

MT2 : Microtechniques 2^{ème} 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 matériaux et horlogerie**
- **MT_28 Option conception électronique**
- **MT_29 Option bio-ingénierie**

Descriptif de module : MT_20 Sciences de l'ingénieur 3

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_20 Sciences de l'ingénieur 3 (7 ECTS) 2026-2027

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 : **Jérôme Extermann**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- Appliquer les outils mathématiques et ses méthodes à la résolution de problèmes de physique et de technique de l'ingénieur ;
- Modéliser et mettre en équation des systèmes oscillants ainsi que la propagation d'ondes dans différents milieux ;
- Appliquer les notions, les lois et les méthodes ci-dessus à la résolution des problèmes en lien avec la pratique professionnelle.

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne
Mathématiques 3 (MTH3) – MT_201	Obligatoire	64p.*
TP & Projet		
Physique 3 (PHY3) – MT_202	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	32p.*

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

Répartition horaire : Enseignement : 96 heures
Travail autonome : 114 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_201 – MTH3 = 50%

MT_202 – PHY3 = 50%

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

Ce module est non remédiable.

La présence aux laboratoires (travaux pratiques), ateliers, projets et évaluations est obligatoire.

Dans le cas où le taux total d'absences (justifiées ou non) à une unité de cours est supérieur à 20%, le conseil de filière peut décider, sur proposition de l'enseignant concerné, qu'elle est non validée.

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).

Sauf mention contraire explicite, toute évaluation est réalisée individuellement et sans aide extérieure de quelque nature que ce soit. Lorsque le recours à l'IA est autorisé, son utilisation doit être mentionnée explicitement en lien avec la partie du travail qui en a bénéficié, et la nature de son usage précisé.

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
avoir suivi	MT_12 Conception mécanique
	MT_13 Conception électrique

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,
- Fonctions de plusieurs variables, dérivées, dérivées partielles, différentielle,
- Transformées de Laplace,
- Séries de Fourier,
- Initiation à la théorie des distributions (Dirac),
- Transformées de Fourier.

Répartition horaire

Enseignement :	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	56	Heures	
Total :	104	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)

Unité de cours : MT_202 – Physique 3 (PHY3)

Objectifs

Acquérir et maîtriser les connaissances fondamentales de physique générale nécessaires à l'analyse et à la résolution de problèmes rencontrés en ingénierie microtechnique.

Mettre en pratique les outils et méthodes mathématiques de l'ingénieur pour la modélisation et la résolution de problèmes physiques.

Acquérir et appliquer une démarche scientifique rigoureuse dans le cadre d'expériences de physique. Vérifier expérimentalement les lois fondamentales de la physique et développer les compétences liées à la méthodologie de mesure et à l'analyse des résultats expérimentaux.

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 :	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	58	heures	
Total :	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)
M. Jérôme Extermann (jerome.extermann@hesge.ch)

Descriptif de module : MT_21 Sciences de l'ingénieur 4

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_21 Sciences de l'ingénieur 4 (5 ECTS) 2026-2027

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 : **Jérôme Extermann**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- Appliquer les outils mathématiques et ses méthodes à la résolution de problèmes de physique et de technique de l'ingénieur ;
- Mettre en œuvre et dimensionner des systèmes optiques simples ;
- Appliquer les notions, les lois et les méthodes ci-dessus à la résolution des problèmes en lien avec la pratique professionnelle.

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Printemps
Mathématiques 4 (MTH4) – MT_211	Obligatoire	32p.*
TP & Projet		
Physique 4 (PHY4) – MT_212	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	32p.*

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

Répartition horaire : Enseignement : 72 heures
Travail autonome : 78 heures
Total : 150 heures équivalent à 5 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_211 – MTH4 = 34%

MT_212 – PHY4 = 66%

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

Ce module est non remédiable.

La présence aux laboratoires (travaux pratiques), ateliers, projets et évaluations est obligatoire.

Dans le cas où le taux total d'absences (justifiées ou non) à une unité de cours est supérieur à 20%, le conseil de filière peut décider, sur proposition de l'enseignant concerné, qu'elle est non validée.

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).

Sauf mention contraire explicite, toute évaluation est réalisée individuellement et sans aide extérieure de quelque nature que ce soit. Lorsque le recours à l'IA est autorisé, son utilisation doit être mentionnée explicitement en lien avec la partie du travail qui en a bénéficié, et la nature de son usage précisé.

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
avoir suivi	MT_12 Conception mécanique
	MT_13 Conception électrique
	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 :	24	Heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	28	Heures	
Total :	52	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)

Unité de cours : MT_212 – Physique 4 (PHY4)

Objectifs

Acquérir et maîtriser les connaissances fondamentales de physique générale nécessaires à l'analyse et à la résolution de problèmes rencontrés en ingénierie microtechnique.

Mettre en pratique les outils et méthodes mathématiques de l'ingénieur pour la modélisation et la résolution de problèmes physiques.

Acquérir et appliquer une démarche scientifique rigoureuse dans le cadre d'expériences de physique. Vérifier expérimentalement les lois fondamentales de la physique et développer les compétences liées à la méthodologie de mesure et à l'analyse des résultats expérimentaux.

