

MT3 : Microtechniques 3^{ème} année

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

- **MT_31 Projet**
- **MT_32 Microtechniques et production**
- **MT_33 Travail de Bachelor**
- **MT_34 Softskills**
- **MT_35 Instrumentation**
- **MT_41 MH / Horlogerie 1**
- **MT_42 MH / Surfaces et nanotechnologies**
- **MT_43 MH / Cours à choix**
- **MT_44 MH / Horlogerie 2**
- **MT_45 MH / Production et microfabrication**
- **MT_51 CE / Systèmes électroniques 1**
- **MT_52 CE / Systèmes numériques et réglage 1**
- **MT_53 CE / Cours à choix**
- **MT_54 CE / Systèmes électroniques 2**
- **MT_55 CE / Systèmes numériques et réglage 2**
- **MT_61 BIO / Nucléaire appliqué et biomédical**
- **MT_63 BIO / Acoustique, photonique, simulation et traitement d'images**
- **MT_64 BIO / Cours à choix**
- **MT_65 BIO / Nucléaire appliqué**
- **MT_66 BIO / Acoustique, simulation et traitement d'images**

Descriptif de module : MT_31 Projet

Filière : Microtechniques, degré 3

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_31 Projet (4 ECTS) 2025-2026

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 : S5/S6 | Responsable du module : **Stéphane Bourquin**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- appliquer les connaissances acquises dans les autres modules pour la résolution d'un problème d'ingénierie concret ;
- appliquer une méthode de travail de manière autonome ;
- conduire un projet, issu des besoins formulés par l'industrie, qu'il a lui-même choisi, voire proposé ;

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne	Sem. Printemps
Projet de semestre 1 (PRS1) – MT_311			
TP & Projet	Obligatoire	32p.*	
Projet de semestre 2 (PRS2) – MT_312			
TP & Projet	Obligatoire		32p.*

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

Répartition horaire : Enseignement : 48 heures

Travail autonome : 72 heures

Total : 120 heures équivalent à 4 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_311 – PRS1 = 34%

MT_312 – PRS2 = 66%

Toutes les unités de cours doivent avoir au minimum la note de 3.0 pour valider le module. Lorsqu'une matière est présente sur les deux semestres, c'est la moyenne pondérée des unités de cours concernées qui fait foi.

Ce module est 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_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 et logiciels métiers

un des modules suivants :

- MT_27 Option matériaux et horlogerie
- MT_28 Option conception électronique
- MT_29 Option bio-ingénierie

Unités de cours : MT_311 – Projet de semestre 1 (PRS1) MT_312 – Projet de semestre 2 (PRS2)
--

Objectifs d'apprentissage

- Acquérir les bases de la gestion de projet.
- Acquérir et renforcer des compétences théoriques et pratiques.
- Appliquer les connaissances acquises dans les autres modules pour la résolution d'un problème d'ingénierie concret.
- Appliquer une méthode de travail de manière autonome.
- Développer l'autonomie et le travail en équipe.

Contenus

Projet unique durant 16 semaines :

- l'étudiant-e choisi un travail de projet généralement proposé par un-e professeur-e mais peut aussi proposer lui-même un sujet. Dans ce cas l'étudiant-e doit trouver un professeur-e qui accepte de l'encadrer.
- dans la mesure du possible le sujet est en lien avec un partenaire économique externe.

Répartition horaire

Enseignement :	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	72	heures	
Total :	120	heures	de travail pour ce cours

Modalités d'enseignement

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

Modalités d'évaluation

Présentation orale devant un jury composé de professeurs de l'option et rendu du mémoire.

- Durée de la présentation : env. 15 minutes
- Démonstration : env. 5 minutes
- Réponses aux questions : env. 10 minutes

Coefficients de calcul de la note du projet:

- Présentation orale = 20%
- Mémoire = 40%
- Travail pratique = 40%

Les notes MT_311 et MT_312 sont acquises à la fin du projet semestre.

Références bibliographiques

- En lien avec le sujet du projet.

Responsable de l'enseignement

Professeur en charge du projet de semestre.

Descriptif de module : MT_32
Microtechniques et production

Filière : Microtechniques, degré 3

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 32 Microtechniques et production (3 ECTS)

2025-2026

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 : S5 | Responsable du module : **Martina Coscia**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- Expliquer le rôle, les enjeux et les défis d'un ingénieur multidisciplinaire dans un contexte industriel.
- Discerner les étapes clés d'un projet et identifier les différentes fonctions allant de la conception à la responsabilité de la fabrication d'un produit.
- Comprendre le fonctionnement général et concevoir un système microtechnique fini
- Définir et sélectionner les éléments clés d'un système microtechnique dans différentes applications et domaines (capteurs et actionneurs).
- Distinguer les facteurs limitants lors de la miniaturisation d'un système, en tenant compte des effets physiques impliqués, pour être capable de le dimensionner ;
- Apprendre les principes de base de la gestion de la production.

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne
Systèmes microtechniques et industrialisation (SMI) – MT_321	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	32p.*
Qualité industrielle (MPM) – MT_322	Obligatoire	16p.*
TP & Projet		

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

Répartition horaire :	Enseignement :	60	heures
-----------------------	----------------	----	--------

Travail autonome :	30	heures
--------------------	----	--------

Total :	90	heures	équivalent à 3 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_321 – SMI = 75%

MT_322 – MPM = 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 ».

Détail des pré-requis :	avoir suivi	MT_20 Sciences de l'ingénieur 3
		MT_21 Sciences de l'ingénieur 4
	avoir validé	MT_24 Systèmes microtechniques 1
		MT_25 Systèmes microtechniques 2

Unités de cours : MT_321 – Systèmes microtechniques et industrialisation (SMI)**Objectifs**

Ce cours vise à compléter la formation de base de l'ingénieur en microtechnique en le familiarisant avec les questions de conception et d'industrialisation de produits, la miniaturisation, et certains systèmes complexes microtechniques, pour le préparer aux défis d'un métier dans un contexte industriel multidisciplinaire où recherche, développement et production sont fortement liés.

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

- Discerner le rôle, les enjeux et les défis d'un ingénieur multidisciplinaire dans un contexte industriel, ainsi qu'expliquer les étapes clés du processus de conception et de développement de produits microtechniques nouveaux.
- Reconnaître des notions des techniques de fabrications.
- Appliquer des outils méthodologiques et techniques permettant une objectivité accrue ainsi qu'une productivité supérieure pour parcourir le chemin partant d'une idée et aboutissant à un produit.
- Distinguer les facteurs limitants lors de la miniaturisation d'un système, en tenant compte des effets physiques impliqués, pour être capable de le dimensionner.
- Mettre en œuvre ses compétences d'ingénieurs au niveau technique tout en étant conscient de la réalité industrielle et économique environnante de son activité.

Travaux en laboratoire :

- Pour illustrer le cours, le travail en laboratoire se fera sous forme de:
 - étude de cas d'un produit permettant notamment la conception, l'analyse des risques, les tests de vérification, etc... d'un système microtechnique simple.
 - visite de l'industrie au choix du groupe pour observer, étudier et décrire les techniques de fabrication et de production.
 - exercices sur la miniaturisation et les lois de similitude.

Contenus

Notions de processus industriel et d'innovation Outils méthodologiques de conception de produits:

- Etat de l'art
- Vérification et validation

Aspects liés au développement de produit:

- La fiabilité
- La qualité
- Le réglementaire
- La production: micro fabrication et techniques des fabrications

Méthode d'analyse d'effet de miniaturisation, lois similitudes (effets d'échelle, limites physiques)

Exemples de systèmes microtechniques

Répartition horaire

Enseignement :	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	22	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 : 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)

Unités de cours : MT_322 – Qualité industrielle (MPM)**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 :	8	heures	
Total :	20	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

A définir par l'enseignant

Responsable de l'enseignement

M. Patrick Jaton (patrick.jaton@edu.ge.ch)

Descriptif de module : MT_33 Travail de Bachelor

Filière : Microtechniques, degré 3

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_33 Travail de Bachelor (12 ECTS) 2025-2026

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 : S6 | Responsable du module : **Stéphane Bourquin**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- Réaliser, de façon structurée, autonome et complète, un travail de niveau Ingénieur.

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Printemps
Travail de Bachelor dans l'option (TDB) – MT_331		
TP & Projet	Obligatoire	9 semaines

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

Répartition horaire : Enseignement : 50 heures

Travail autonome : 310 heures

Total : 360 heures équivalent à 12 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_331 – TDB = 100%

La défense du travail de Bachelor ne pourra être effectuée que si les 168 ECTS du plan d'étude Microtechniques sont validés.

Ce module est remédiable.

- Les étudiant-e-s en situation de remédiation en seront informé-e-s à l'issue de la session de jury de diplôme.
- La nature du travail supplémentaire (mesures additionnelles, mise au point de prototype, nouvelle analyse des données, reformulation du mémoire, ...) ainsi que le délai imparti, seront communiqués la semaine suivante par le/la professeur-e responsable et validé par le responsable de filière.
- A l'issue du travail supplémentaire, une session de jury de diplôme sera organisée.
- Dans le cas où la remédiation est réussie, le travail de Bachelor est sanctionné par la note de 4.0, et la mention « acquis par remédiation » est inscrite dans le bulletin de notes de l'étudiant-e.

5. Prérequis

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

Détail des pré-requis : avoir validé tous les autres modules du plan d'étude Microtechniques (168 ECTS)

Unité de cours : MT_331 – Travail de Bachelor (TDB)**Objectifs d'apprentissage**

A l'issue du module, l'étudiant-e doit être capable de :

- prendre en main un projet en respectant les objectifs et les contraintes fixés dans un cahier des charges ;
- identifier et formuler les problèmes rencontrés ;
- appliquer et développer ses connaissances dans le but de résoudre méthodiquement les problèmes ;
- analyser, interpréter et communiquer efficacement les résultats obtenus, notamment au travers du mémoire et de la défense du travail de Bachelor.

Remarques :

Le sujet du travail de Bachelor est, en principe, en relation avec l'option choisie. Il est, si possible, issu d'une demande extérieure à l'école.

En principe, le travail de Bachelor est mené par un seul étudiant. Exceptionnellement, il est possible de répartir le travail sur plusieurs étudiants. Dans ce cas, des cahiers des charges séparés doivent être établis et les étudiants soutiennent leur travail de Bachelor séparément. Chaque travail de bachelor est effectué sous la responsabilité d'un professeur.

Contenus

Le travail de Bachelor demandé à l'étudiant fait l'objet d'un cahier des charges daté et signé par le professeur responsable et remis à l'étudiant le premier jour.

Répartition horaire

Enseignement :	50	heures	Suivi hebdomadaire par le professeur responsable
Travail autonome :	310	heures	
Total :	360	heures	de travail pour ce cours

Modalités d'évaluation

Les candidat-e-s présentent leur travail successivement selon un horaire de passage préalablement établi. Il est généralement prévu 45 minutes par candidat-e incluant dans l'ordre :

- Un exposé général sur le sujet traité, **env. 20 min.**
- Une présentation d'une réalisation pratique et de son fonctionnement, **env. 5 min.**
- Un temps de réponse aux questions du jury, **env. 10 min.**
- Un temps de délibération du jury à huis clos à l'issue duquel une note est attribuée au travail du candidat.

Références bibliographiques

- La bibliographie adaptée au sujet traité est établie par l'étudiant.

Responsable de l'enseignement

Un enseignant (PER ou vacataire) par travail de Bachelor.

Descriptif de module : MT_34 Softskills

Filière : Microtechniques, degré 3

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_34 Softskills (3 ECTS) 2025-2026

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 : S5/S6 | Responsable du module : **Stéphane Bourquin**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- appliquer les connaissances acquises dans les autres modules pour la résolution d'un problème d'ingénierie concret ;
- appliquer une méthode de travail de manière autonome ;
- conduire un projet, issu des besoins formulés par l'industrie, qu'il a lui-même choisi, voire proposé ;
- comprendre l'organisation et le fonctionnement des entreprises (modèles, formes juridiques, fonctions principales).

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne	Sem. Printemps
Voyage d'études (VOY) – MT_341			
TP & Projet	Obligatoire	24p.*	
Gestion et économie d'entreprise (GEE) – MT_342	Obligatoire		16p.*

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

Répartition horaire :	Enseignement :	12	heures	
	Travail autonome :	78	heures	
	Total :	90	heures	équivalent à 3 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_341 – VOY = 34%

MT_342 – GEE = 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 suivi :

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 et logiciels métiers

un des modules suivants :

- MT_27 Option matériaux et horlogerie
- MT_28 Option conception électronique
- MT_29 Option bio-ingénierie

Unité de cours : MT_341 – Voyage d'études (VOY)**Objectifs du cours**

Comprendre l'organisation de la production des différentes entreprises visitées.
Identifier les méthodes de production utilisées.

Contenus

- Visite d'entreprises dans le domaine microtechniques.
- Préparation des visites (choix selon divers thèmes).
- Rédaction d'un rapport.

Répartition horaire

Enseignement :	24	heures	(équivalent de 32 périodes de 45 minutes) en bloque
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 avec : Rapport écrit et/ou présentation

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

Documentation des entreprises (site internet, brochures, catalogues)

Responsable de l'enseignement

M. Roland Rozsnyo (roland.rozsnyo@hesge.ch)

Unité de cours : MT_342 – Gestion et économie d'entreprise (GEE)

Objectifs

A l'issue du cours, vous devrez être en mesure de :

- Expliquer en de termes simples quelques mécanismes fondamentaux régissant notre économie ;
- Illustrer les caractéristiques de l'environnement économique des entreprises ;
- Identifier les parties prenantes internes et externes d'une entreprise ;
- Utiliser quelques outils de base de la gestion financière d'une entreprise.

