux@hesge.ch](mailto:vincent.beux@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_273 – Qualité horlogère (QHO)****Objectifs**

- Savoir d'où vient la discipline de la Qualité et comment elle s'est développée dans les entreprises.
- Savoir ce qu'est que le système de management de la Qualité et comment il s'articule dans une entreprise industrielle.
- Connaître les différents outils de la Qualité et savoir comment les utiliser dans le cadre d'une résolution de problème en horlogerie.
- Analyser une non-conformité d'un produit ou la défaillance d'un processus et savoir résoudre la problématique en utilisant les différentes méthodes et outils Qualité.

**Contenus**

- L'origine de la Qualité, les organismes de normalisation, la politique Qualité, le système Qualité (cartographie) et le manuel Qualité.
- Les coûts de la Qualité, le processus d'amélioration continue, les outils de la Qualité et les diverses méthodes de résolution de problème.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="12"/>	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="10"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="22"/>	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu (présentation orale et/ou travaux écrits), avec :
- Evaluations écrites ou orales
  - Contrôle continu avec exercices notés

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références & Bibliographie**

▪ ...

**Responsable de l'enseignement**

M. Patrick Jaton ([patrick.jaton@edu.ge.ch](mailto:patrick.jaton@edu.ge.ch))

**Unité de cours : MT\_274 – Complication horlogère (CHO)****Objectifs d'apprentissage**

Amener les connaissances indispensables dans les domaines de la microtechnique horlogère, soit :

- connaître la nomenclature et le fonctionnement de la montre mécanique ;
- étudier les influences extérieures qui agissent sur le bon fonctionnement d'une montre et étudier les dispositifs de protection ;
- déterminer les défauts d'engrènement, les rendements et les pertes de moments de force des divers mécanismes qui constituent un mouvement de montre mécanique ;
- connaître la nomenclature et le fonctionnement des complications (date, chronographe, remontoir automatique etc..) de la montre mécanique ;

**Contenus***Cours théorique*

- Décrire les principales complications horlogères
- Expliquer les contraintes techniques de chacune de ces complications
- Calculer les efforts nécessaires au fonctionnement des complications
- Modifier les complications au besoin
- Critiquer certaines explications données dans des livres de référence

**Répartition horaire**

Enseignement :  heures (16 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  heures

Total :  heures de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

Contrôle continu : évaluations écrites.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références bibliographiques**

- Bovay, P. & [al.] (2011). *Traité de construction horlogère*. Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- Humbert, B. (2007). *Les Montres Calendrier Modernes*. Neuchâtel Editions Antoine Simonin
- Humbert, B. (1990). *Le Chronographe. Son Fonctionnement. Sa Réparation*. La Conversion Editions Scriptar S.A.
- Hüssy, A. (2013). *Support de cours de construction horlogère*. Genève : hepia.
- Lecoultré, F. (2000). *Les montres compliquées*. Neuchâtel : Editions Antoine Simonin.
- Raymond, C.-A. & [al.] (1998). *Théorie d'horlogerie*. Le Sentier : Fédération des Ecoles Techniques.
- Sermier, C. & Papi, G. (2006). *Finitions et décorations horlogères haut de gamme*. Le Locle : Audemars Piguet.

**Responsable de l'enseignement**

M. Sacha Maffioli ([sacha.maffioli@hesge.ch](mailto:sacha.maffioli@hesge.ch))



#### 4. Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le « Règlement d'études ».  
Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

MT\_281 – AMC = 25%

MT\_282 – OPE = 25%

MT\_283 – APM2 = 50%

Toutes les unités de cours doivent avoir au minimum la note de 3.0 pour valider le module.

Ce module est non remédiable.

En cas de contestation du résultat d'une évaluation, celle-ci devra être faite directement auprès du professeur concerné, au plus tard 2 semaines après le rendu de l'évaluation (hors vacances).

#### 5. Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le « Règlement d'études ».

Détail des pré-requis : avoir validé MT\_11 Mathématiques et informatique  
MT\_13 Conception électrique

**Unité de cours : MT\_281 – Applications mobiles avec capteurs (AMC)****Objectifs**

Ce cours vise à initier le-la futur-e ingénieur-e au développement rapide d'applications logicielles pouvant interagir avec des capteurs (caméra, accéléromètre, microphone, ...). Les applications seront développées avec Python et Kivy et testées sur un appareil mobile (smartphone ou tablette). Kivy est une bibliothèque libre et open source pour Python. Elle permet de développer en peu de temps des applications multiplateformes fonctionnant sous Windows, OS X, Linux, Android et iOS.