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 :	50	heures	
Total :	98	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)
M. Jérôme Extermann (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 (11 ECTS) 2026-2027

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 :

- Maîtriser les montages électroniques les plus courants utilisant des amplificateurs opérationnels ;
- Appliquer les différentes méthodes de résolution sur des circuits électrotechniques en régime variable ;
- Connaître les différents types d'entraînements électriques rencontrés dans la pratique et être en mesure de pouvoir adéquatement les intégrer dans le cadre d'une application donnée ;
- 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 capteurs et des périphériques simples avec un microcontrôleur ;
- Modéliser un système dynamique linéaire avec des équations différentielles ;
- Évaluer les caractéristiques et les réponses temporelles d'un système dynamique linéaire ;
- Modéliser et simuler un système dynamique avec des outils informatiques modernes (*Python, Dymola*).

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne
Electronique 3 (ELC3) – MT_221	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	16p.*
Moteurs et actuateurs (TDC2) – MT_222	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	
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 :	174	heures	
	Total :	330	heures	équivalent à 11 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_221 – ELC3	=	25%
MT_222 – MOT	=	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.

La présence aux laboratoires (travaux pratiques), ateliers, projets et évaluations est obligatoire.

Dans le cas où le taux total d'absences (justifiées ou non) à une unité de cours est supérieur à 20%, le conseil de filière peut décider, sur proposition de l'enseignant concerné, qu'elle est non validée.

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).

Sauf mention contraire explicite, toute évaluation est réalisée individuellement et sans aide extérieure de quelque nature que ce soit. Lorsque le recours à l'IA est autorisé, son utilisation doit être mentionnée explicitement en lien avec la partie du travail qui en a bénéficié, et la nature de son usage précisé.

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 – Électronique 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 œuvre ;
- 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.

Contenus

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.

Répartition horaire

Enseignement :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	41	heures	
Total :	77	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 polycopié Electronique 3.
- 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. Davide Azzoni (davide.azzoni@hesge.ch)
M. Nicola Giandomenico (nicola.giandomenico@hesge.ch)

Unité de cours : MT_222 – Moteurs et actionneurs (MOT)

Objectifs

- Expliquer les principes de fonctionnement des moteurs électriques (DC, AC, synchrones, asynchrones, pas-à-pas, BLDC) et des principaux actionneurs électromécaniques.
- Identifier les paramètres dimensionnants (couple, vitesse, puissance, pertes, rendement) et appliquer les méthodes de calcul pour un dimensionnement de base.
- Comparer différentes technologies de moteurs et d'actionneurs en fonction des applications industrielles.
- Appliquer les méthodes de commande de base (PWM, V/f, variateurs, bus de communication industriels).
- Sélectionner un moteur/actionneur adapté à une application donnée, en tenant compte du cahier des charges et des contraintes techniques/économiques.

Contenus

Moteurs DC

- Brushed : principe, types, applications, commande simple, mesures (encodeur).
- Brushless (BLDC) : principe, types, applications, contrôle électronique, capteurs de Hall/encodeur.

Paramètres & Dimensionnement

- Rendement, couple, vitesse, pertes, échauffement, refroidissement.
- Bases du dimensionnement d'un moteur selon l'application.

Moteurs AC

- Asynchrones : principe, champ tournant, glissement, mono & triphasé, loi V/f, variateurs de fréquence.
- Synchrones : principe, PMSM, SynRM, différences avec les asynchrones, bases de commande.

Applications & Dimensionnement

- Méthodologie de choix selon cahier des charges (convoyeur, pompe/ventilateur, axe linéaire).

Autres moteurs et actionneurs

- Pas-à-pas : fonctionnement, drivers, micro-stepping, homing, encodeur.
- Actionneurs spéciaux : servomoteurs, pneumatiques, hydrauliques, piézoélectriques, MEMS.
- Actionneurs linéaires : fonctionnement, commande et asservissement.

Répartition horaire

Enseignement :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	27	heures	
Total :	51	heures	de travail pour ce cours

Modalités d'enseignement

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

Modalités d'évaluation

- ☒ Contrôle continu :
 - Evaluations écrites

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre. Le détail est transmis au début du cours.

Référence & Bibliographie

- Copie des documents présentés au cours, présentations PowerPoint.

Responsable de l'enseignement

M. Lyes Choulak (lyes.choulak@hesge.ch)

Unité de cours : MT_223 – Architecture et programmation des microcontrôleurs 1 (APM1)**Objectifs**

Ce cours permet de comprendre les bases d'un système informatique embarqué basé autour d'un microcontrôleur.

Après avoir appris les bases de la programmation en C, l'étudiant sera amené à découvrir l'architecture et les périphériques interne d'un microcontrôleur (Timer...) et ses interfaces (GPIO, UART). Le lien entre le matériel et le logiciel est traité par de nombreux exemples pratiques mettant en œuvre des périphériques simples (bouton, led, afficheur 7 segments...).

A la fin du cours, l'étudiant est capable de développer un prototype simple avec une carte d'évaluation.

Contenus

Programmation en C.
Architecture d'un microcontrôleur.
Périphériques internes du microcontrôleur.
Interface du microcontrôleur.

Laboratoires sur carte Nucleo - STM32.