Mots-clés

Organisation et environnement des entreprises (modèles, formes juridiques, fonctions principales), stakeholders, business model, gestion des ressources (financière et comptable, humaines, infrastructures et équipement)

Contenus

Le cours « Gestion d'entreprise » vise à familiariser l'étudiant avec des concepts importants d'économie d'entreprise lui et fournir une introduction aux outils de gestion financière d'une entreprise. Toute personne ayant des responsabilités managériales dans une entreprise aujourd'hui sera nécessairement confrontée à certains concepts et outils de gestion. Elle doit être en mesure de comprendre ces outils et d'exploiter l'information générée.

- L'économie, le marché, les entreprises, l'environnement de l'entreprise ;
- Outils financiers - les bases de la comptabilité, la situation de l'entreprise, l'activité de l'entreprise et le résultat, l'analyse du résultat.

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 :
- Examen à la fin du cours
 - Travail de groupe
 - Participation en cours ou présentation orale.

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

- Catenazzo, G. et Fragnière, F. (2008). *La gestion des services*, Economica, Paris, ISBN : 978-2-7178-5506-7.
- Corset, G., Fazio, M., Lombardo, P. et Métrailler, G. (2006). *Vivre l'entreprise*, LEP Loisirs et Pédagogie, Le Mont-sur-Lausanne.
- Johnson, G., Scholes, K. Whittington, R. et Fréry, F., (2010). *Strategic*, 9^e édition, Pearson Education France.
- Mankiw, N. G. (1998). *Principes de l'économie*, Economica, Paris.
- Stiglitz, J., Walsh, C.E. et Lafay, J.-D. (2007). *Principes d'économie moderne*, 3^e édition, de Boeck et Larcier, Bruxelles, ISBN : 978-2-8041-5202-4.

Responsable de l'enseignement

M. Giuseppe Catenazzo (giuseppe.catenazzo@hesge.ch)

Descriptif de module : MT_35 Instrumentation

Filière : Microtechniques, degré 3

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_35 Instrumentation (2 ECTS) 2025-2026

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 : S6 | Responsable du module : **Marc Jobin**

2. Objectifs d'apprentissage

Le but 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

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

- Comprendre le cycle de développement d'un instrument technique/scientifique appelé à être commercialisé
- Être sensibilisé ou choix informatiques : électronique embarquée ou non, choix d'un OS, du langage de programmation, d'un bus, programmation événementielle, etc...
- Être capable de dessiner une interface GUI performante pour des instruments /bancs de test.
- Intégrer dans un logiciel d'acquisition des instruments de mesures équipés d'un bus USB, GPIB, Ethernet,...

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Printemps
Instrumentation 2 (TMI) – MT_351		
TP & Projet	Obligatoire	32p.*

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

Répartition horaire : Enseignement : 24 heures

Travail autonome : 36 heures

Total : 60 heures équivalent à 2 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:

$$MT_{351} - TMI = 100\%$$

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_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 et logiciels métiers

un des modules suivants :

- MT_27 Option matériaux et horlogerie
- MT_28 Option conception électronique
- MT_29 Option bio-ingénierie

Unité de cours : MT_351 – Instrumentation (TMI)**Objectifs d'apprentissage**

Le but 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.

- Comprendre le cycle de développement d'un instrument technique/scientifique appelé à être commercialisé ;
- Etre sensibilisé ou choix informatiques : électronique embarquée ou non, choix d'un OS, du langage de programmation, d'un bus, programmation événementielle, etc... ;
- Etre capable de dessiner une interface GUI performante pour des instruments /bancs de test ;
- Intégrer dans un logiciel d'acquisition des instruments de mesures équipés d'un bus USB, GPIB, Ethernet,...

Contenus

Cours (8x2 périodes de 45') :

- #1 : Programmation événementielle ; présentation QtDesigner
- #2 : Hardware : bus, interface, langage scpi
- #3 : Intégration ADC /DAC (NI)
- #4 : Intégration système de vision
- #5 : Composants / actionneurs interfaçables
- #6 : Mesure électrique, bruit, lock-in
- #7 : Cycle développement produit
- #8 : Examen

Laboratoires / TD : (8 sessions de 4 heures)

- #1 : QtDesigner : prise en main, premier widgets et GUI
- #2 : Utilisation des « Signals and slot », intégration à Python
- #3 : Widgets d'entrée avancées
- #4 : Plotting
- #5 : Langage SCIPPI
- #6 : ADC/DAC avec NI/VISA
- #7 : Menu, file management, multitasking et thread
- #8 : Fenêtre multiple, packaging et distribution d'application

Répartition horaire

Enseignement :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	36	heures	
Total :	60	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
 - Rendu des travaux de laboratoires.

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

La présence à 80% des ateliers est requise pour se présenter à l'examen.

Références bibliographiques

- Fournies par l'enseignant en début de cours

Responsable de l'enseignement

M. Marc Jobin (marc.jobin@hesge.ch)

Descriptif de module : MT_41 MH / Horlogerie 1

Filière : Microtechniques, degré 3

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_41 MH / Horlogerie 1 (10 ECTS)	2025-2026
--	------------------

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 : S5 | Responsable du module : **Alvaro Hüssy**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- Analyser un produit existant (microtechnique ou horloger)
- Améliorer techniquement une construction (microtechnique ou horlogère)
- Mettre en place et conduire une étude technique d'un nouveau produit (microtechnique ou horloger)
- Proposer des solutions originales et novatrices en construction.
- Prévoir une procédure de test et d'analyse d'un produit (microtechnique ou horloger).
- Analyser une problématique et résoudre des problèmes avec les outils « Six Sigma green belt » enseignés avec la plateforme fournie par Minitab

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne
Conception micromécanique 1 (CMI1) – MT_411		
TP & Projet	Obligatoire	32p.*
Conception habillage (CHA) – MT_412		
TP & Projet	Obligatoire	32p.*
Microtechnique horlogère (MHO) – MT_413		
TP & Projet	Obligatoire	64p.*
Qualité en conception (QCO) – MT_414		
TP & Projet	Obligatoire	64p.*

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

Répartition horaire :	Enseignement :	144	heures	
		156	heures	
	Total :	300	heures	équivalent à 10 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_411 – CMI1	=	17%
MT_412 – CHA	=	17%
MT_413 – MHO	=	33%
MT_414 – QCO	=	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 suivi	MT_20 Sciences de l'ingénieur 3
	MT_21 Sciences de l'ingénieur 4
avoir validé	MT_24 Systèmes microtechniques 1
	MT_25 Systèmes microtechniques 2
	MT_27 Option matériaux et horlogerie

Unité de cours : MT_411 – Conception micromécanique 1 (CMI1)**Objectifs d'apprentissage**

Acquérir et appliquer une méthodologie de construction.

Appliquer les connaissances fondamentales de mécanique et de physique, à l'étude de produits industriels.

Construire et modéliser avec rigueur et méthode des systèmes microtechniques, caractéristiques d'un domaine industriel fortement évolutif et créatif.

Utilisation des outils de la communication technique (méthode de description et de représentation).

Contenus

Conception microtechnique :

- Conduite d'un projet, de la détection du besoin jusqu'à sa mise en production :
Méthodologie de construction :
 - Analyse du besoin et définition du cahier des charges ;
 - Recherche et choix de solutions ;
 - Dimensionnement des éléments selon théorie et/ou simulation sur différents logiciels ;
 - Modélisation 3D de la construction sur le logiciel CAO (PTC Creo) ;
 - Réalisation du dossier de plans en tenant compte de la fabrication et de l'assemblage.
- Rédaction de rapports techniques et présentation de projets.

Répartition horaire

Enseignement :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	26	heures	
Total :	50	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 ou orales (suivi de projet)
 - Evaluation des modèles et plans de construction.
 - Rapports écrits de travaux
 - 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 bibliographiques

- Polycopié « Méthodologie de construction » Pierre Iseli hepia
- L'extrait de norme 2010 SNV
- Conception des Machines, principes et applications/ PPUR / Spinnler Georges

Responsable de l'enseignement

M. Denis Rudaz (denis.rudaz@hesge.ch)

Unité de cours : MT_412 – Conception habillage (CHA)**Objectifs d'apprentissage**

- Acquérir et appliquer une méthodologie de construction avec les outils adéquats
- Approfondir les connaissances de modélisation sur un logiciel CAO
- Appliquer concrètement les connaissances théoriques

Contenus**Cours théorique**

- Théorie sur la conception d'un habillage horloger
- Méthodologie de construction CAO
 - Utilisation de squelettes
 - Construction surfacique
- Dimensionnement des chaînes de cotes d'un produit horloger
- Application de la cotation ISO-GPS à l'horlogerie

Projet de conception

- Réaliser une construction complète d'un produit horloger selon un cahier des charges imposé.
 - Analyse du besoin et définition du cahier des charges
 - Recherche et choix de solutions
 - Modélisation 3D d'un produit horloger en tenant compte du cahier des charges et de l'esthétique du produit
 - Dimensionnement de chaînes de cotes en tenant compte des contraintes fonctionnelles
 - Dimensionnement d'éléments selon théorie et/ou par éléments finis
 - Choix des matériaux adéquats aux différentes pièces d'un produit horloger
 - Réalisation de rendus réalistes à l'aide du logiciel KeyShot
- Rédaction de rapports techniques et présentation de projets

Répartition horaire

Enseignement :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	26	heures	
Total :	50	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

- FH (2014). Extrait des normes de l'industrie horlogère suisse. Bienne : Fédération de l'industrie horlogère suisse FH.
- Raymondin, C.-A. & [al.] (1998). Théorie d'horlogerie. Le Sentier : Fédération des Ecoles Techniques.
- Vermot M. et Dordor S. (2006). Théorie de la construction horlogère pour ingénieurs

Responsable de l'enseignement

M. Sacha Maffioli (sacha.maffioli@hesge.ch)

Unité de cours : MT_413 – Microtechnique horlogère (MHO)

Objectifs d'apprentissage

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

- appliquer et assimiler, à l'aide d'exercices pratiques, les connaissances acquises en théorie ;
- 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 ;
- calculer l'isochronisme et le facteur de qualité d'un oscillateur mécanique ;
- étudier la nomenclature et le fonctionnement de la montre à quartz avec moteur pas à pas et affichage analogique ;
- avoir connaissance des normes horlogères suisses et internationales ainsi que des laboratoires horlogers existants en Suisse ;
- mener une expérience de manière autonome selon une problématique ou une solution technique proposée.

Travaux en laboratoire

Environnement de la montre :

- influence des champs magnétiques sur la marche et l'amplitude ;
- influence de la température sur la marche et l'amplitude ;
- influence des chocs sur la marche et l'amplitude et sur l'étanchéité ;
- influence de la surpression d'air et d'eau sur l'étanchéité.

La montre mécanique :

- l'organe moteur ;
- le rouage ;
- étude et expérience sur l'oscillateur (balancier, spiral), isochronisme, courbe d'amortissement et facteur de qualité.

La montre à quartz

Projet individuel

- démarche de qualification d'une montre-bracelet complète

Contenus

Etude théorique :

- fonctionnement de la montre
- normes horlogères suisses et internationales

Exercices pratiques :

- démontages et remontages de divers calibres ;
- utilisation des appareils de base (chrono-comparateur) qui permettent de tester le bon fonctionnement d'une montre ;
- utilisation des appareils d'étanchéité ;
- réalisation des essais aux chocs ;
- réalisation des essais de surpression avec mesure de la déformation du boîtier et de la glace.

Projet individuel

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

- Traité de construction horlogère Presse Polytechnique et Universitaire Romande,
- Théorie d'horlogerie Fédération des Ecoles Techniques,
- Théorie générale de l'horlogerie Léopold Defossez Tome 1 et 2,
- Extrait de normes NIHS,
- L'extrait de norme 2010 SNV.

Responsable de l'enseignement

M. Malik Dhifallah (malik.dhifallah@hesge.ch)

Unité de cours : MT_414 – Qualité en conception (QCO)**Objectifs d'apprentissage**

- Appliquer concrètement les connaissances théoriques nécessaires à l'obtention de la qualité dès la phase de conception des produits

Contenus

- Se familiariser avec les outils de résolution de problèmes (QRQC, A3, 8D, 6 sigmas etc).
- Evaluer une problématique qualité en utilisant les outils statistiques adéquats tels que (avec le logiciel Minitab et l'outil e-learning associé Education Hub) :
 - Statistiques descriptives
 - Statistiques inférentielles
 - Tests d'hypothèses et intervalles de confiance
 - Carte de contrôle
 - Maîtrise Statistique des Procédés
 - Capabilité process
 - ANOVA
 - Corrélation et régressions
 - Analyse process de mesure avec des études R&R.
 - Plans d'expériences complets et fractionnaires.

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 avec :
- Evaluation écrite ou orale (suivi de projet)
 - 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 bibliographiques

- FH (2014). *Extrait des normes de l'industrie horlogère suisse*. Bienne : Fédération de l'industrie horlogère suisse FH.
- Kiemele, M. et al (2000). *Basic Statistics*. Colorado Springs: Air Academy Press.
- Krishnamoorthi, K.S. (2011). *A First Course in Quality Engineering*. New York: CRC Press
- Montgomery, D. (1976). *Design and analysis of experiments*. Atlanta: Wiley

Responsable de l'enseignement

M. Alvaro Hüsey (alvaro.hussy@hesge.ch)

Descriptif de module : MT_42 MH / Surfaces et nanotechnologies

Filière : Microtechniques, degré 3

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_42 MH / Surfaces et nanotechnologies (8 ECTS)	2025-2026
---	------------------

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 : S5 | Responsable du module : **Marc Jobin**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- De discuter et appliquer les notions importantes de physique pour décrire les systèmes permettant de créer et mesurer le vide ;
- De décrire et dimensionner différents composants de systèmes de dépôt de couches minces
- De déposer des couches minces et de caractériser certains aspects (épaisseur, rugosité, conductivité, etc.)
- D'apprécier les performances des instruments de mesure de nanotopographies : Microscope à force atomique (AFM), Microscope Interférométrique (IOM) ;
- De comprendre ce qui fait la spécificité et l'intérêt des nanomatériaux, en particulier des fullerènes
- D'apprécier l'apport des nanomatériaux pour le photovoltaïque ;
- De comprendre les phénomènes de tribologie systémique et leurs applications industrielles ;

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne
Nanotechnologies (NAS) – MT_421	Obligatoire	24p.*
TP & Projet	Obligatoire	24p.*
Tribologie (TRS) – MT_422	Obligatoire	8p.*
TP & Projet	Obligatoire	16p.*
Techniques du vide et microfabrication 1 (TVM1) – MT_423	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	32p.*

*Indications en périodes d'enseignement de 45 min.