A la fin de ce cours, l'étudiant sera capable de :

- utiliser les concepts de la programmation orientée objet pour assurer une bonne conception de ses programmes.
- développer rapidement de petites applications avec Python et la librairie Kivy intégrant une interface graphique, le contrôle d'un ou plusieurs capteurs et la gestion de données.
- acquérir les bases nécessaires pour continuer de manière autonome son apprentissage en développement d'applications logicielles.

**Contenus**

- les outils de développement : PyCharm, Kivy, Buildozer, git.
- la création d'interfaces graphiques (widgets, mise en page, langage KV, ...).
- la programmation événementielle.
- les méthodes de débogage.
- le contrôle des capteurs d'un téléphone portable ou d'une tablette (caméra, accéléromètre, microphone, ...).
- la gestion de données (lecture, sauvegarde, transmission, ...).
- la réalisation d'un mini-projet.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="21"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="45"/>	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu avec :
- Test théorique en ligne
  - Mini-projet

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références & Bibliographie**

- Supports de cours (vidéos, fichiers .pdf)
- Site officiel de la librairie Kivy: <https://kivy.org/#home>.
- Kivy Blueprints, Mark Vasilkov, Packt Publishing, 2015
- Kivy Cookbook, Hugo Solis, Packt Publishing, 2015
- Kivy: Interactive Applications in Python, Roberto Ulloa, Packt Publishing, 2013

**Responsable de l'enseignement**

Mme Valérie Duay ([valerie.duay@hesge.ch](mailto:valerie.duay@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_282 – Option Optoélectronique (OPE)****Objectifs**

Ce cours vise à initier le futur ingénieur aux principes de fonctionnement et aux caractéristiques des composants optiques et opto-électroniques couramment utilisés dans les systèmes microtechniques, afin d'être capable de les sélectionner en fonction de l'application envisagée.

A la fin de ce cours, l'étudiant sera capable de :

- comprendre les notions de base d'optique utilisées en opto-électronique ;
- connaître les caractéristiques principales des composants optiques et optoélectroniques utilisés en microtechnique ;
- savoir les sélectionner en fonction de l'application envisagée ;
- concevoir des systèmes opto-électroniques ;
- comprendre le fonctionnement de différents microsystèmes optiques.

**Contenus**

Introduction :

- qu'est-ce que la photonique ;
- aspects ondulatoire et corpusculaire de la lumière ;
- radiométrie et photométrie ;
- interaction lumière-matière (phénomènes d'émission et d'absorption,...).

Les sources de lumières :

- caractéristiques: intensité, spectre, cohérence,... ;
- mécanismes d'émission des sources ;
- sources thermiques, diodes électroluminescentes LED, laser à semi-conducteur.

Les photodétecteurs :

- caractéristiques: sensibilité, temps de réponse, signal-sur-bruit, ... ;
- photorésistances, photodiodes, capteurs d'images CCD et CMOS.

Les microsystèmes optiques :

- exemples de microsystèmes optiques: lecteur CD-DVD, souris optique,...

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="21"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="45"/>	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu avec :
- Evaluations écrites.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références & Bibliographie**

- Optique, E. Hecht, Pearson Education France, 2005
- Fundamentals of Photonics, B.E.A. Saleh, M.C. Teich, J. Wiley & Sons, 2007
- Optoelectronics and Photonics: principles and Practices, S. O. Kasap, Pearson Education, 2001.

**Responsable de l'enseignement**

M. Stéphane Bourquin ([stephane.bourquin@hesge.ch](mailto:stephane.bourquin@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_283 – Architecture et programmation des microcontrôleurs 2 (APM2)****Objectifs**

L'objectif de ce cours est de mettre en application les notions théoriques étudiées lors de l'enseignement APM1. Le cours permet de comprendre l'architecture d'un microcontrôleur par la programmation en assembleur de celui-ci. Ceci se fait par l'étude des périphériques intégrés au microcontrôleur et à la communication avec les périphériques externes (par SPI, I2C, UART, ...).

**Contenus**

Architecture d'un microcontrôleur  
Etude des différents registres  
Programmation en assembleur et en C  
Etude des périphériques internes  
Communication (UART, SPI, I2C)  
Mini projet

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="48"/>	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="42"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="90"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu : évaluations écrites, présentations orales et/ou rapports écrits.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Référence & Bibliographie**

- «Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface». David A. Patterson, John L. Hennessy. Morgan Kaufmann.
- Programmation en C des PIC (ScholarVox) Tavernier C. Dunod 2005
- Programming PIC Microcontrollers with XC8 (O-Reilly) - Armstrong Subero - Apress - 2017
- Datasheet des composants

**Responsable de l'enseignement**

M. Hervé Eusèbe ([herve.eusebe@hesge.ch](mailto:herve.eusebe@hesge.ch))



#### 4. Modalités d'évaluation et de validation

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le « Règlement d'études ».