Répartition horaire

Enseignement :	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	53	heures	
Total :	101	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)

Unité de cours : MT_224 – Signaux et systèmes continus (SYC)

Objectifs

- 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 dynamiques (banc de test moteur DC, oscillateur horloger, banc de test accéléromètre)
- Acquisition et analyse de signaux mesurés sur maquettes (oscilloscope, NI Signal Express)
- Modélisation avec des logiciels informatiques (*Python, Dymola*)

Répartition horaire

Enseignement :	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	53	Heures	
Total :	101	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 « Signaux et Systèmes Continus », Michel Lauria

Responsable de l'enseignement

M. Michel Lauria (michel.lauria@hesge.ch)

Descriptif de module : MT_23

Systèmes électroniques 2

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_23 Systèmes électroniques 2 (7 ECTS)

2026-2027

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 :

- Analyser et concevoir des circuits comprenant des amplificateurs opérationnels (AO) ;
- Connaître les principales limitations des AO réels ;
- Connaître et mettre en œuvre les principaux types et techniques de filtrage d'un signal analogique ;
- Connaître et mettre en œuvre les principaux types d'alimentations linéaires ;
- Monter, tester et dépanner un circuit électronique ;
- Mesurer la similitude entre deux signaux ;
- Analyser le contenu fréquentiel des signaux ;
- Analyser et mettre en pratique les relations temps - fréquences et temps – lieu des pôles et des zéros ;
- Assurer la stabilité d'un système réglé ;
- Asservir un système du premier ou du deuxième ordre à une consigne.

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Printemps
Electronique 4 (ELC4) – MT_231	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	16p.*
Système asservis 1 (SAS1) – MT_232	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	16p.*
Traitement du signal (TDS) – MT_233	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	16p.*

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

Répartition horaire :	Enseignement :	108	heures	
	Travail autonome :	102	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_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.

La présence aux laboratoires (travaux pratiques), ateliers, projets et évaluations est obligatoire.

Dans le cas où le taux total d'absences (justifiées ou non) à une unité de cours est supérieur à 20%, le conseil de filière peut décider, sur proposition de l'enseignant concerné, qu'elle est non validée.

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).

Sauf mention contraire explicite, toute évaluation est réalisée individuellement et sans aide extérieure de quelque nature que ce soit. Lorsque le recours à l'IA est autorisé, son utilisation doit être mentionnée explicitement en lien avec la partie du travail qui en a bénéficié, et la nature de son usage précisé.

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, second et n^{ième} 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.

Contenus

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 ;

Amplificateurs différentiels :

- Amplificateurs d'instrumentation ;
- Applications.

Filtres :

- Réponse fréquentielle, diagrammes de Bode ;
- Filtres du 2^{ième} 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 :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	34	heures	
Total :	70	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 polycopié Electronique 3
- 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)
M. Davide Azzoni (davide.azzoni@hesge.ch)

Unité de cours : MT_232 – Systèmes asservis 1 (SAS1)

Objectifs

Asservir un système du premier ou du deuxième ordre à une consigne.
Dimensionner des régulateurs classiques tels que P, PI, PID.
Asservir des systèmes, y compris 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 :	34	heures	
Total :	70	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, volume1*, hepia, Genève, J.-M. Allenbach.

Responsable de l'enseignement

M. Jeremy Olivier (jeremy.olivier@hesge.ch)

Unité de cours : MT_233 – Traitement du signal (TDS)**Objectifs**

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

- caractériser et représenter des signaux déterministes et aléatoires ;
- analyser et interpréter le contenu fréquentiel de signaux à l'aide des outils de Fourier ;
- appliquer les principales opérations de traitement du signal, notamment l'échantillonnage, l'interpolation, la convolution et la corrélation, et en analyser les effets ;
- mettre en œuvre en Python des méthodes de traitement du signal et interpréter les résultats obtenus.

Contenus

- Signaux déterministes : signaux de base, propriétés et classification.
- Représentation vectorielle des signaux et changement de base.
- Analyse fréquentielle : séries et transformée de Fourier.
- Introduction aux signaux aléatoires et aux outils statistiques associés.
- Échantillonnage et interpolation.
- Convolution et corrélation.
- Mise en œuvre numérique de méthodes de traitement du signal en Python.

Travaux en laboratoire

Des travaux pratiques permettent d'appliquer les concepts théoriques à des exemples concrets. Les exercices sont mis en œuvre en Python.

Répartition horaire

Enseignement :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	34	heures	
Total :	70	heures	de travail pour ce cours

Modalités d'enseignement

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

Modalités d'évaluation

- ☒ Contrôle continu avec :
- des évaluations théoriques et/ou pratiques.
 - des activités réalisées durant le semestre pouvant donner lieu à l'attribution de points bonus.

La note de l'unité d'enseignement est calculée à partir de la moyenne pondérée des différentes évaluations réalisées pendant le semestre. Les modalités d'évaluation, les dates, les pondérations ainsi que les conditions d'attribution d'éventuels points bonus sont communiquées au début du cours.

Référence & Bibliographie

- Supports de cours.
- Université numérique, *Analysez les signaux 1D*. Ressource pédagogique en ligne : <https://moodle.luniversitenumerique.fr/course/view.php?id=30#section-1>.
- Schaedler, J., *Seeing Circles, Sines, and Signals: A Compact Primer on Digital Signal Processing*. Ressource interactive en ligne : <https://jackschaedler.github.io/circles-sines-signals/>.
- Downey, A. B., *Think DSP: Digital Signal Processing in Python*. Ouvrage disponible en ligne : <https://greenteapress.com/wp/?p=41>.
- 3Blue1Brown, *But What Is the Fourier Transform? A Visual Introduction*. Vidéo YouTube : <https://youtu.be/spUNpyF58BY>.