Répartition horaire :	Enseignement :	102	heures	
	Travail autonome :	138	heures	
	Total :	240	heures	équivalent à 8 ECTS

4. Modalités d'évaluation et de validation

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

MT_421 – NAS = 34%

MT_422 – TRS = 22%

MT_423 – TVM1 = 44%

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_20 Sciences de l'ingénieur 3
		MT_21 Sciences de l'ingénieur 4
	avoir validé	MT_24 Systèmes microtechniques 1
		MT_25 Systèmes microtechniques 2

Unité de cours : MT_421 – Nanotechnologies (NAS)

Objectifs d'apprentissage

Connaissances de la nanotechnologie comme science et comme domaine industriel

Travaux en laboratoire :

Utilisations pratiques de procédées et d'instrumentation dans le domaine de caractérisation des surfaces à l'échelle nanométrique. Rédaction et présentation de travaux scientifiques effectués par les étudiants.

Contenus

Partie 1 : Nanotopographie

1. Microscope à force atomique : instrumentation et mode non-contact
2. Microscope à force atomique : modes physiques
3. Microscopie interférométrique (IOM)
4. Paramètres de rugosité dans l'espace direct et dans l'espace de Fourier

Partie 2 : Nanomatériaux

5. Nanomatériaux - propriétés génériques
6. Mécanique quantique : électrons dans une boîte et confinement quantique
7. Synthèse des nanomatériaux, technique sol-gel
8. Fullerènes

Partie 3 : Caractérisation nano

9. Dynamic light scattering et potential zeta
10. Photoluminescence
11. Nanoindentation

Laboratoires

- 6 sessions de 4 périodes de laboratoire. Les sujets proposés sont :
 - AFM en mode non-contact et modes spéciaux
 - Analyse DLS et potentiel zêta de nanoparticules
 - Microscopie interférométrique
 - Synthèse « sol-gel » de nanoparticules
 - Propriétés diélectriques de nano composites

Répartition horaire

Enseignement :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	48	Heures	
Total :	84	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
 - Rapport écrit des travaux de laboratoires.

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

- « Nanotechnologies », slides de cours Prof. M. Jobin, hepia
- des articles scientifiques seront distribués au début des laboratoires.

Responsable de l'enseignement

M. Marc Jobin (marc.jobin@hesge.ch)

Unité de cours : MT_422 – Tribologie (TRS)**Objectifs d'apprentissage**

A l'issu de cet enseignement (4 sessions de cours), l'étudiant(e) sera capable de :

- Effectuer une analyse systémique d'un contact ;
- Expliquer les différents types de contact en lien avec les propriétés des surfaces ;
- Comprendre les mécanismes d'endommagement de surfaces ;
- Connaitre les applications et les enjeux industrielles de la tribologie (à travers des sessions conférences).

Travaux en laboratoire

Utilisations pratiques de procédés et d'instrumentation dans le domaine des tests tribologiques.
Rédaction et présentation de travaux scientifiques effectués par les étudiants.

Contenus

- introduction à la tribologie systémique ;
- mécanique du frottement ;
- physique du frottement ;
- étude phénoménologique du frottement ;
- méthode d'analyse d'un problème tribologique ;
- physicochimie & gradients fonctionnels ;
- autolubrification : concepts et mises en oeuvre ;
- texturation et modification de surfaces ;
- self-assembled monolayers, additifs tribologiques ;
- biomatériaux tribologiques.

Laboratoires

- 4 sessions de laboratoires auront lieu où des projets ciblés seront fournis aux étudiants.

Répartition horaire

Enseignement :	18	heures	(24 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	26	heures	
Total :	44	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

- Sera communiquée au début du cours.

Responsable de l'enseignement

Mme Irena Milosevic (irena.milosevic@hesge.ch)

Unité de cours : MT_423 – Techniques du vide et microfabrication 1 (TVM1)

Objectifs d'apprentissage

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

- discuter et appliquer les notions importantes de physique pour décrire les systèmes permettant de créer et mesurer le vide
- décrire et dimensionner différents composants de systèmes de dépôt de couches minces (PVD, CVD)
- de déposer des couches minces et de caractériser certains aspects (épaisseur, rugosité, conductivité, etc.)

Travaux en laboratoire

Utilisation pratique de procédés et d'instrumentation dans le domaine du vide et du traitement de surfaces, dépôt de couches minces par procédés PVD et électrochimiques et mise en forme de ces couches par procédés de microfabrication. Rédaction et présentation de travaux scientifiques effectués par les étudiants.

Contenus*Cours*

- Notions importantes pour le vide (théorie cinétique, pression, libre parcours moyen, taux d'impact, flux gazeux, conductance) ;
- Moyens de production du vide (pompes primaires, secondaires) ;
- Moyens de mesure du vide (jauges Bourdon, capacitive et piézoélectriques, Pirani et thermocouple, cathode froide, cathode chaude) ;
- Dépôt par évaporation : thermique et e-beam
- Dépôt par pulvérisation cathodique : DC, RF, magnétron, etc...
- Dépôt par CVD
- Introduction à diverses techniques de caractérisation de couches minces

Laboratoires

- 8 sessions de 4 périodes de laboratoire portant sur , 1) Techniques du vide 2) Dépôt de couches minces 3) Caractérisation des couches minces

Répartition horaire

Enseignement :	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	64	heures	
Total :	112	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

- Giancoli, *Physique Générale 1, mécanique et thermodynamique*, De Boeck,
- Pfeiffer Vacuum, *The vacuum technology book*, volume 1 (<http://www.pfeiffer-vacuum.com>),
- Varian, *Basic vacuum practice*, third edition (Agilent depuis 2010) .
- Karl Jousten (Ed.), *Handbook of Vacuum Technology*, WILEY

Responsable de l'enseignement

M. Nicolas Stucki (nicolas.stucki@hesge.ch)

Descriptif de module : MT_43 MH / Cours à choix

Filière : Microtechniques, degré 3

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_43 MH / Cours à choix (6 ECTS) 2025-2026

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 : S5 | Responsable du module : **Stéphane Bourquin**

2. Objectifs d'apprentissage

Pour ce module de cours à choix, les objectifs sont définis dans les unités de cours.

3. Unités de cours à choix

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne
Robotique (ROB) – MT_431	A choix	32p.*
TP & Projet	A choix	32p.*
Acoustique appliquée 1 (AVI1) – MT_432	A choix	32p.*
TP & Projet	A choix	16p.*
Photonique appliquée (PHO) – MT_433	A choix	32p.*
TP & Projet	A choix	16p.*
Traitement d'image 1 (TIM1) – MT_434	A choix	48p.*
TP & Projet		
Electronique 5 (ELC5) – MT_435	A choix	32p.*
TP & Projet		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 ».

Les étudiants choisissent 2 cours dans la liste ci-dessous.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module: chaque cours à un poids de 50%.

MT_431 – ROB	=	50%
MT_432 – AVI1	=	50%
MT_433 – PHO	=	50%
MT_434 – TIM1	=	50%
MT_435 – ELC5	=	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 suivi	MT_20 Sciences de l'ingénieur 3
		MT_21 Sciences de l'ingénieur 4
	avoir validé	MT_22 Systèmes électroniques 1
		MT_23 Systèmes électroniques 2

Unité de cours : MT_431 – Robotique (ROB)**Objectifs**

Ce cours aborde de manière approfondie tous les aspects liés à la robotique industrielle. Il vise à sensibiliser le futur ingénieur aux techniques de production automatisées et souples dans les domaines touchant à la manipulation d'objets (assemblage, chargement/déchargement de machine, transfert de produits, palettisation, etc...) dans le but de lui faire comprendre les implications induites par une telle automatisation sur la conception, la fabrication et l'assemblage d'un produit. Il couvre également les fondamentaux mathématiques liés à la modélisation des bras manipulateurs rencontrés dans la pratique.

Les laboratoires permettent d'illustrer les notions abordées pendant le cours sur une installation robotique industrielle comprenant un robot manipulateur (ABB), un préhenseur, un système de sécurité (barrière lumineuse) un module de vision industrielle (COGNEX), un contrôleur et son environnement de programmation (Robotstudio).

Contenus

- Définition d'un robot industriel.
- Les éléments constitutifs d'une installation robotisée industrielle.
- Morphologie et classification des robots industriels.
- Tâches confiées aux robots industriels et leurs domaines d'application.
- Modélisation géométrique des robots industriels.
- Modélisation cinématique et types de trajectoire utilisés dans la pratique.
- Familiarisation avec l'environnement de programmation Robotstudio.
- Les notions de repère objet, repère utilisateur, repère cible, repère outil.
- Les différents types de trajectoires et leur paramétrisation.
- Les instructions spéciales permettant de gérer un préhenseur pneumatique.
- Les méthodes de calibration en robotique industrielle.
- L'exécution d'un programme dans l'environnement de simulation virtuel.
- Prise en main du robot réel, aspects liés à la sécurité, modes de fonctionnement.
- Les déplacements du robot avec sa télécommande.
- Transfert et exécution d'un programme sur le contrôleur du robot.
- Les notions de programmation avancées avec le langage RAPID.
- La programmation d'une tâche de pick-and-place et suivi de trajectoire.
- Utilisation de la vision industrielle avec le robot.

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 individuelles.

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

- Craig, John J., « Introduction to Robotics – Mechanics and Control », Prentice Hall, 2005.
- M. Hägele, K. Nilsson, and J.N. Pires, « Industrial Robotics. »; in Proceedings of Springer Handbook of Robotics. 2008, 963-986.
- Séries d'exercices et copie des présentations Powerpoint distribuées par le professeur.
- Manuel d'utilisation Robotstudio, ABB.

Responsable de l'enseignement

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

Unité de cours : MT_432 – Acoustique appliquée 1 (AVI1)**Objectifs d'apprentissage**

L'objectif de ce module est de permettre aux étudiants d'acquérir les connaissances de base en acoustique physique et en électroacoustique, afin qu'ils soient capables d'utiliser des modèles, de mettre en œuvre des méthodes expérimentales pour résoudre des problèmes en ingénierie acoustique, et d'analyser les réponses des systèmes acoustiques simples. A la fin de ce module, l'étudiant-e aura acquis des notions fondamentales qui lui permettront d'utiliser des modèles simples de propagation et de rayonnement et d'appliquer des méthodes pratiques pour représenter et résoudre des problèmes concrets en acoustique appliquée.

Travaux en laboratoire :

Les laboratoires permettront aux étudiants de se familiariser avec les techniques de mesures et d'analyse de signaux acoustiques et vibratoires et les outils de simulation numérique appliqués à l'étude de systèmes acoustiques et de structures mécaniques.

Contenu

- Notions de base en acoustique physique (équation des ondes, applications),
- Puissance et intensité acoustique, calcul de niveaux sonores et filtrage,
- Réflexion, absorption et transmission des ondes acoustiques à une interface,
- Notions de transduction électroacoustique,
- Etude de la réponse vibratoire de systèmes mécaniques simples,
- Etude et modélisation du résonateur de Helmholtz.

Répartition horaire

Enseignement :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	54	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 avec :
- Evaluations écrites ou orales,
 - 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 bibliographiques

- *Audio*, Mario Rossi . Presses polytechniques et universitaires romandes.
- *Fundamentals of acoustics*, L. E. Kinsler and all. J. Wiley & sons.

Responsable de l'enseignement

M. Romain Boulandet (romain.boulandet@hesge.ch)

Unité de cours : MT_433 – Photonique appliquée (PHO)**Objectifs d'apprentissage**

Ce cours vise à initier les futur.e.s ingénieure.e.s aux principaux domaines de la photonique et à ses applications.

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

- comprendre les notions de base de la photonique;
- savoir les appliquer pour concevoir des systèmes optiques simples;
- appliquer les concepts de base de la vision industrielle.

Travaux en laboratoire:

Les laboratoires permettent aux étudiants de se familiariser avec les outils et les techniques de mesures optiques.

Contenus

- L'interférométrie appliquée à la mesure de distance.
- La diffraction appliquée à la spectroscopie
- Les fibres optiques et leurs applications.
- Introduction à la vision industrielle.

Répartition horaire

Enseignement :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	54	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 (présentation orale et/ou travaux écrits), 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 bibliographiques

- Optique, E. Hecht, Pearson Education France, 2005.
- Fundamentals of Photonics, B.E.A. Saleh, M.C. Teich, J. Wiley & Sons, 2007.
- Fiches techniques distribuées au cours.

Responsable de l'enseignement

M. Stéphane Bourquin (stephane.bourquin@hesge.ch)

Unité de cours : MT_434 – Traitement d'images 1 (TIM1)**Objectifs d'apprentissage**

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

- comprendre et mettre en œuvre les méthodes fondamentales de traitement et d'analyse d'images numériques ;
- appliquer ces méthodes pour résoudre des problèmes concrets de vision par ordinateur ;
- utiliser le langage Python et la bibliothèque OpenCV pour développer des solutions logicielles ;
- analyser de manière critique les résultats obtenus.