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

MT\_291 – AMC = 25%

MT\_292 – OPE = 25%

MT\_293 – REC = 25%

MT\_294 – BIO1 = 25%

Toutes les unités de cours doivent avoir au minimum la note de 3.0 pour valider le module.

Ce module est non remédiable.

En cas de contestation du résultat d'une évaluation, celle-ci devra être faite directement auprès du professeur concerné, au plus tard 2 semaines après le rendu de l'évaluation (hors vacances).

#### 5. Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le « Règlement d'études ».

Détail des pré-requis : avoir validé MT\_11 Mathématiques et informatique  
MT\_13 Conception électrique

**Unité de cours : MT\_291 – Applications mobiles avec capteurs (AMC)****Objectifs**

Ce cours vise à initier le-la futur-e ingénieur-e au développement rapide d'applications logicielles pouvant interagir avec des capteurs (caméra, accéléromètre, microphone, ...). Les applications seront développées avec Python et Kivy et testées sur un appareil mobile (smartphone ou tablette). Kivy est une bibliothèque libre et open source pour Python. Elle permet de développer en peu de temps des applications multiplateformes fonctionnant sous Windows, OS X, Linux, Android et iOS.

A la fin de ce cours, l'étudiant sera capable de :

- utiliser les concepts de la programmation orientée objet pour assurer une bonne conception de ses programmes.
- développer rapidement de petites applications avec Python et la librairie Kivy intégrant une interface graphique, le contrôle d'un ou plusieurs capteurs et la gestion de données.
- acquérir les bases nécessaires pour continuer de manière autonome son apprentissage en développement d'applications logicielles.

**Contenus**

- les outils de développement : PyCharm, Kivy, Buildozer, git.
- la création d'interfaces graphiques (widgets, mise en page, langage KV, ...).
- la programmation événementielle.
- les méthodes de débogage.
- le contrôle des capteurs d'un téléphone portable ou d'une tablette (caméra, accéléromètre, microphone, ...).
- la gestion de données (lecture, sauvegarde, transmission, ...).
- la réalisation d'un mini-projet.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="21"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="45"/>	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu avec :
- Test théorique en ligne
  - Mini-projet

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références & Bibliographie**

- Supports de cours (vidéos, fichiers .pdf)
- Site officiel de la librairie Kivy: <https://kivy.org/#home>.
- Kivy Blueprints, Mark Vasilkov, Packt Publishing, 2015
- Kivy Cookbook, Hugo Solis, Packt Publishing, 2015
- Kivy: Interactive Applications in Python, Roberto Ulloa, Packt Publishing, 2013

**Responsable de l'enseignement**

Mme Valérie Duay ([valerie.duay@hesge.ch](mailto:valerie.duay@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_292 – Option Optoélectronique (OPE)****Objectifs**

Ce cours vise à initier le futur ingénieur aux principes de fonctionnement et aux caractéristiques des composants optiques et opto-électroniques couramment utilisés dans les systèmes microtechniques, afin d'être capable de les sélectionner en fonction de l'application envisagée.

A la fin de ce cours, l'étudiant sera capable de :

- comprendre les notions de base d'optique utilisées en opto-électronique ;
- connaître les caractéristiques principales des composants optiques et optoélectroniques utilisés en microtechnique ;
- savoir les sélectionner en fonction de l'application envisagée ;
- concevoir des systèmes opto-électroniques ;
- comprendre le fonctionnement de différents microsystèmes optiques.

**Contenus**

Introduction :

- qu'est-ce que la photonique ;
- aspects ondulatoire et corpusculaire de la lumière ;
- radiométrie et photométrie ;
- interaction lumière-matière (phénomènes d'émission et d'absorption,...).

Les sources de lumières :

- caractéristiques: intensité, spectre, cohérence,... ;
- mécanismes d'émission des sources ;
- sources thermiques, diodes électroluminescentes LED, laser à semi-conducteur.

Les photodétecteurs :

- caractéristiques: sensibilité, temps de réponse, signal-sur-bruit, ... ;
- photorésistances, photodiodes, capteurs d'images CCD et CMOS.