Responsable de l'enseignement

Mme Valérie Duay (valerie.duay@hesge.ch)

Descriptif de module : MT_24 Systèmes microtechniques 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_24 Systèmes microtechniques 1 (11 ECTS) 2026-2027

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 : **Marc Jobin**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- analyser un système microtechnique jusqu'à ses composants élémentaires, d'en déduire sa structure et d'être capable d'identifier les éléments de base de type capteurs et d'expliquer leur fonctionnement ;
- compléter des notions de base concernant les matériaux céramiques et polymères
- illustrer les liens entre les structures, les propriétés physiques et les procédés de mise en œuvre.
- appliquer des compétences de base en chimie générale.
- appliquer concrètement les connaissances théoriques de base en mécanique
- savoir utiliser à un niveau intermédiaire un logiciel de CAO
- comprendre le fonctionnement d'un mouvement horloger mécanique
- comprendre et dimensionner les éléments d'un mouvement mécanique simple.

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne
Conception microtechnique 1 (MIC1) – MT_241	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	16p.*
Matériaux 3 (MAT3) – MT_242	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	32p.*
Chimie 1 (CHI1) – MT_243	Obligatoire	32p.*
Conception assistée par ordinateur 2 (CAO2) MT_244		
TP & Projet	Obligatoire	32p.*
Eléments de construction (EDC1) MT_245	Obligatoire	32p.*

*Indications en périodes d'enseignement de 45 min.

Répartition horaire :	Enseignement :	156	heures	
	Travail autonome :	174	heures	
	Total :	330	heures	équivalent à 11 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.

La présence aux laboratoires (travaux pratiques), ateliers, projets et évaluations est obligatoire.

Dans le cas où le taux total d'absences (justifiées ou non) à une unité de cours est supérieur à 20%, le conseil de filière peut décider, sur proposition de l'enseignant concerné, qu'elle est non validée.

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).

Sauf mention contraire explicite, toute évaluation est réalisée individuellement et sans aide extérieure de quelque nature que ce soit. Lorsque le recours à l'IA est autorisé, son utilisation doit être mentionnée explicitement en lien avec la partie du travail qui en a bénéficié, et la nature de son usage précisé.

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 fournir les bases nécessaires à la compréhension, à l'analyse et à l'utilisation des systèmes de mesure en microtechnique. Le-la futur-e ingénieur-e développe les compétences lui permettant de caractériser des capteurs, d'interpréter leurs paramètres métrologiques et de sélectionner des solutions de mesure adaptées à une application donnée.. A la fin de ce cours, l'étudiant-e sera capable de :

- analyser une chaîne de mesure et identifier le rôle des différents éléments intervenant dans l'acquisition d'une grandeur physique ;
- évaluer les paramètres métrologiques d'un système de mesure à partir de ses caractéristiques techniques et de données expérimentales ;
- analyser le fonctionnement de différents types de capteurs et les dimensionner pour des applications classiques ;
- utiliser un descriptif technique d'un système de mesure pour comparer, sélectionner et mettre en œuvre une solution adaptée à une application donnée.

Contenus*Introduction :*

- définitions, contexte historique, géographique et économique des microtechniques ;.

Systèmes microtechniques :

- notions de composants de base : les capteurs :
 - Paramètres métrologiques des systèmes de mesure
 - Capteurs résistifs
 - Capteurs capacitifs et inductifs
 - Les caractéristiques dynamiques des capteurs
 - Accéléromètre

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 :	36	Heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	42	Heures	
Total :	78	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)

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 :	48	Heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	52	Heures	
Total :	100	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)

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**

- Niveaux de structuration, corps purs et mélanges, propriétés physiques et chimiques, 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, tendances périodiques et variations de propriétés

Les molécules

- Les différents types de liaisons : ionique, covalente, métallique
- Le schéma de Lewis (construction des formules développées), configuration géométrique des molécules
- La résonance et l'hybridation

Les interactions intermoléculaires (van der Waals)

- Molécules polaires et non polaires
- Les différentes interactions (Keesom, Debye, London) et leur principales conséquences (physiques et biologiques, applications)

Nomenclature de la chimie inorganique

- Classement des molécules
- Construction du nom à partir de la formule moléculaire et vice versa

Les réactions chimiques :

- L'équation chimique – représentation, bilan, spontanéité, vitesse, équilibres chimiques et le principe de Le Chatelier
- Les solutions aqueuses – la dissociation électrolytique, électrolytes
- Types de réactions inorganiques (précipitations, neutralisations, complexation, oxydoréductions, électrochimie)
- Calculs stoechiométriques en général : masse, mole, gaz, concentrations, dilution
- Calculs concernant les acides et bases : pH des acides, bases forts et faibles, de sels, systèmes tampons, acides, bases polyfonctionnelles, titrations

Répartition horaire

Enseignement :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	28	heures	
Total :	52	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-le Mans.fr/enseignements/chimie/01/theme0.html>

Responsable de l'enseignement

Mme Martina Zsely-Schaffter (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 sous Creo Parametric.
- Construction d'un prototype de principe.
- Présentation de son travail.

Répartition horaire

Enseignement :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	24	heures	
Total :	48	heures	de travail pour ce cours

Forme d'enseignement

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

Modalités d'évaluation

- ☒ Contrôle continu : Rendus CAO, présentations orales.