Contenus

- Notions de base.
- Transformations d'intensité.
- Filtrage dans le domaine spatial et fréquentiel.
- La morphologie mathématique.
- La transformée de Hough.
- La localisation d'objets par corrélation.
- La classification d'images par k-NN.
- Le classifieur linéaire.

Répartition horaire

Enseignement :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	54	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 (présentation orale et/ou travaux écrits), avec :
- Évaluations sur ordinateur (quiz et/ou implémentation en Python dans un Notebook).

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

- Supports de cours
- R. C. Gonzalez et R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 4^e éd., Global Edition, Harlow, UK : Pearson, 2018. Disponible en ligne : <https://www.cl72.org/090imagePLib/books/Gonzales,Woods-Digital.Image.Processing.4th.Edition.pdf>
- A. Rosebrock, *PyImageSearch* [en ligne]. Disponible sur : <https://pyimagesearch.com/>

Responsable de l'enseignement

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

Unité de cours : MT_435 – Electronique 5 (ELC5)**Objectifs d'apprentissage**

Acquérir la connaissance des systèmes et des procédés les plus couramment utilisés en électronique. Savoir appliquer les acquis des années précédentes et développer une vue interdisciplinaire des problèmes. Acquérir le savoir-faire nécessaire pour la conception, le développement et le test de circuits électroniques.

Travaux en laboratoire

Travaux pratiques en étroite relation avec le cours et laboratoires tests individuels pour l'évaluation.

Contenus

- Contre-réaction positive : **les Comparateurs**. Principe de fonctionnement, caractéristiques réelles, types inverseur et non-inverseur, type à collecteur ouvert, dimensionnement de l'hystérèse.
- Contre-réaction positive : **les Bascules astables et monostables**. Principe de fonctionnement, étude et dimensionnement pour les types : à comparateurs, à 555, avec un circuit « Waveform Generator », à inverseurs logiques CMOS.
- Contre-réaction positive : **les Oscillateurs sinus**. Principe de fonctionnement, étude et dimensionnement pour les types : LC, actifs à base d'amplificateurs opérationnels (Wien), à quartz. Introduction et principe de fonctionnement des systèmes à verrouillage de phase **PLL** (Phase Locked Loop).
- **La conversion Analogique-Numérique (CAN) et Numérique-Analogique (CNA)** : étude des types les plus courants (R-2R, Flash, à double rampes, à approximations successives, Delta-Sigma,...), imperfections, caractéristiques dynamiques, interfaces, mise en œuvre. Echantillonnage et maintien (Sample and Hold), interrupteurs et multiplexeurs analogiques : caractéristiques détaillées, mise en œuvre, fonction d'échantillonnage.

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 (présentation orale et/ou travaux écrits), avec :
- Evaluations écrites ou orales
 - Laboratoire test
 - Rapports écrits de travaux
 - 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.

Support de cours

- Polycopiés : Electronique 4- Partie 1 et 2, filière microtechniques, N.Giandomenico.

Références bibliographiques

- 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,
- En français : Alimentations à découpage, convertisseurs à résonance. Principes, composants, modélisation. Par Jean-Paul Ferrieux et François Forest. Edition Dunod, ISBN 2-10-050539-4.

Responsable de l'enseignement

M. Nicola Giandomenico (nicola.giandomenico@hesge.ch)

Descriptif de module : MT_44
MH / Horlogerie 2

Filière : Microtechniques, degré 3

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_44 MH / Horlogerie 2 (6 ECTS)	2025-2026
--	-----------

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 : S6 | Responsable du module : **Alvaro Hüssy**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- Analyser un produit existant (microtechnique ou horloger)
- Améliorer techniquement une construction (microtechnique ou horlogère)
- Mettre en place et conduire une étude technique d'un nouveau produit (microtechnique ou horloger)
- Proposer des solutions originales et novatrices en construction.
- Prévoir une procédure de test et d'analyse d'un produit (microtechnique ou horloger).
- Concevoir une complication horlogère.

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Printemps
Conception micromécanique 2 (CMI2) – MT_441		
TP & Projet	Obligatoire	32p.*
Conception complications (CCO) – MT_442	Obligatoire	
TP & Projet	Obligatoire	32p.*
Simulations horlogères (SHO) – MT_443	Obligatoire	32p.*
TP & Projet		

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

Répartition horaire :	Enseignement :	72	heures
-----------------------	----------------	----	--------

108	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_412 – CMI2 = 34%
MT_413 – CCO = 33%
MT_416 – SHO = 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 suivi	MT_20 Sciences de l'ingénieur 3
	MT_21 Sciences de l'ingénieur 4
avoir validé	MT_24 Systèmes microtechniques 1
	MT_25 Systèmes microtechniques 2
	MT_27 Option matériaux et horlogerie

Unité de cours : MT_441 – Conception micromécanique 2 (CMI2)**Objectifs d'apprentissage**

Acquérir et appliquer une méthodologie de construction.

Appliquer les connaissances fondamentales de mécanique et de physique, à l'étude de produits industriels.

Construire et modéliser avec rigueur et méthode des systèmes microtechniques, caractéristiques d'un domaine industriel fortement évolutif et créatif.

Utilisation des outils de la communication technique (méthode de description et de représentation).

Contenus

Conception microtechnique :

- Conduite d'un projet, de la détection du besoin jusqu'à sa mise en production :
Méthodologie de construction :
 - Analyse du besoin et définition du cahier des charges ;
 - Recherche et choix de solutions ;
 - Dimensionnement des éléments selon théorie et/ou simulation sur différents logiciels ;
 - Modélisation 3D de la construction sur le logiciel CAO (PTC Creo) ;
 - Réalisation du dossier de plans en tenant compte de la fabrication et de l'assemblage.
- Rédaction de rapports techniques et présentation de projets.

Répartition horaire

Enseignement :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	36	heures	
Total :	60	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 ou orales (suivi de projet)
 - Evaluation des modèles et plans de construction.
 - Rapports écrits de travaux
 - 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 bibliographiques

- Polycopié « Méthodologie de construction » Pierre Iseli hepia
- L'extrait de norme 2010 SNV
- Conception des Machines, principes et applications/ PPUR / Spinnler Georges

Responsable de l'enseignement

M. Denis Rudaz (denis.rudaz@hesge.ch)

Unité de cours : MT_442 – Conception complications (CCO)**Objectifs d'apprentissage**

- Acquérir et appliquer une méthodologie de construction avec les outils adéquats
- Approfondir les connaissances de modélisation sur un logiciel CAO
- Appliquer concrètement les connaissances théoriques

Travaux en laboratoire

Construire et modéliser des complications.

Réaliser un projet industriel.

Contenus**Projet de conception**

Méthodologie de construction :

- Analyse du besoin et définition du cahier des charges ;
- Recherche et choix de solutions ;
- Construction (selon théorie et modélisation sur logiciel) ;
- Rédaction de rapports techniques et présentation de projets.

Construction et modélisation de produits horloger :

- Dimensionnement et calcul d'une construction horlogère en fonction du cahier des charges ;
- Choisir les matériaux adéquats aux différentes pièces d'un produit horloger ;
- Dimensionner les ressorts de manière théorique ;
 - Analyser les résultats ;
- Dimensionner les ressorts sur un logiciel de FEM ;
 - Critiquer et justifier les résultats obtenus vis-à-vis du dimensionnement théorique ;
- Modélisation 3D de la construction sur le logiciel CAO ;
- Réalisation de plans d'études en tenant compte de la fabrication et de l'assemblage.
- Concevoir une maquette de la complication ;
 - Critiquer son fonctionnement ;
- Réalisation de rendus réalistes à l'aide du logiciel KeyShot.

Approfondir les connaissances sur un logiciel CAO:

- Développement de modèles dynamiques sur le logiciel ;
- Concevoir une complication horlogère en utilisant le principe des séquences ;

Répartition horaire

Enseignement :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	36	heures	
Total :	60	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 ou orale (suivi de projet)
- Evaluation des modèles et plans de construction.
- Rapports écrits de travaux
- 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 bibliographiques

- Bovay, P. & [al.] (2011). Traité de construction horlogère. Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- Defossez, L. (1950). Théorie Générale de l'Horlogerie Tome 1 et 2. La Chaux-de-Fonds : La Chambre suisse de l'horlogerie.
- FH (2014). Extrait des normes de l'industrie horlogère suisse. Bienne : Fédération de l'industrie horlogère suisse FH.
- Gieck, K. (1997). Formulaire technique. Paris : Editions Dunod.
- Ghotbi, A. (2013). Calibre 1731, Vacheron Constantin. Paris : Assouline.
- Raymond, C.-A. & [al.] (1998). Théorie d'horlogerie. Le Sentier : Fédération des Ecoles Techniques.
- Humbert, B. (2007). Les montres calendrier modernes. Neuchâtel : Editions Antoine Simonin.
- Hüssy, A. (2015). Support de cours de construction horlogère. Genève : hepia.
- Lecoultré, F. (2013). Les montres compliquées. Neuchâtel : Editions Antoine Simonin.
- Mocafico, G. (2008). Mouvement. Göttingen : Steidl.
- Sermier, C. & Papi, G. (2006). Finitions et décorations horlogères haut de gamme. Le Locle : Audemars Piguet.

Responsable de l'enseignement

M. Alvaro Hüssy (alvaro.hussy@hesge.ch)

Unité de cours : MT_443 – Simulations horlogères (SHO)

Objectifs d'apprentissage

Appliquer concrètement les connaissances nécessaires à réaliser des simulations de mécanismes et produits horlogers

Contenus

- Apprentissage d'outils de simulation utilisés en horlogerie : Maple, Matlab-Simulink, Comsol Multiphysics,
- Modélisations et simulations : balancier spiral, chaîne organe moteur □ organe régulateur, rayonnement acoustique d'une montre,
- Apprentissage des éléments théoriques et méthodologiques nécessaires à la simulation en horlogerie.

Répartition horaire

Enseignement :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	36	heures	
Total :	60	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

- 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.
- Hüsey, A. (2013). *Support de cours de construction horlogère*. Genève : hepia.
- Lecoultr, 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. Roland Rozsnyo (roland.rozsnyo@hesge.ch)

Descriptif de module : MT_45 MH / Production et microfabrication

Filière : Microtechniques, degré 3

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_45 MH / Production et microfabrication (6 ECTS) 2025-2026

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 : S6 | Responsable du module : **Nicolas Stucki**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- De connaître les principales méthodes de productions utilisées en horlogerie ;
- D'effectuer des gravures par voie humide de silicium
- De déposer des couches minces métalliques et utiliser un procédé lift-off pour fabriquer des motifs de diffraction (diffuseur laser) ou une thermopile (dépôt et jonction entre deux métaux différents)

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Printemps
Techniques du vide et microfabrication 2 (TVM) – MT_451	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	32p.*
Fiabilité (FIA) – MT_452	Obligatoire	16p.*
Données techniques et logistiques en production (DLP) – MT_453	Obligatoire	24p.*

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

Répartition horaire :	Enseignement :	78	heures	
	Travail autonome :	102	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_451 – TVM = 66%
MT_452 – FIA = 17%
MT_453 – DLP = 17%

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_20 Sciences de l'ingénieur 3
		MT_21 Sciences de l'ingénieur 4
	avoir validé	MT_24 Systèmes microtechniques 1
		MT_25 Systèmes microtechniques 2

Unité de cours : MT_451 – Techniques du vide et microfabrication 2 (TVM2)

Objectifs d'apprentissage

À l'issue des deux parties de cours (TVM1 et TVM2), l'étudiant-e sera capable :

- D'effectuer un processus complet de photolithographie UV
- D'effectuer des gravures par voie humide de silicium et d'oxyde de silicium
- De discuter et appliquer les notions importantes de physique pour décrire les systèmes permettant de créer et mesurer le vide
- De décrire et dimensionner différents composants d'un système de dépôt de couches minces
- De déposer des couches minces métalliques et utiliser un procédé lift-off pour fabriquer des motifs de diffraction (diffuseur laser) ou une thermopile (dépôt et jonction entre deux métaux différents)

Contenus (TVM1 et TVM2)

- Photolithographie
- Silicium, propriétés et gravure
- Notions importantes pour le vide (théorie cinétique, pression, libre parcours moyen, conductance, etc.)
- Moyens de production du vide (pompes primaires, secondaires) et de mesure (jauges)
- Principes de dépôt par évaporation (thermique ou e-beam) et par pulvérisation cathodique (DC, RF, magnétron)
- Introduction à diverses techniques de caractérisation de couches minces

Travaux en laboratoire :

Sur deux semestres, 24 sessions de 4 périodes portant sur : photolithographie, gravure, dépôt de couches minces par procédés PVD et électrochimiques, lift-off et caractérisation d'échantillons. Utilisation pratique de procédés et d'instrumentation dans le domaine du vide et du traitement de surfaces. Rédaction et présentation de travaux scientifiques effectués par les étudiants.

Répartition horaire

Enseignement :	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	60	heures	
Total :	108	heures	de travail pour ce cours

Modalités d'enseignement

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

Modalités d'évaluation

☒ Contrôle continu : présentations orales 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.

Référence & Bibliographie

- Giancoli, *Physique Générale 1, mécanique et thermodynamique*, De Boeck,
- Pfeiffer Vacuum, *The vacuum technology book*, volume 1 (<http://www.pfeiffer-vacuum.com>),
- Varian, *Basic vacuum practice*, third edition (Agilent depuis 2010) .
- Karl Jousten (Ed.), *Handbook of Vacuum Technology*, WILEY
- Marc Madou, *Fundamentals of microfabrication*, CRC Press Inc.