Les microsystèmes optiques :

- exemples de microsystèmes optiques: lecteur CD-DVD, souris optique,...

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="21"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="45"/>	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu avec :
- Evaluations écrites.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références & Bibliographie**

- Optique, E. Hecht, Pearson Education France, 2005
- Fundamentals of Photonics, B.E.A. Saleh, M.C. Teich, J. Wiley & Sons, 2007
- Optoelectronics and Photonics: principles and Practices, S. O. Kasap, Pearson Education, 2001.

**Responsable de l'enseignement**

M. Stéphane Bourquin ([stephane.bourquin@hesge.ch](mailto:stephane.bourquin@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_293 – Option Radioprotection opérationnelle (REC)****Objectifs**

Donner aux étudiants des compétences en radioprotection opérationnelle.

Comprendre le principe d'optimisation de la radioprotection (ALARA) et savoir le mettre en oeuvre.

Ce cours n'est pas destiné aux seuls spécialistes et peut être suivi par tous les étudiants intéressés par la radioprotection.

**Contenus**

Eléments de physique nucléaire :

- notions fondamentales de radioactivité ;
- désintégrations de type  $\beta^-$ ,  $\beta^+$ ,  $\alpha$ . Capture électronique, émission  $\gamma$ , conversion interne ;
- interaction des rayonnements avec la matière.

Action biologique des radiations.

- effets cellulaires des radiations ;
- les différents modèles ;
- transfert linéique d'énergie TEL
- effets stochastiques et effets déterministes.

Radioprotection opérationnelle :

- quantification du risque en radioprotection, notion de dose équivalente, notion de détriment ;
- principes de radioprotection ;
- grandeurs fondamentales ;
- grandeurs dosimétriques opérationnelles ;
- grandeurs d'appréciation, limites secondaires et valeurs directrices ;
- dosimétrie.

Loi sur la radioprotection (LRaP).

Ordonnance sur la radioprotection (ORaP).

Ordonnance sur l'utilisation des sources radioactives non scellées.

Ordonnance sur la dosimétrie individuelle.

Transport de sources radioactives.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="21"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="45"/>	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu : évaluations écrites, présentations orales et/ou rapports écrits.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

**Références & Bibliographie**

- Polycopié "La radioprotection" de G. Triscone
- Loi sur la radioprotection (LRaP)
- Ordonnance sur la radioprotection (ORaP)
- Ordonnance sur la dosimétrie individuelle
- Ordonnance sur l'utilisation des sources radioactives non scellées
- Abrégé de biophysique des radiations, Guelfo G. Poretti, Presses polytechniques romandes, EPFL, CH-1015 Lausanne, 1988.

**Responsable de l'enseignement**

M. Anastasios Kanellakopoulos ([anastasios.kanellakopoulos@hesge.ch](mailto:anastasios.kanellakopoulos@hesge.ch))

**Unités de cours : MT\_294 – Bio-ingénierie 1 (BIO1)****Objectifs**

Apprendre quelques bases sur la structure et la fonction du vivant.

Apprendre quelques principes d'organisation du vivant au niveau moléculaire, cellulaire et de l'individu.

Se sensibiliser et familiariser avec l'interaction entre les matériaux et la matière vivante.

**Contenus**

A partir d'exemples d'interfaces implants-tissus biologiques (i.e pacemaker cardiaque et cérébral) :

Introduction aux différents milieux biologiques, et aux exigences d'utilisations des matériaux dans ces milieux : tests de toxicité et de biocompatibilité.

Aperçus des instruments utilisés en médecine et en biologie (les technologies appliquées dans l'exploration du monde vivant).

Introduction à l'ingénierie tissulaire et génétique.

Les réactions tissulaires à l'implantation de prothèses, le rôle du système immunitaire.

L'utilisation des biomatériaux dans la fabrication d'interface bio-électroniques.

Les biofilms : Biofilms. Biofouling. Surfaces de matériaux et stérilité.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="21"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="45"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

- Ex cathedra (amphi)     Frontal participatif     Atelier / Laboratoire / Séminaire

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu : évaluations écrites, présentations orales et/ou rapports écrits.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Les dates et les pondérations sont transmises au début du cours.

La note MT\_294 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre de deuxième année.

**Référence & Bibliographie**

- Engineering tissues for in vitro applications S.R. Kethani, Current Opinion in Biotechnology 2006, 17:524–531.

**Responsable de l'enseignement**

M. Adrien Roux ([adrien.roux@hesge.ch](mailto:adrien.roux@hesge.ch))