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 "Creo"
- 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)
 M. Nicolas Dufraine (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 :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	28	heures	
Total :	52	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)
M. Bruno Silva Gil (bruno.silva-gil@hesge.ch)

Descriptif de module : MT_25

Systèmes microtechniques 2

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_25 Systèmes microtechniques 2 (7 ECTS) 2026-2027

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 : **Marc Jobin**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- utiliser un descriptif des caractéristiques et performances techniques d'un système de mesure capteur pour comparer, choisir, et utiliser dans un contexte d'application défini.
- Appliquer une démarche systémique incluant l'éventail des propriétés dans le choix des matériaux.
- Appliquer des compétences de base en chimie générale.
- Appliquer concrètement les connaissances théoriques de base en mécanique.

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Printemps
Conception microtechnique 2 (MIC2) – MT_251	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	16p.*
Matériaux 4 (MAT4) – MT_252	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	32p.*
Chimie 2 (CHI2) MT_253	Obligatoire	32p.*

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

Répartition horaire : Enseignement : 108 heures
 Travail autonome : 102 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_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.

La présence aux laboratoires (travaux pratiques), ateliers, projets et évaluations est obligatoire.

Dans le cas où le taux total d'absences (justifiées ou non) à une unité de cours est supérieur à 20%, le conseil de filière peut décider, sur proposition de l'enseignant concerné, qu'elle est non validée.

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).

Sauf mention contraire explicite, toute évaluation est réalisée individuellement et sans aide extérieure de quelque nature que ce soit. Lorsque le recours à l'IA est autorisé, son utilisation doit être mentionnée explicitement en lien avec la partie du travail qui en a bénéficié, et la nature de son usage précisé.

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 développer chez l'ingénieur-e en microtechniques une vision systémique des produits microtechniques et à l'initier aux méthodes de conception et de développement utilisées en milieu industriel. Il permet d'acquérir les bases nécessaires à l'analyse fonctionnelle, à la définition des besoins, à la rédaction de spécifications et à l'intégration des différents composants d'un système microtechnique. A la fin de ce cours, l'étudiant-e sera capable de :

- analyser l'architecture d'un système microtechnique et identifier les fonctions assurées par ses principaux sous-systèmes (capteurs, commande, actionneurs, transmission, alimentation et interface utilisateur) ;
- appliquer les principales étapes d'une démarche de conception et de développement de produit, depuis l'expression du besoin jusqu'à la définition de solutions techniques ;
- élaborer un dossier de conception comprenant notamment un cahier des charges fonctionnel, des spécifications techniques ainsi qu'une analyse fonctionnelle et des risques ;
- utiliser des outils méthodologiques de conception tels que le Quality Function Deployment et les principes de gestion des risques afin de justifier des choix de conception.

Contenus*Autres 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 ;
- documentation

Travaux en laboratoire

Pendant les séances de travaux pratiques, les étudiant-e-s étudient et caractérisent des capteurs inertiels (accéléromètres et inclinomètres) au moyen d'expériences pratiques. Ils réalisent également une activité de reverse engineering d'un système microtechnique afin d'en analyser l'architecture et les fonctions, puis d'appliquer des outils de conception tels que l'arbre des objectifs et l'analyse fonctionnelle.

Répartition horaire

Enseignement :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	36	Heures	
Total :	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)

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 :	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	48	Heures	
Total :	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)

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 sécurité chimique, en chimie générale et en chimie organique.

Contenus**Les matières dangereuses :**

- ☞ Danger, risque chimique, signalisation, étiquetage, lois et ordonnances, le système général harmonisé, la fiche de sécurité
- ☞ Toxiques, cancérigènes, inflammables, solvants, gaz, corrosifs, autres... et leur compatibilité
- ☞ Transport des matières dangereuses

Thermochimie, thermodynamique, cinétique

- ☞ La spontanéité 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, l'isomérisation
- ☞ La nomenclature organique
- ☞ Les macromolécules fonctionnelles (glucides, lipides, protéines, acides nucléiques)
- ☞ Les polymères
- ☞ Les réactions organiques (classification, sans mécanisme), les réactions typiques des différents groupes fonctionnels
- ☞ Les bases de la synthèse organique (les facteurs à contrôler) et la stratégie (concept retro synthèse)

Répartition horaire

Enseignement :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	18	heures	
Total :	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 : minimum 2
 - Rapports écrits de travaux : 2

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 2 semaines avant l'évaluation.

Références & Bibliographie

- Chimie générale pour Ingénieurs, Claude K.W. Friedli
- Traité de chimie organique K. Peter C. Vollhart

Responsable de l'enseignement

Mme Martina Zsely-Schaffter (martina.zsely-schaffter@hesge.ch)

Descriptif de module : MT_26 Projet et logiciels métiers

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 et logiciels métiers (6 ECTS) 2026-2027

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	
Modélisation et simulation (SIM) – MT_262	Obligatoire	
TP & Projet	Obligatoire	16p.*
Instrumentation 1 (TDB1) – MT_263	Obligatoire	
TP & Projet	Obligatoire	16p.*

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

Répartition horaire : Enseignement : heures
Travail autonome : heures
Total : heures équivalent à 6 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 – SIM = 25%

MT_263 – TDB1 = 25%

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

Ce module est non remédiable.

La présence aux laboratoires (travaux pratiques), ateliers, projets et évaluations est obligatoire.