Responsable de l'enseignement

M. Nicolas Stucki (nicolas.stucki@hesge.ch)

Unité de cours : MT_452 – Fiabilité (FIA)**Objectifs d'apprentissage**

- Comprendre le vocabulaire et les notions de bases liées à la fiabilité.
- Découvrir et appliquer les outils utilisés pour l'estimation de la fiabilité d'un système.
- Comprendre les exigences et indicateurs liés à la fiabilité.
- Comprendre les enjeux du métier d'analyste fiabilité.

Contenus

- Présentation de la fiabilité, historique, ses enjeux, ses exigences ;
- Description des différentes étapes d'une étude de fiabilité ;
- Définition des fonctions de fiabilité : fonctions, lois statistiques et méthodes d'estimation ;
- Etapes et méthodes d'analyse pour les essais de fiabilité ;
- Cas d'application ;
- Utilisation de Minitab pour l'analyse de données d'essais ;
- Introduction aux méthodes probabilistes pour l'estimation de la fiabilité.

Répartition horaire

Enseignement :	12	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	18	Heures	
Total :	30	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

- Fournies par l'enseignante en début de cours

Responsable de l'enseignement

A définir

Unité de cours : MT_453 – Données techniques et logistiques en production (DLP)**Objectifs d'apprentissage**

Comprendre et appliquer les concepts de la gestion de production en partant des données du développement jusqu'au produit finis.

Contenus

- Comprendre les différents aspects de la gestion de production
- Manipuler les principales données techniques d'une industrie
- Découvrir les aspects de la planification
- Identifier quels sont les outils informatiques et pour quel usage
- Reconnaître un référentiel et concevoir un processus pour en assurer son amélioration continue.

Répartition horaire

Enseignement :

18

 heures (24 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :

24

 Heures

Total :

42

 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

- Fournies par l'enseignant en début de cours

Responsable de l'enseignement

Mme Anne-Sophie Guerra Bernasconi (anne-sophie.guerra-bernasconi@hesge.ch)

Descriptif de module : MT_51 CE / Systèmes électroniques 1

Filière : Microtechniques, degré 3

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_51 CE / Systèmes électroniques 1 (7 ECTS) 2025-2026

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 : S5 | Responsable du module : **Nicola Giandomenico**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- Acquérir les connaissances fondamentales des systèmes électroniques analogiques à contre-réaction positive (bascules, comparateurs, oscillateurs) ;
- Comprendre les différentes technologies des convertisseurs analogique-numérique et numérique-analogique ;
- Concevoir un système électronique mettant en œuvre les techniques les plus courantes ;
- Comprendre globalement le fonctionnement interne des circuits intégrés analogiques par l'étude des principaux blocs de base : circuits à transistors bipolaires et MOS, amplificateurs élémentaires, source et miroirs de courants, etc...

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne
Electronique 5 (ELC5) – MT_511	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	32p.*
Conception et test de carte électronique (CEM) – MT_512	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 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_511 – ELC5 = 50%
MT_512 – CCA = 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 suivi	MT_20 Sciences de l'ingénieur 3
	MT_21 Sciences de l'ingénieur 4
avoir validé	MT_22 Systèmes électroniques 1
	MT_23 Systèmes électroniques 2
	MT_28 Option conception électronique

Unité de cours : MT_511 – Electronique 5 (NIQ5)**Objectifs d'apprentissage**

Acquérir la connaissance des systèmes et des procédés les plus couramment utilisés en électronique. Savoir appliquer les acquis des années précédentes et développer une vue interdisciplinaire des problèmes. Acquérir le savoir-faire nécessaire pour la conception, le développement et le test de circuits électroniques.

Travaux en laboratoire

Travaux pratiques en étroite relation avec le cours et laboratoires tests individuels pour l'évaluation.

Contenus

- Contre-réaction positive : **les Comparateurs**. Principe de fonctionnement, caractéristiques réelles, types inverseur et non-inverseur, type à collecteur ouvert, dimensionnement de l'hystérèse.
- Contre-réaction positive : **les Bascules astables et monostables**. Principe de fonctionnement, étude et dimensionnement pour les types : à comparateurs, à 555, avec un circuit « Waveform Generator », à inverseurs logiques CMOS.
- Contre-réaction positive : **les Oscillateurs sinus**. Principe de fonctionnement, étude et dimensionnement pour les types : LC, actifs à base d'amplificateurs opérationnels (Wien), à quartz. Introduction et principe de fonctionnement des systèmes à verrouillage de phase **PLL** (Phase Locked Loop).
- **La conversion Analogique-Numérique (CAN) et Numérique-Analogique (CNA)** : étude des types les plus courants (R-2R, Flash, à double rampes, à approximations successives, Delta-Sigma,...), imperfections, caractéristiques dynamiques, interfaces, mise en œuvre. Echantillonnage et maintien (Sample and Hold), interrupteurs et multiplexeurs analogiques : caractéristiques détaillées, mise en œuvre, fonction d'échantillonnage.

Répartition horaire

Enseignement :	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	58	heures	
Total :	106	heures	de travail pour ce cours

Modalités 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
 - Laboratoire test
 - Rapports écrits de travaux
 - 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.

Support de cours

- Polycopiés : Electronique 4- Parties 1 et 2, filière microtechniques, N.Giandomenico.

Références bibliographiques

- 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,
- En français : Alimentations à découpage, convertisseurs à résonance. Principes, composants, modélisation. Par Jean-Paul Ferrieux et François Forest. Edition Dunod, ISBN 2-10-050539-4.

Responsable de l'enseignement

M. Nicola Giandomenico (nicola.giandomenico@hesge.ch)

Unité de cours : MT_512 – Conception et test de carte électronique (CEM)**Objectifs d'apprentissage**

Les objectifs du cours sont de :

- connaître notions de base en radio fréquences (RF) : niveaux en dBm, utilisation des lignes de transmission, paramètres S, mélangeurs et transposition en fréquence ;
- savoir mettre en œuvre correctement les IC, en particulier concernant les aspects de compatibilité électromagnétique (CEM), découplage des alimentations, routage des circuits imprimés.
- pratiquer quelques techniques et mesures du domaine de la CEM et de la RF : analyse spectrale, mesure de signaux rapides à l'oscilloscope, réflectométrie.

Travaux en laboratoire

Pratique des bases de la CEM :

- méthodes de mesures : analyse fréquentielle, analyse temporelle et réflectométrie temporelle (TDR) ;
- circuits RF, cas classiques de perturbations, bonnes pratiques de routage des PCB;
- pilotage des instruments de mesure par ordinateur.

Contenus

- Introduction à l'électronique RF :
 - niveaux en décibels ;
 - modélisation RF des composants passifs ;
 - lignes de transmission, signaux numériques rapides, layout, découplage des IC, etc. ;
 - méthodes et instruments de mesure spécifiques ;
- Introduction à CEM :
 - émissions rayonnées et conduites ;
 - immunité aux perturbations rayonnées et conduites ;
 - immunité aux décharge électrostatiques (ESD) ;

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. Le détail est transmis au début du cours.

Support de cours

- Copie des documents présentés au cours.

Références bibliographiques

- Electromagnetic Compatibility Engineering, Henry W. OTT, John Wiley & Sons.

Responsable de l'enseignement

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

Descriptif de module : MT_52 CE / Systèmes numériques et réglage 1

Filière : Microtechniques, degré 3

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_52 CE / Systèmes numériques et réglage 1 (11 ECTS) 2025-2026

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 : S5 | Responsable du module : **Hervé Eusèbe**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- Modéliser et identifier une installation concrète à l'aide d'algorithmes numériques
- Concevoir un régulateur implémentable sur un système numérique de manière à garantir les performances requises pour les systèmes.
- Comprendre et appliquer les méthodes de base du traitement numérique des signaux pour résoudre des problèmes concrets.
- De comprendre et de mettre en œuvre des systèmes embarqués sur FPGA et DSP, de les interfacer avec des éléments électroniques externes
- De programmer en C et en VHDL le contrôle du système réalisé.

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne
Electronique de contrôle 1 (ELC1) – MT_521	Obligatoire	
TP & Projet	Obligatoire	64p.*
Systèmes asservis 2 (SAS2) – MT_522	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	32p.*
Traitement numérique du signal 1 (TNS1) – MT_523	Obligatoire	48p.*
TP & Projet		
Transmissions numériques (TNU) – MT_524		
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_521 – ELC1	=	30%
MT_522 – SAS2	=	30%
MT_523 – TNS1	=	23%
MT_524 – TNU	=	17%

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_20 Sciences de l'ingénieur 3
		MT_21 Sciences de l'ingénieur 4
	avoir validé	MT_22 Systèmes électroniques 1
		MT_23 Systèmes électroniques 2

Unité de cours : MT_521 – Electronique de contrôle 1 (ELC1)**Objectifs d'apprentissage**

Compréhension et mise en œuvre de systèmes embarqués sur FPGA, l'interfaçage avec des éléments électroniques externes.

- Etude des logiques programmables FPGA et leurs architectures internes.
- Apprentissage et mise en œuvre du langage VHDL synthétisable pour FPGA.
- Etude et réalisation de systèmes embarqués sur FPGA.

L'enseignement sera un mix entre théorie et exercices réalisés en laboratoire

Apprentissage des outils et des technologies :

- Apprentissage du VHDL et des logiques programmables ;
- Application des machines d'états, compteurs, interfaces, ... ;

Conception d'un système sur FPGA, méthodologie de conception d'un système embarqué :

- Utilisation d'une plateforme FPGA MAX10 (Maximator) et des shields spécifiques
- Conception d'interfaces programmables spécialisées : PWM, commande moteur, tachymètre, convertisseur AN et NA, ...

Contenus

- Logiques programmables FPGA.
- Langage de conception pour VHDL
- Conception d'interfaces
- Eléments de systèmes embarqués sur FPGA permettant de réaliser un système asservi

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 avec :
- Evaluations sous la forme de labos tests
 - Projets individuels à réaliser sur la plateforme Maximator (et éventuel shield additionnel) avec rendu sur Cyberlear et une possible démonstration

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 : FPGA/VHDL, filière microtechnique, N.Giandomenico.

Références bibliographiques

- Sites de fabricants, normes d'interfaces, slides du cours

Responsable de l'enseignement

M. Nicola Giandomenico (nicola.giandomenico@hesge.ch)

Unité de cours : MT_522 – Systèmes asservis 2 (SAS2)**Objectifs d'apprentissage**

Dimensionner un régulateur adapté pour un système linéaire de manière à garantir les performances requises.

Concevoir des régulateurs pseudo-continus

Concevoir des régulateurs discrets

Concevoir des régulateurs par la méthode des variables d'état

Travaux en laboratoire :

Ils se composent de séances d'exercices encadrés, de travaux pratiques à l'aide de maquettes ou de relevés de mesures d'installations réelles et de mini projets, dans le but d'expérimenter concrètement les concepts théoriques les plus importants. Le logiciel Matlab/Simulink sera employé.

Contenus

- Rappel de dimensionnement de régulateurs analogiques : méthode de Bode et critère sur les pôles.
- Réglage pseudo-continu.
- Réglages échantillonnés et transformée en Z.
- Réglage par variables d'état.
- Observateurs d'état.

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 avec :
- Evaluations écrites ou orales
 - 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 bibliographiques

- Polycopiés du cours.

Responsable de l'enseignement

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

Unité de cours : MT_523 – Traitement numérique du signal 1 (TNS1)**Objectifs d'apprentissage**

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

- **Identifier, représenter et caractériser** des signaux et des systèmes discrets.
- **Concevoir, implémenter et évaluer** des filtres numériques (RIF et RII) en tenant compte de contraintes pratiques.
- **Comprendre et appliquer** les notions fondamentales de la reconnaissance des signaux par des méthodes de machine learning.

Contenus

- Signaux et systèmes discrets.
- Transformée de Fourier discrète (DFT) et transformée en Z.
- Fonction de corrélation discrète.
- Structures des filtres numériques.
- Conception et implémentation des filtres RIF et RII.
- Introduction au machine learning appliqué au traitement du signal (arbres de décision, k-NN, etc.).

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 :
- Rendu de notebooks Google Colab.
 - Évaluations sur ordinateur.

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

- Supports de cours.
- De Coulon, F. *Théorie et traitement des signaux*. Lausanne : PPUR.
- Kunt, M. *Traitement numérique des signaux*. Lausanne : PPUR.
- Lathi, B. P. *Signal Processing and Linear Systems*. Oxford University Press.
- Smith, S. W. *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*. Disponible en ligne : <http://www.dspguide.com/>
- SciPy Community. *SciPy Documentation – Signal Processing*. Disponible en ligne : <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/signal.html>
- Scikit-learn Community. *Documentation officielle*. Disponible en ligne : <https://scikit-learn.org/stable/index.html>

Responsable de l'enseignement

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

Unité de cours : MT_524 – Transmissions numériques (TNU)**Objectifs d'apprentissage**

Être capable de comprendre et de mettre en œuvre un système de transmission numérique autour d'un microcontrôleur, dans un milieu industriel. L'étudiant devra comprendre les différents modes de transmission afin de pouvoir choisir et implémenter le mode le plus adéquat en fonction du contexte.

Travaux en laboratoire

Etude et mise en œuvre de transmissions filaires et sans fils dans un contexte industriel. La programmation du microcontrôleur est réalisée en C.

Contenus

- Etude et mise en œuvre de transmissions inter-circuits (UART / SPI / I2C)
- Etude et mise en œuvre de bus de terrain (CAN...)
- Etude et mise en œuvre de réseau sans fil (ZigBee...)

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 avec :
- Evaluations écrites ou orales, présentation orale d'un sujet.

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

- Sites de fabricants, normes, slides du cours.

Responsable de l'enseignement

M. Hervé Eusèbe (herve.eusebe@hesge.ch)

Descriptif de module : MT_53 CE / Cours à choix

Filière : Microtechniques, degré 3

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_53 CE / Cours à choix (6 ECTS)

2025-2026

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 : S5 | Responsable du module : **Stéphane Bourquin**

2. Objectifs d'apprentissage

Pour ce module de cours à choix, les objectifs sont définis dans les unités de cours.

3. Unités de cours à choix

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne
Robotique (ROB) – MT_531	A choix	32p.*
TP & Projet	A choix	32p.*
Acoustique appliquée 1 (AVI1) – MT_532	A choix	32p.*
TP & Projet	A choix	16p.*
Photonique appliquée (PHO) – MT_533	A choix	32p.*
TP & Projet	A choix	16p.*
Traitement d'image 1 (TIM1) – MT_534	A choix	48p.*
TP & Projet		

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

Répartition horaire : Enseignement : 84 heures
Travail autonome : 96 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 ».

Les étudiants choisissent 2 cours dans la liste ci-dessous.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module: chaque cours à un poids de 50%.

MT_531 – ROB = 50%

MT_532 – AVI1 = 50%

MT_533 – PHO = 50%

MT_534 – TIM1 = 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 suivi	MT_20 Sciences de l'ingénieur 3
		MT_21 Sciences de l'ingénieur 4
	avoir validé	MT_22 Systèmes électroniques 1
		MT_23 Systèmes électroniques 2

Unité de cours : MT_531 – Robotique (ROB)**Objectifs**

Ce cours aborde de manière approfondie tous les aspects liés à la robotique industrielle. Il vise à sensibiliser le futur ingénieur aux techniques de production automatisées et souples dans les domaines touchant à la manipulation d'objets (assemblage, chargement/déchargement de machine, transfert de produits, palettisation, etc...) dans le but de lui faire comprendre les implications induites par une telle automatisation sur la conception, la fabrication et l'assemblage d'un produit. Il couvre également les fondamentaux mathématiques liés à la modélisation des bras manipulateurs rencontrés dans la pratique.

Les laboratoires permettent d'illustrer les notions abordées pendant le cours sur une installation robotique industrielle comprenant un robot manipulateur (ABB), un préhenseur, un système de sécurité (barrière lumineuse) un module de vision industrielle (COGNEX), un contrôleur et son environnement de programmation (Robotstudio).

Contenus

- Définition d'un robot industriel.
- Les éléments constitutifs d'une installation robotisée industrielle.
- Morphologie et classification des robots industriels.
- Tâches confiées aux robots industriels et leurs domaines d'application.
- Modélisation géométrique des robots industriels.
- Modélisation cinématique et types de trajectoire utilisés dans la pratique.
- Familiarisation avec l'environnement de programmation Robotstudio.
- Les notions de repère objet, repère utilisateur, repère cible, repère outil.
- Les différents types de trajectoires et leur paramétrisation.
- Les instructions spéciales permettant de gérer un préhenseur pneumatique.
- Les méthodes de calibration en robotique industrielle.
- L'exécution d'un programme dans l'environnement de simulation virtuel.
- Prise en main du robot réel, aspects liés à la sécurité, modes de fonctionnement.
- Les déplacements du robot avec sa télécommande.
- Transfert et exécution d'un programme sur le contrôleur du robot.
- Les notions de programmation avancées avec le langage RAPID.
- La programmation d'une tâche de pick-and-place et suivi de trajectoire.
- Utilisation de la vision industrielle avec le robot.

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 individuelles.

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

- Craig, John J., « Introduction to Robotics – Mechanics and Control », Prentice Hall, 2005.
- M. Hägele, K. Nilsson, and J.N. Pires, « Industrial Robotics. »; in Proceedings of Springer Handbook of Robotics. 2008, 963-986.
- Séries d'exercices et copie des présentations Powerpoint distribuées par le professeur.
- Manuel d'utilisation Robotstudio, ABB.

Responsable de l'enseignement

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

Unité de cours : MT_532 – Acoustique appliquée 1 (AVI1)**Objectifs d'apprentissage**

L'objectif de ce module est de permettre aux étudiants d'acquérir les connaissances de base en acoustique physique et en électroacoustique, afin qu'ils soient capables d'utiliser des modèles, de mettre en œuvre des méthodes expérimentales pour résoudre des problèmes en ingénierie acoustique, et d'analyser les réponses des systèmes acoustiques simples. A la fin de ce module, l'étudiant-e aura acquis des notions fondamentales qui lui permettront d'utiliser des modèles simples de propagation et de rayonnement et d'appliquer des méthodes pratiques pour représenter et résoudre des problèmes concrets en acoustique appliquée.

Travaux en laboratoire :

Les laboratoires permettront aux étudiants de se familiariser avec les techniques de mesures et d'analyse de signaux acoustiques et vibratoires et les outils de simulation numérique appliqués à l'étude de systèmes acoustiques et de structures mécaniques.

Contenu

- Notions de base en acoustique physique (équation des ondes, applications),
- Puissance et intensité acoustique, calcul de niveaux sonores et filtrage,
- Réflexion, absorption et transmission des ondes acoustiques à une interface,
- Notions de transduction électroacoustique,
- Etude de la réponse vibratoire de systèmes mécaniques simples,
- Etude et modélisation du résonateur de Helmholtz.

Répartition horaire

Enseignement :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	54	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 avec :
- Evaluations écrites ou orales,
 - 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 bibliographiques

- *Audio*, Mario Rossi . Presses polytechniques et universitaires romandes.
- *Fundamentals of acoustics*, L. E. Kinsler and all. J. Wiley & sons.

Responsable de l'enseignement

M. Romain Boulandet (romain.boulandet@hesge.ch)

Unité de cours : MT_533 – Photonique appliquée (PHO)**Objectifs d'apprentissage**

Ce cours vise à initier les futur.e.s ingénieure.e.s aux principaux domaines de la photonique et à ses applications.

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

- comprendre les notions de base de la photonique;
- savoir les appliquer pour concevoir des systèmes optiques simples;
- appliquer les concepts de base de la vision industrielle.

Travaux en laboratoire:

Les laboratoires permettent aux étudiants de se familiariser avec les outils et les techniques de mesures optiques.

Contenus

- L'interférométrie appliquée à la mesure de distance.
- La diffraction appliquée à la spectroscopie
- Les fibres optiques et leurs applications.
- Introduction à la vision industrielle.

Répartition horaire

Enseignement :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	54	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 (présentation orale et/ou travaux écrits), 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 bibliographiques

- Optique, E. Hecht, Pearson Education France, 2005.
- Fundamentals of Photonics, B.E.A. Saleh, M.C. Teich, J. Wiley & Sons, 2007.
- Fiches techniques distribuées au cours.

Responsable de l'enseignement

M. Stéphane Bourquin (stephane.bourquin@hesge.ch)

Unité de cours : MT_534 – Traitement d'images 1 (TIM1)**Objectifs d'apprentissage**

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

- comprendre et mettre en œuvre les méthodes fondamentales de traitement et d'analyse d'images numériques ;
- appliquer ces méthodes pour résoudre des problèmes concrets de vision par ordinateur ;
- utiliser le langage Python et la bibliothèque OpenCV pour développer des solutions logicielles ;
- analyser de manière critique les résultats obtenus.

Contenus

- Notions de base.
- Transformations d'intensité.
- Filtrage dans le domaine spatial et fréquentiel.
- La morphologie mathématique.
- La transformée de Hough.
- La localisation d'objets par corrélation.
- La classification d'images par k-NN.
- Le classifieur linéaire.

Répartition horaire

Enseignement :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	54	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 (présentation orale et/ou travaux écrits), avec :
- Évaluations sur ordinateur (quiz et/ou implémentation en Python dans un Notebook).

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

- Supports de cours
- R. C. Gonzalez et R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 4^e éd., Global Edition, Harlow, UK : Pearson, 2018. Disponible en ligne : <https://www.cl72.org/090imagePLib/books/Gonzales,Woods-Digital.Image.Processing.4th.Edition.pdf>
- A. Rosebrock, *PyImageSearch* [en ligne]. Disponible sur : <https://pyimagesearch.com/>

Responsable de l'enseignement

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

Descriptif de module : MT_54 CE / Systèmes électroniques 2

Filière : Microtechniques, degré 3

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_54 CE / Systèmes électroniques 2 (7 ECTS)	2025-2026
---	------------------

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 : S6 | Responsable du module : **Nicola Giandomenico**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- Connaître les principales techniques de conversion des alimentations à découpage et leurs implémentations électroniques ;
- Comprendre les fondamentaux des modulations analogiques et numériques et des supports de transmission utilisés dans les systèmes de télécommunication et leurs implémentations électroniques ;
- Comprendre le fonctionnement de certains bus de terrain usuellement utilisés dans l'industrie ;
- Monter, tester et dépanner un circuit électronique ;
- Connaître les principes de la compatibilité électromagnétique et savoir les appliquer au niveau de la conception et du test des systèmes électroniques.

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Printemps
Electronique 6 (ELC6) – MT_541	Obligatoire	16p.*
TP & Projet	Obligatoire	32p.*
Conception de circuits analogiques (CCA) – MT_542	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	32p.*

*Indications en périodes d'enseignement de 45 min.

Répartition horaire :	Enseignement :	84	heures	
	Travail autonome :	126	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_541 – ELC6 = 50%
MT_542 – CEM = 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 suivi	MT_20 Sciences de l'ingénieur 3
	MT_21 Sciences de l'ingénieur 4
avoir validé	MT_22 Systèmes électroniques 1
	MT_23 Systèmes électroniques 2
	MT_28 Option conception électronique

Unité de cours : MT_541 – Electronique 6 (NIQ6)

Objectifs d'apprentissage

Acquérir la connaissance des systèmes et des procédés les plus couramment utilisés en électronique. Savoir appliquer les acquis des années précédentes et développer une vue interdisciplinaire des problèmes. Acquérir le savoir-faire nécessaire pour la conception, le développement et le test de circuits électroniques.

Travaux en laboratoire

Travaux pratiques en étroite relation avec le cours et laboratoires tests individuels pour l'évaluation.

Contenus

- **Les Alimentations à découpage et techniques de conversion** : principe de fonctionnement, étude et dimensionnement des topologies de base des types abaisseur, élévateur et inverseur de tension. Aperçu des topologies avec transformateur. Principe des convertisseurs AC/DC et DC/AC. Introduction au réglage de ces systèmes non-linéaires.
- Introduction à la réalisation de **séquenceurs et machines à états codés en VHDL** pour le pilotage des topologies de systèmes à découpage.
- Introduction aux **Télécommunications** : notions de base des techniques de modulation-démodulation analogiques et numériques et leurs implémentations électroniques (AM, FM, PM, ASK,FSK). Type de codages numériques (RZ,NRZ, Biphase/Manchester). Notions de base des types et supports de transmission de l'information. Notions de bases des communications Wifi et Bluetooth.
- **Les bus de terrain** : introduction et principe de fonctionnement des bus CAN et Ethercat. Couche physique et informations transitant sur le bus.

En plus de la théorie et des laboratoires, le second semestre est dédié à un mini-projet en parallèle avec le cours. Cette partie est réalisée par groupes de 2 à 3 étudiants. Une étude, un rapport final, une présentation orale et une réalisation pratique de la carte électronique sous Altium seront demandés et évalués. L'objectif est de mettre en application les notions théoriques étudiées lors du 1^{er} et 2^{ème} semestre de ce cours.

Répartition horaire

Enseignement :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	72	heures	
Total :	108	heures	de travail pour ce cours

Modalités 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
 - Laboratoire test
 - Rapports écrits de travaux
 - 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.

Support de cours

- Polycopiés : Electronique 4- Partie 1 et 2, filière microtechnique, N.Giandomenico.

Références bibliographiques

- 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,
- En français : Alimentations à découpage, convertisseurs à résonance. Principes, composants, modélisation. Par Jean-Paul Ferrieux et François Forest. Edition Dunod, ISBN 2-10-050539-4.

Responsable de l'enseignement

M. Nicola Giandomenico (nicola.giandomenico@hesge.ch)

Unité de cours : MT_542 – Conception de circuits analogiques (CCA)**Objectifs d'apprentissage**

Les objectifs du cours sont de :

- connaître les principales étapes du procédé de fabrication d'un IC (circuit intégré) ;
- comprendre le fonctionnement au niveau transistor des cellules de base constituant un IC, principalement analogiques ;
- utiliser ces connaissances pour une mise en œuvre plus efficace et performante des IC.
- approfondir la maîtrise des instruments de mesures.

Travaux en laboratoire

- capture de schéma et simulation analogique de blocs de base ;
- mise en œuvre de blocs base sur plaques d'expérimentation.
- mise en œuvre de mesures pilotées par ordinateur et traitement des résultats.

Contenus

- Procédés de fabrication CMOS et BiCMOS ;
- Les transistors MOS et bipolaires: caractéristiques, modèles simples, modèles Spice, layout ;
- Les circuits analogiques :
 - montages amplificateurs élémentaires, miroirs et sources de courants, etc.;
 - amplificateurs opérationnels et différentiels ;
 - bruit des composants électroniques ;

Répartition horaire

Enseignement :	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	54	heures	
Total :	102	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. Le détail est transmis au début du cours.

Support de cours

- Copie des documents présentés au cours.