Dans le cas où le taux total d'absences (justifiées ou non) à une unité de cours est supérieur à 20%, le conseil de filière peut décider, sur proposition de l'enseignant concerné, qu'elle est non validée.

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).

Sauf mention contraire explicite, toute évaluation est réalisée individuellement et sans aide extérieure de quelque nature que ce soit. Lorsque le recours à l'IA est autorisé, son utilisation doit être mentionnée explicitement en lien avec la partie du travail qui en a bénéficié, et la nature de son usage précisé.

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
- MT_14 Softskills
- MT_15 Projet

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 en fonction des options des étudiants : horlogerie, électronique, bio-ingénierie.

- Individuel ou par petit groupe;
- 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, ...);
- Possibilité de réaliser une partie du projet par technique de prototypage rapide
- un tuteur et une équipe d'enseignants « à disposition » encadre le projet.

Répartition horaire

Enseignement :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	66	heures	
Total :	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.

Références bibliographiques

- Tutoriel Altium Designer, Nicola Giandomenico

Responsables de l'enseignement

M. Alvaro Hüsey (alvaro.hussy@hesge.ch)
M. Nicola Giandomenico (nicola.giandomenico@hesge.ch)
M. Adrien Roux (adrien.roux@hesge.ch)

Unité de cours : MT_262 – Modélisation et simulation (SIM)**Objectifs**

- Introduction à la simulation numérique appliquée à la mécanique vibratoire et à l'électromagnétisme.
- Confronter les mesures d'expériences physiques simples avec les résultats de calcul par les simulations numériques correspondantes réalisées sous Comsol Multiphysics®.
- Comparaisons des résultats expérimentaux et ceux obtenus par simulation avec les prédictions théoriques issus de modèles analytiques.
- 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 ;
- travail en équipe ;
- etc.,

Répartition horaire

Enseignement :	12	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	33	heures	
Total :	45	heures	de travail pour ce cours

Forme d'enseignement

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

Modalités d'évaluation

☒ Contrôle continu : Assiduité, Présentations orales

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),
M. Nicolas Andreini (nicolas.andreini@hesge.ch).
M. Romain Boulandet (romain.boulandet@hesge.ch)

Unité de cours : MT_263 – Instrumentation1 (TMI)**Objectifs d'apprentissage**

Le but de ce cours est de donner une vision intégrée du développement instrumental et d'acquérir les compétences opérationnelles pour réaliser des bancs de mesures ou des instruments scientifiques.

- Offrir une première expérience avec un environnement de programmation Graphique (LabVIEW) ;
- Sensibiliser l'étudiant à la notion de besoin et au choix de la solution à la fois matériel et logiciel ;
- Réaliser une interface simple de contrôle et de mesure avec LabVIEW en appliquant les concepts de base de la programmation graphique.

Contenus

Présentation de LabVIEW et de l'environnement de programmation. Introduction des notions de bases.

Présentation des structures de données et réalisation des premiers programmes simples.

Introduction à l'acquisition de données (exercices avec acquisitions de signaux et capteurs).

Réalisation d'une interface de contrôle en LabVIEW, permettant l'acquisition et la manipulation de signaux, ainsi que leur présentation via une interface graphique réalisée par l'étudiant.

Répartition horaire

Enseignement :	12	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	33	heures	
Total :	45	heures	de travail pour ce cours

Modalités d'enseignement

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

Modalités d'évaluation

- ☒ Contrôle continu avec :
- Evaluation écrite

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

- Fournies par l'enseignant en début de cours

Responsable de l'enseignement

M. Antoine Benoit (antoine-adrien-victor.benoit@hesge.ch)

Descriptif de module : MT_27

Option matériaux et horlogerie

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_27 Option matériaux et horlogerie (6 ECTS) 2026-2027

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 : **Vincent Beux**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- Apprendre à conduire une étude ;
- Dimensionner les éléments de construction horlogère ;
- Sélectionner les bonnes méthodes de fabrication et d'assemblage horloger permettant d'obtenir la qualité souhaitée ;
- Déterminer les moyens d'assemblage et de lubrification adéquats suivant la problématique.

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Printemps
Construction horlogère (COH) – MT_271	Obligatoire	64p.*
Éléments de construction horloger (EDC2) – MT_272	Obligatoire	32p.*
Qualité horlogère (QHO) – MT_273	Obligatoire	16p.*
Complications horlogères (CHO) – MT_274	Obligatoire	16p.*

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

Répartition horaire :	Enseignement :	96	heures	
	Travail autonome :	84	heures	
	Total :	180	heures	équivalent à 6 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_271 – COH	=	50%
MT_272 – EDC2	=	25%
MT_273 – QHO	=	12%
MT_274 – CHO	=	13%

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

Ce module est non remédiable.

La présence aux laboratoires (travaux pratiques), ateliers, projets et évaluations est obligatoire.

Dans le cas où le taux total d'absences (justifiées ou non) à une unité de cours est supérieur à 20%, le conseil de filière peut décider, sur proposition de l'enseignant concerné, qu'elle est non validée.

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).

Sauf mention contraire explicite, toute évaluation est réalisée individuellement et sans aide extérieure de quelque nature que ce soit. Lorsque le recours à l'IA est autorisé, son utilisation doit être mentionnée explicitement en lien avec la partie du travail qui en a bénéficié, et la nature de son usage précisé.