Références bibliographiques

- The Art of Electronics, Paul Horowitz & Winfield Hill, Third Edition, Cambridge
- Microelectronic Circuits, Adel Sedra & Kenneth Smith, Oxford University Press,
- Fundamentals of Microelectronics, Behzad Razavi, John Wiley & Sons,
- Handbook of Analog Circuit Design, Dennis L. Feucht, Academic Press
- Fondements d'électronique, Thomas L. Floyd & M. Buchla & D. Snyder, REYNALD GOULET
- Principes d'électronique, Albert Paul Malvino & David J. Bates, Dunod

Responsable de l'enseignement

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

Descriptif de module : MT_55
CE / Systèmes numériques et réglage 2

Filière : Microtechniques, degré 3

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 55 CE / Systèmes numériques et réglage 2 (5 ECTS)	2025-2026
--	-----------

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 : S6 | Responsable du module : **Hervé Eusèbe**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- Analyser et modéliser une installation concrète à l'aide d'algorithmes numériques.
- Comprendre et appliquer des méthodes de machine learning pour résoudre des problèmes concrets en traitement numérique des signaux.
- Implémenter un régulateur approprié sur une installation concrète au moyen d'un système numérique
- De comprendre et de mettre en œuvre des systèmes embarqués sur FPGA et DSP, de les interfacer avec des éléments électroniques externes
- De programmer en C et en VHDL le contrôle du système réalisé.

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Printemps
Electronique de contrôle 2 (ELC2) – MT_551		
TP & Projet	Obligatoire	32p.*
Systèmes asservis 3 (SAS3) – MT_552	Obligatoire	32p.*
TP & Projet		
Traitement numérique du signal 2 (TNS2) – MT_553	Obligatoire	16p.*
TP & Projet		

*Indications en périodes d'enseignement de 45 min.

Répartition horaire :	Enseignement :	60	heures	
	Travail autonome :	90	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_551 – ELC2 = 40%
MT_552 – SAS3 = 40%
MT_553 – TNS2 = 20%

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_20 Sciences de l'ingénieur 3
		MT_21 Sciences de l'ingénieur 4
	avoir validé	MT_22 Systèmes électroniques 1
		MT_23 Systèmes électroniques 2

Unité de cours : MT_551 – Electronique de contrôle 2 (ELC2)**Objectifs d'apprentissage**

Être capable d'implémenter un système de contrôle basé sur un DSP (Digital Signal Processor).
L'étudiant devra comprendre les spécificités d'un DSP et les utiliser afin d'optimiser un système embarqué.

Travaux en laboratoire

Mise en oeuvre d'un DSP pour réaliser un asservissement (interfaçage, filtrage numérique, asservissement,...).

La programmation du DSP se fait en C.

Contenus

- Architecture et spécificité des DSP
- Traitement numérique du signal (filtrage numérique...)

Répartition horaire

Enseignement :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	32	heures	
Total :	56	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 ou orales, présentation orale d'un sujet
 - 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 bibliographiques

- Sites de fabricants, normes, slides du cours.

Responsable de l'enseignement

M. Hervé Eusèbe (herve.eusebe@hesge.ch)

Unité de cours : MT_552 – Systèmes asservis 3 (SAS3)**Objectifs d'apprentissage**

Analyser un système au moyen d'outils numériques pour sélectionner un régulateur adapté
Dimensionner un régulateur pour un système réel (à comportement intégral ou non)
Concevoir des régulateurs et les implémenter sur des systèmes numériques de manière à garantir les performances requises pour les systèmes

Travaux en laboratoire:

Ils se composent de mini projets, dans le but d'expérimenter concrètement les concepts théoriques les plus importants. Le logiciel Matlab/Simulink sera employé.

Contenus

- Mise en pratique des techniques de régulation usuelles :
 - Réglage pseudo-continu.
 - Réglages échantillonnés
 - Réglage par variables d'état.

Répartition horaire

Enseignement :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	32	heures	
Total :	56	heures	de travail pour ce cours

Modalités d'enseignement

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

Modalités d'évaluation

- ☒ Contrôle continu avec :
- Evaluations orales
 - 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 bibliographiques

- Polycopiés du cours.

Responsable de l'enseignement

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

Unité de cours : MT_553 – Traitement numérique du signal 2 (TNS2)**Objectifs d'apprentissage**

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

- Comprendre les principes des réseaux de neurones appliqués au traitement numérique du signal et les comparer aux méthodes traditionnelles.
- Mettre en œuvre ces approches pour résoudre et analyser des problèmes concrets.

Contenus

- Introduction aux réseaux de neurones appliqués au traitement du signal à travers des cas pratiques.
- Comparaison critique entre méthodes traditionnelles et approches basées sur le machine learning.
- Implémentation et expérimentation des approches en Python (Google Colab).
- Analyse et évaluation des performances à l'aide de métriques objectives.

Répartition horaire

Enseignement :	12	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	26	heures	
Total :	38	heures	de travail pour ce cours

Modalités d'enseignement

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

Modalités d'évaluation

- ☒ Contrôle continu avec :
- Rendu de notebooks Google Colab.
 - Évaluations sur ordinateur..

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

- Supports de cours.
- Articles de la plateforme *Towards Data Science* : <https://towardsdatascience.com>

Responsable de l'enseignement

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

Descriptif de module : MT_61 BIO / Nucléaire appliqué et biomédical

Filière : Microtechniques, degré 3

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_61 BIO / Nucléaire appliqué et biomédical (9 ECTS)	2025-2026
--	------------------

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 : S5 | Responsable du module : **Stavroula Pallada**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- de mettre en œuvre les différentes méthodes physiques d'analyses et de mesures de la radioactivité dans l'environnement et saura interpréter les résultats. En particulier, il-elle prendra connaissance du point de vue théorique et pratique des systèmes de mesure type : radiomètre, contamination de surface, spectromètre gamma, beta et alpha, etc. Dans ce cadre il-elle saura utiliser un laboratoire ayant une autorisation pour manipuler des substances radioactives (eg type B) ;
- d'expliquer comment produire des radio-isotopes à l'aide des différentes méthodes (réacteur, accélérateur, activation, etc.) pour la médecine nucléaire par exemple ;
- d'expliquer le fonctionnement d'une centrale nucléaire et le cycle du combustible. Dans ce cadre il-elle saura faire les calculs liés à l'énergétique d'une centrale ;
- de mettre en œuvre des simulations numériques basées sur les méthodes Monte-Carlo. En particulier modéliser des situations physiques en présence de champs de radiations ionisants ;
- d'expliquer les différentes méthodes d'imagerie médicale, ionisantes et non ionisantes (nucléaire, NMR, échographie, etc.). Utiliser les équipements d'imagerie et les logiciels de traitement d'image.

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne
Physique nucléaire 1 (PNU1) – MT_611	Obligatoire	64p.*
TP & Projet	Obligatoire	32p.*
Imagerie biomédicale (IBM) – MT_612	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	16p.*
Bio-ingénierie 2 (BIO2) – MT_613		
TP & Projet	Obligatoire	16p.*
Dispositifs médicaux (DME) – MT_614	Obligatoire	16p.*

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

Enseignement :	132	heures	
Travail autonome :	138	heures	
Total :	270	heures	équivalent à 9 ECTS

4. Modalités d'évaluation et de validation

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

MT_611 – PNU1	=	52%
MT_612 – IBM	=	28%
MT_613 – BIO2	=	10%
MT_614 – DME	=	10%

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_20 Sciences de l'ingénieur 3
		MT_21 Sciences de l'ingénieur 4
	avoir validé	MT_29 Option bio-ingénierie

Unité de cours : MT_611 – Physique nucléaire 1 (PNU1)

Objectifs d'apprentissage

Donner des compétences aux étudiants dans le nucléaire appliqué principalement dans les domaines:

- de la radioactivité dans l'environnement ;
- de la mesure de la radioactivité en mettant en œuvre les techniques de mesure de spectrométrie gamma, de spectrométrie par scintillation liquide, de spectrométrie X et de spectrométrie de masse ;
- de la fabrication et l'utilisation de radio-isotopes, essentiellement pour la médecine ;
- de la neutronique et de la physique des réacteurs de puissance ;
- de modélisation et de la simulation par méthode Monte-Carlo – plus spécifiquement pour les situations faisant intervenir des champs de radiation sur un détecteur ;
- de la radioprotection des biens et des personnes.

Des accents particuliers sont portés sur la mesure (métrologie) et sur le fonctionnement d'un réacteur nucléaire. Des visites de sites nucléaires comme l'Institut Paul Scherrer (PSI), le CERN, la centrale nucléaire de Gösgen, etc. sont généralement organisées.

Travaux en laboratoire :

Le cours est alterné avec des expériences en laboratoire de type B sur les différents sujets abordés sur le plan théorique.

Contenus

Etude approfondie en physique nucléaire dans le domaine de la radioactivité ;

- activité, loi de décroissance radioactive, filiation, datation, etc. ;
- désintégrations β^- , β^+ , α , capture électronique, émission γ , conversion interne ;
- interactions des rayonnements avec la matière ;
- méthodes de détections, analyse du signal ;
- systèmes professionnels de mesures de la radioactivité ;
- radioprotection opérationnelle.

Eléments de neutronique :

- activation ;
- fusion – exemple d'un tokamak ;
- fission - exemple d'une centrale conventionnelle ;
- cinétique des milieux multiplicateurs (réacteurs). Criticité, réactivité, équation de Nordheim ;
- antiréactivité, empoisonnement ;
- diffusion neutronique. Buckling factor, condition de criticité. Applications simples ;
- milieu purement diffuseur, réflexion neutronique ;
- sécurité des réacteurs ;
- quelques accidents du passé / échelle INES : Lucens, Three Mile Island, Tchernobyl, Fukushima

Philosophie de la sécurité.

Répartition horaire

Enseignement :	72	heures	(96 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	77	heures	
Total :	149	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

- Problèmes de décroissance radioactive, F. Lagoutine, laboratoire de métrologie des rayonnements ionisants, 91190 Gif sur Yvette, France.
- Radiation Detection and Measurement, second edition, Glenn F. Knoll, John Wiley & Sons Publishing, 1989.
- Gamma- and X-Ray Spectrometry with Semiconductor Detectors, K. Debertin and R.G. Helmer, North Holland Publishing, 1988.
- L'ère nucléaire, Jacques Leclercq, Editions Hachette, 1988.
- Jacques Ligou, "Introduction au génie nucléaire", Editions Presses polytechniques et universitaires romande, 1997.

Responsable de l'enseignement

M. Anastasios Kanellakopoulos (anastasios.kanellakopoulos@hesge.ch)

Unité de cours : MT_612 – Imagerie biomédicale (IBM)**Objectifs d'apprentissage**

Ce cours est une introduction pour ingénieur-e de la physique des différentes techniques qui sont utilisées en imagerie biomédicale (clinique, préclinique), dans l'industrie et la recherche.

Travaux en laboratoire :

Les travaux pratiques sont alternés chaque semaine et les étudiants en groupe de 3-4 personnes, vont faire des expériences laboratoires sur les différents sujets abordés sur le plan théorique. Des travaux pratiques dans le domaine de l'imagerie auront lieu sur la plateforme d'imagerie préclinique du petit animal (PIPPA) aux HUG et au laboratoire Health Institute Geneva (HIT-Geneva) à HEPIA en collaboration avec la HEdS et la filière de Techniques en Radiologie Médicale (TRM).

Contenus

Techniques d'imageries biomédicales :

- les différentes méthodes de production des rayonnements (ionisantes et non-ionisantes) et particules chargées utilisés en imagerie ;
- les méthodes ionisantes et non ionisantes permettant l'acquisition de données utilisées pour générer des images cliniques et précliniques ;
- les technologies mises en œuvre :
 - ultrasons ;
 - imagerie optique ;
 - radiologie avec des rayons X et gamma ;
 - imagerie tomographique ;
 - imagerie en médecine nucléaire ;
 - imagerie par Résonance Magnétique Nucléaire (IRM) ;
- les agents de contraste ;
- technologies de reconstruction d'image ;
- utilisation de logiciel pour l'acquisition et pour le traitement de données.

Répartition horaire

Enseignement :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	37	heures	
Total :	73	heures	de travail pour ce cours

Modalités d'enseignement

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

Modalités d'évaluation

- ☒ Contrôle continu : présentation orale, 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.

Références bibliographiques

- Guide des technologies de l'imagerie médicale et de la radiothérapie, J. P.-. Dillenseger, E. Moerschel et C. Zorn, Elsevier Masson, 2009.
- Spin dynamics. Basics of Nuclear Magnetic Resonance, M. H. Levitt, Wiley, 2008.
- IAEA Learning management system <https://elearning.iaea.org/m2/course/index.php?categoryid=43>
- <https://www.teachengineering.org>
- IOP Institute of Physics <https://www.iop.org/education>

Responsable de l'enseignement

Mme Stavroula Pallada (stavroula.pallada@hesge.ch)

Unités de cours : MT_613 – Bio-ingénierie 2 (BIO2)**Objectifs**

Bases sur la structure et la fonction du vivant.
Principes d'organisation du vivant au niveau moléculaire, cellulaire et de l'individu.
Sensibilisation des interactions entre les matériaux et la matière vivante.

Travaux en laboratoire :

Les Travaux Pratiques par groupe illustreront la théorie vue au cours (MT_322 BIO1).
Comprendre les contraintes environnementales stérilités, humidité, chaleurs pour les instruments développés par les ingénieurs et utilisés par les biologistes.
Mettre en pratique les tests de biocompatibilité en fonction des différents matériaux utilisés.

Contenus

3 travaux pratiques au laboratoire réalisés en groupes.
Un mini-projet réalisé au Campus Biotech sur une thématique de Bio-ingénierie.

Répartition horaire

Enseignement :	12	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	12	heures	
Total :	24	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.