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
		MT_24 Systèmes microtechniques 1

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 :	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	42	heures	
Total :	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
- Photocopie « Construction horlogère » Denis Rudaz

Responsable de l'enseignement

M. Denis Rudaz (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.
- Connaître 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 :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	21	heures	
Total :	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)

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 :	12	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	10	heures	
Total :	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. Alvaro Hussy (alvaro.hussy@hesge.ch)

Unité de cours : MT_274 – Complications horlogères (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 :	12	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	11	heures	
Total :	23	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)

Descriptif de module : MT_28 Option conception électronique

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_28 Option conception électronique (6 ECTS) 2026-2027

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 : **Valérie Duay**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- développer rapidement de petites applications multiplateformes en Python intégrant une interface graphique, la gestion de données et l'interaction avec des périphériques ou capteurs ;
- connaître les caractéristiques principales des composants optiques et optoélectroniques utilisés en microtechnique et savoir les sélectionner en fonction de l'application envisagée ;
- mettre en oeuvre un petit système numérique constitué de composants tels qu'un microprocesseur, des actionneurs, des capteurs odométriques, une caméra linéaire, des capteurs de distance.

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Printemps
Applications mobiles avec capteurs (AMC) – MT_281		
TP & Projet	Obligatoire	32p.*
Optoélectronique (OPE) – MT_282	Obligatoire	32p.*
TP & Projet		
Architecture et programmation des microcontrôleurs 2 (APM2) – MT_283	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	32p.*

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

Répartition horaire : Enseignement : heures

Travail autonome : heures

Total : heures équivalent à 6 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_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.

La présence aux laboratoires (travaux pratiques), ateliers, projets et évaluations est obligatoire.

Dans le cas où le taux total d'absences (justifiées ou non) à une unité de cours est supérieur à 20%, le conseil de filière peut décider, sur proposition de l'enseignant concerné, qu'elle est non validée.

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).

Sauf mention contraire explicite, toute évaluation est réalisée individuellement et sans aide extérieure de quelque nature que ce soit. Lorsque le recours à l'IA est autorisé, son utilisation doit être mentionnée explicitement en lien avec la partie du travail qui en a bénéficié, et la nature de son usage précisée.

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
 MT_22 Systèmes électroniques 1

Unité de cours : MT_281 – Applications mobiles avec capteurs (AMC)**Objectifs**

À la fin du cours, l'étudiant·e sera capable de :

- développer rapidement de petites applications multiplateformes en Python intégrant une interface graphique, la gestion de données et l'interaction avec des périphériques ou capteurs ;
- appliquer les principes de la programmation événementielle et orientée objet afin de concevoir des applications structurées, évolutives et maintenables ;
- utiliser les principaux outils et méthodes du développement logiciel, notamment le versionnement du code, le débogage et les tests ;
- utiliser de manière critique et raisonnée des outils d'intelligence artificielle comme aide au développement, tout en étant capable de comprendre, vérifier, expliquer et modifier le code produit avec leur assistance.

Contenus

- **Développement d'applications en Python** : conception, structuration et mise en œuvre de petites applications.
- **Programmation orientée objet** : classes, objets, attributs, méthodes, encapsulation et principes de structuration du code.
- **Interfaces graphiques et programmation événementielle** : conception d'interfaces utilisateur, gestion des événements et interactions entre l'interface et la logique applicative.
- **Gestion de données et interaction avec des périphériques ou capteurs** : acquisition, traitement, stockage, visualisation et échange de données.
- **Méthodes et outils de développement logiciel** : organisation du code, débogage, tests et gestion de versions avec Git.
- **Intelligence artificielle appliquée au développement logiciel** : utilisation raisonnée d'outils d'IA pour assister le développement, analyse critique des solutions proposées et vérification, compréhension et modification du code généré ou assisté.
- **Mini-projet** : conception et développement progressif d'une application intégrant plusieurs des notions abordées dans le cours.

Répartition horaire

Enseignement :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	21	heures	
Total :	45	heures	de travail pour ce cours

Forme d'enseignement

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

Modalités d'évaluation

- ☒ Contrôle continu avec :
- une évaluation individuelle écrite des connaissances et compétences acquises ;
 - un mini-projet, comprenant des livrables et une défense orale.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des différentes évaluations réalisées pendant le semestre. Les modalités détaillées, les dates, les pondérations et les points bonus sont communiquées au début du cours.

Références & Bibliographie

- Supports de cours.
- W3Schools — Python Tutorial : <https://www.w3schools.com/python/>.
- Atlassian — Git Tutorials : <https://www.atlassian.com/git/tutorials>.
- Zotero — Quick Start Guide : https://www.zotero.org/support/quick_start_guide.
- Documentation des bibliothèques et outils de développement utilisés dans le cadre du cours disponible sur Cyberlearn.

Responsable de l'enseignement

Mme Valérie Duay (valerie.duay@hesge.ch)

Unité de cours : MT_282 – 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, ... ;
- photodiodes, capteurs d'images CCD et CMOS.

Les microsystèmes optiques :

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

Répartition horaire

Enseignement :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	21	heures	
Total :	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)

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 :	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	42	heures	
Total :	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)

Descriptif de module : MT_29 Option bio-ingénierie

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_29 Option bio-ingénierie (6 ECTS) 2026-2027

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 : **Stéphane Bourquin**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- développer rapidement de petites applications multiplateformes en Python intégrant une interface graphique, la gestion de données et l'interaction avec des périphériques ou capteurs ;
- connaître les caractéristiques principales des composants optiques et optoélectroniques utilisés en microtechnique et savoir les sélectionner en fonction de l'application envisagée ;
- comprendre les notions de base de la radioprotection opérationnelle.

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Printemps
Applications mobiles avec capteurs (AMC) – MT_291		
TP & Projet	Obligatoire	32p.*
Optoélectronique (OPE) – MT_292	Obligatoire	32p.*
TP & Projet		
Radioprotection opérationnelle (REC) – MT_293	Obligatoire	32p.*
TP & Projet		
Bio-ingénierie 1 (BIO1) – MT_294	Obligatoire	32p.*
TP & Projet		

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

Répartition horaire : Enseignement : heures

Travail autonome : heures

Total : heures équivalent à 6 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_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.

La présence aux laboratoires (travaux pratiques), ateliers, projets et évaluations est obligatoire.

Dans le cas où le taux total d'absences (justifiées ou non) à une unité de cours est supérieur à 20%, le conseil de filière peut décider, sur proposition de l'enseignant concerné, qu'elle est non validée.

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).

Sauf mention contraire explicite, toute évaluation est réalisée individuellement et sans aide extérieure de quelque nature que ce soit. Lorsque le recours à l'IA est autorisé, son utilisation doit être mentionnée explicitement en lien avec la partie du travail qui en a bénéficié, et la nature de son usage précisée.

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
		MT_22 Systèmes électroniques 1

Unité de cours : MT_291 – Applications mobiles avec capteurs (AMC)**Objectifs**

À la fin du cours, l'étudiant·e sera capable de :

- développer rapidement de petites applications multiplateformes en Python intégrant une interface graphique, la gestion de données et l'interaction avec des périphériques ou capteurs ;
- appliquer les principes de la programmation événementielle et orientée objet afin de concevoir des applications structurées, évolutives et maintenables ;
- utiliser les principaux outils et méthodes du développement logiciel, notamment le versionnement du code, le débogage et les tests ;
- utiliser de manière critique et raisonnée des outils d'intelligence artificielle comme aide au développement, tout en étant capable de comprendre, vérifier, expliquer et modifier le code produit avec leur assistance.

Contenus

- **Développement d'applications en Python** : conception, structuration et mise en œuvre de petites applications.
- **Programmation orientée objet** : classes, objets, attributs, méthodes, encapsulation et principes de structuration du code.
- **Interfaces graphiques et programmation événementielle** : conception d'interfaces utilisateur, gestion des événements et interactions entre l'interface et la logique applicative.
- **Gestion de données et interaction avec des périphériques ou capteurs** : acquisition, traitement, stockage, visualisation et échange de données.
- **Méthodes et outils de développement logiciel** : organisation du code, débogage, tests et gestion de versions avec Git.
- **Intelligence artificielle appliquée au développement logiciel** : utilisation raisonnée d'outils d'IA pour assister le développement, analyse critique des solutions proposées et vérification, compréhension et modification du code généré ou assisté.
- **Mini-projet** : conception et développement progressif d'une application intégrant plusieurs des notions abordées dans le cours.

Répartition horaire

Enseignement :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	21	heures	
Total :	45	heures	de travail pour ce cours

Forme d'enseignement

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

Modalités d'évaluation

- ☒ Contrôle continu avec :
- une évaluation individuelle écrite des connaissances et compétences acquises ;
 - un mini-projet, comprenant des livrables et une défense orale.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des différentes évaluations réalisées pendant le semestre. Les modalités détaillées, les dates, les pondérations et les points bonus sont communiquées au début du cours.

Références & Bibliographie

- Supports de cours.
- W3Schools — Python Tutorial : <https://www.w3schools.com/python/>.
- Atlassian — Git Tutorials : <https://www.atlassian.com/git/tutorials>.
- Zotero — Quick Start Guide : https://www.zotero.org/support/quick_start_guide.
- Documentation des bibliothèques et outils de développement utilisés dans le cadre du cours disponible sur Cyberlearn.

Responsable de l'enseignement

Mme Valérie Duay (valerie.duay@hesge.ch)

Unité de cours : MT_292 – 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, ... ;
- photodiodes, capteurs d'images CCD et CMOS.

Les microsystèmes optiques :

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

Répartition horaire

Enseignement :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	21	heures	
Total :	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)

Unité de cours : MT_293 – 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 β^- , β^+ , α . Capture électronique, émission γ , 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 :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	21	heures	
Total :	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)

Unités de cours : MT_294 – Bio-ingénierie 1 (BIO1)**Objectifs**

Ce cours vise à initier le-la futur-e ingénieur-e au domaine de la biologie et aux interactions entre la biologie et l'ingénierie :

- Apprendre quelques bases sur la structure et la fonction du vivant.
- Apprendre quelques principes d'organisation du vivant au niveau moléculaire, cellulaire, organe, systémique 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.

Les différents organes du corps humain et les systèmes associés avec des application de bio-ingénierie.

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.

Cette unité de cours peut comporter une visite de laboratoire ou d'entreprise ainsi que l'intervention de spécialistes.

Répartition horaire

Enseignement :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	21	heures	
Total :	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.

Référence & Bibliographie

- Les références seront transmises pendant le cours.

Responsable de l'enseignement

M. Adrien Roux (adrien.roux@hesge.ch)