Référence & Bibliographie

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

Responsable de l'enseignement

Adrien Roux (adrien.roux@hesge.ch)

Unités de cours : MT_614 – Dispositifs médicaux (DME)**Objectifs**

Les principaux objectifs de cette unité de cours sont de :

- Connaître la définition des dispositifs médicaux
- Pouvoir citer les différentes classes des dispositifs médicaux
- Comprendre les différents types de règlement app
- Pouvoir citer des exemples pour chaque catégorie
- Connaître les Spécificité du diagnostic in vitro (DIV)(Classification, Caractéristique, exemples)

Contenus

Le cours Bio-Ingénierie 1 n'est pas un prérequis mais aide à la compréhension de ce cours. Le cours peut contenir une visite d'entreprise du domaine de l'ingénierie appliqué aux dispositifs médicaux ou en lien avec la bio-ingénierie.

Le cours contient les bases sur des exemples basés sur les dispositifs médicaux.

Le cours peut contenir des documents écrits en anglais ou des intervenants en anglais. Dans ce cas, l'étudiant pourra poser les questions en français et demander une nouvelle explication en français.

Répartition horaire

Enseignement :	12	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	12	heures	
Total :	24	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.

Référence & Bibliographie

- Norme ISO 13485

Responsable de l'enseignement

Adrien Roux (adrien.roux@hesge.ch)

Descriptif de module : MT_63

BIO / Acoustique, photonique, simulation et traitement d'images

Filière : Microtechniques, degré 3

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_63 BIO / Acoustique, photonique, simul. et traitement d'images (9 ECTS) 2025-2026

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 : S5 | Responsable du module : **Romain Boulandet**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- appliquer les équations fondamentales de l'acoustique linéaire pour résoudre un problème d'ingénierie simple ;
- mettre en équation les phénomènes de propagation, réflexion, et transmission des ondes sonores ;
- mettre en œuvre, dimensionner et analyser des systèmes acoustiques simples ;
- modéliser et caractériser des transducteurs électroacoustiques (piézo électrique et électrodynamique) ;
- analyser la réponse vibratoire de système mécaniques continus (corde, barreau, membrane) en fonction des conditions aux limites ;
- comprendre les notions de base de la photonique ;
- savoir les appliquer pour concevoir des systèmes optiques simples ;
- appliquer les concepts de base de la vision industrielle.
- modéliser des problèmes multiphysiques de nature discrète, continue ou statistique; identifier et utiliser des outils informatiques de calcul numérique et symbolique nécessaires à la résolution de ces problèmes ;
- critiquer les solutions ainsi obtenues, en les comparant à des solutions exactes ou, plus fréquemment, en développant des arguments physiques permettant l'éventuel rejet des solutions inadéquates.
- développer des algorithmes pour résoudre des problèmes couramment rencontrés en traitement et analyse d'images ;
- implémenter des solutions logicielles en Python.

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne
Acoustique appliquée 1 (AVI1) – MT_631	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	16p.*
Photonique appliquée (PHO) – MT_632	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	16p.*
Modélisation et simulation 1 (SIM1) – MT_633	Obligatoire	16p.*
TP & Projet		
Traitement d'images 1 (TIM1) – MT_634	Obligatoire	48p.*
TP & Projet		

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

Répartition horaire :	Enseignement :	120	heures	
	Travail autonome :	150	heures	
	Total :	270	heures	équivalent à 9 ECTS

4. Modalités d'évaluation et de validation

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

MT_631 – AVI1	=	26%
MT_632 – PHO	=	26%
MT_633 – SIM1	=	22%
MT_634 – TIM1	=	26%

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_20 Sciences de l'ingénieur 3
		MT_21 Sciences de l'ingénieur 4
	avoir validé	MT_29 Option bio-ingénierie

Unité de cours : MT_631 – Acoustique appliquée 1 (AVI1)**Objectifs d'apprentissage**

L'objectif de ce module est de permettre aux étudiants d'acquérir les connaissances de base en acoustique physique et en électroacoustique, afin qu'ils soient capables d'utiliser des modèles, de mettre en œuvre des méthodes expérimentales pour résoudre des problèmes en ingénierie acoustique, et d'analyser les réponses des systèmes acoustiques simples. A la fin de ce module, l'étudiant-e aura acquis des notions fondamentales qui lui permettront d'utiliser des modèles simples de propagation et de rayonnement et d'appliquer des méthodes pratiques pour représenter et résoudre des problèmes concrets en acoustique appliquée.

Travaux en laboratoire :

Les laboratoires permettront aux étudiants de se familiariser avec les techniques de mesures et d'analyse de signaux acoustiques et vibratoires et les outils de simulation numérique appliqués à l'étude de systèmes acoustiques et de structures mécaniques.

Contenu

- Notions de base en acoustique physique (équation des ondes, applications),
- Puissance et intensité acoustique, calcul de niveaux sonores et filtrage,
- Réflexion, absorption et transmission des ondes acoustiques à une interface,
- Notions de transduction électroacoustique,
- Etude de la réponse vibratoire de systèmes mécaniques simples,
- Etude et modélisation du résonateur de Helmholtz.

Répartition horaire

Enseignement :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	45	heures	
Total :	81	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 ou orales, 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 bibliographiques

- *Audio*, Mario Rossi. Presses polytechniques et universitaires romandes.
- *Fundamentals of acoustics*, L. E. Kinsler and all. J. Wiley & sons.

Responsable de l'enseignement

M. Romain Boulandet (romain.boulandet@hesge.ch)

Unité de cours : MT_632 – Photonique appliquée (PHO)**Objectifs d'apprentissage**

Ce cours vise à initier les futur.e.s ingénieure.e.s aux principaux domaines de la photonique et à ses applications.

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

- comprendre les notions de base de la photonique;
- savoir les appliquer pour concevoir des systèmes optiques simples;
- appliquer les concepts de base de la vision industrielle.

Travaux en laboratoire:

Les laboratoires permettent aux étudiants de se familiariser avec les outils et les techniques de mesures optiques.

Contenus

- L'interférométrie appliquée à la mesure de distance.
- La diffraction appliquée à la spectroscopie
- Les fibres optiques et leurs applications.
- Introduction à la vision industrielle.

Répartition horaire

Enseignement :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	45	heures	
Total :	81	heures	de travail pour ce cours

Modalités d'enseignement

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

Modalités d'évaluation

- ☒ Contrôle continu (présentation orale et/ou travaux écrits), 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 bibliographiques

- Optique, E. Hecht, Pearson Education France, 2005.
- Fundamentals of Photonics, B.E.A. Saleh, M.C. Teich, J. Wiley & Sons, 2007.
- Fiches techniques distribuées au cours.

Responsable de l'enseignement

M. Stéphane Bourquin (stephane.bourquin@hesge.ch)

Unité de cours : MT_633 – Modélisation et simulation 1 (SIM1)**Objectifs d'apprentissage**

- Développer la capacité de formalisation et modélisation de problèmes physique et multi physiques simples.
- Acquérir des compétences dans l'utilisation d'un logiciel de calcul symbolique et numérique pour la modélisation et la simulation en ingénierie.
- Connaître les bases des méthodes numériques basées sur les différences finies et les éléments finis.
- Savoir les appliquer pour la résolution de problèmes classiques en ingénierie.
- Développer son sens critique vis à vis des résultats numériques obtenus par simulation.

Contenu

- Résolution d'équations différentielles ordinaires linéaires avec Maple,
- Modélisation d'équations différentielles (linéaires et non linéaires) avec Simulink,
- Méthode des différences finies et des éléments finis à une dimension : équation de la chaleur,
- Programmation d'algorithmes avec Matlab,
- Introduction au logiciel Comsol Multiphysics.

Répartition horaire

Enseignement :	12	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	15	heures	
Total :	27	heures	de travail pour ce cours

Modalités 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
 - Rapports écrits de travaux
 - 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 bibliographiques

- *Numerical methods using Matlab*, par G. Lindfield et J. Penny, ed. Ellis Horwood, 1995
- *Bien débuter avec Maple*, Jean-François Imokrane (Cépaduès éditions 2023)
- *Introduction à la simulation de systèmes physiques*, par M. Eminyan et K. Rubin, InterEditions, Paris, 1994.
- *Documentation en ligne du logiciel Comsol Multiphysics* (www.comsol.com)

Responsables de l'enseignement

M. Roland Rozsnyo (roland.rozsnyo@hesge.ch)

Unité de cours : MT_634 – Traitement d'images 1 (TIM1)**Objectifs d'apprentissage**

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

- comprendre et mettre en œuvre les méthodes fondamentales de traitement et d'analyse d'images numériques ;
- appliquer ces méthodes pour résoudre des problèmes concrets de vision par ordinateur ;
- utiliser le langage Python et la bibliothèque OpenCV pour développer des solutions logicielles ;
- analyser de manière critique les résultats obtenus.

Contenus

- Notions de base.
- Transformations d'intensité.
- Filtrage dans le domaine spatial et fréquentiel.
- La morphologie mathématique.
- La transformée de Hough.
- La localisation d'objets par corrélation.
- La classification d'images par k-NN.
- Le classifieur linéaire.

Répartition horaire

Enseignement :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	45	heures	
Total :	81	heures	de travail pour ce cours

Modalités d'enseignement

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

Modalités d'évaluation

- ☒ Contrôle continu (présentation orale et/ou travaux écrits), avec :
- Évaluations sur ordinateur (quiz et/ou implémentation en Python dans un Notebook).

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

- Supports de cours
- R. C. Gonzalez et R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 4^e éd., Global Edition, Harlow, UK : Pearson, 2018. Disponible en ligne : <https://www.cl72.org/090imagePLib/books/Gonzales,Woods-Digital.Image.Processing.4th.Edition.pdf>
- A. Rosebrock, *PyImageSearch* [en ligne]. Disponible sur : <https://pyimagesearch.com/>

Responsable de l'enseignement

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

Descriptif de module : MT_64 BIO / Cours à choix

Filière : Microtechniques, degré 3

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_64 BIO / Cours à choix (6 ECTS)

2025-2026

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 : S5 | Responsable du module : **Stéphane Bourquin**

2. Objectifs d'apprentissage

Pour ce module de cours à choix, les objectifs sont définis dans les unités de cours.

3. Unités de cours à choix

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne
Robotique (ROB) – MT_641	A choix	32p.*
TP & Projet	A choix	32p.*
Nanotechnologies (NAS) – MT_642	A choix	24p.*
TP & Projet	A choix	24p.*
Traitement numérique du signal 1 (TNS1) – MT_643	A choix	48p.*
TP & Projet		
Electronique 5 (ELC5) – MT_644	A choix	32p.*
TP & Projet	A choix	32p.*

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

Répartition horaire : Enseignement : 84 heures

Travail autonome : 96 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 ».

Les étudiants choisissent 2 cours dans la liste ci-dessous.

Coefficients de calcul de la note déterminante du module: chaque cours à un poids de 50%.

MT_641 – ROB = 50%

MT_642 – NAS = 50%

MT_643 – TNS1 = 50%

MT_644 – ELC5 = 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 suivi	MT_20 Sciences de l'ingénieur 3
		MT_21 Sciences de l'ingénieur 4
	avoir validé	MT_22 Systèmes électroniques 1
		MT_23 Systèmes électroniques 2

Unité de cours : MT_641 – Robotique (ROB)**Objectifs**

Ce cours aborde de manière approfondie tous les aspects liés à la robotique industrielle. Il vise à sensibiliser le futur ingénieur aux techniques de production automatisées et souples dans les domaines touchant à la manipulation d'objets (assemblage, chargement/déchargement de machine, transfert de produits, palettisation, etc...) dans le but de lui faire comprendre les implications induites par une telle automatisation sur la conception, la fabrication et l'assemblage d'un produit. Il couvre également les fondamentaux mathématiques liés à la modélisation des bras manipulateurs rencontrés dans la pratique.

Les laboratoires permettent d'illustrer les notions abordées pendant le cours sur une installation robotique industrielle comprenant un robot manipulateur (ABB), un préhenseur, un système de sécurité (barrière lumineuse) un module de vision industrielle (COGNEX), un contrôleur et son environnement de programmation (Robotstudio).

Contenus

- Définition d'un robot industriel.
- Les éléments constitutifs d'une installation robotisée industrielle.
- Morphologie et classification des robots industriels.
- Tâches confiées aux robots industriels et leurs domaines d'application.
- Modélisation géométrique des robots industriels.
- Modélisation cinématique et types de trajectoire utilisés dans la pratique.
- Familiarisation avec l'environnement de programmation Robotstudio.
- Les notions de repère objet, repère utilisateur, repère cible, repère outil.
- Les différents types de trajectoires et leur paramétrisation.
- Les instructions spéciales permettant de gérer un préhenseur pneumatique.
- Les méthodes de calibration en robotique industrielle.
- L'exécution d'un programme dans l'environnement de simulation virtuel.
- Prise en main du robot réel, aspects liés à la sécurité, modes de fonctionnement.
- Les déplacements du robot avec sa télécommande.
- Transfert et exécution d'un programme sur le contrôleur du robot.
- Les notions de programmation avancées avec le langage RAPID.
- La programmation d'une tâche de pick-and-place et suivi de trajectoire.
- Utilisation de la vision industrielle avec le robot.

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 individuelles.

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

- Craig, John J., « Introduction to Robotics – Mechanics and Control », Prentice Hall, 2005.
- M. Hägele, K. Nilsson, and J.N. Pires, « Industrial Robotics. »; in Proceedings of Springer Handbook of Robotics. 2008, 963-986.
- Séries d'exercices et copie des présentations Powerpoint distribuées par le professeur.
- Manuel d'utilisation Robotstudio, ABB.

Responsable de l'enseignement

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

Unité de cours : MT_642 – Nanotechnologies (NAS)**Objectifs d'apprentissage**

Connaissances de la nanotechnologie comme science et comme domaine industriel

Travaux en laboratoire :

Utilisations pratiques de procédées et d'instrumentation dans le domaine de caractérisation des surfaces à l'échelle nanométrique. Rédaction et présentation de travaux scientifiques effectués par les étudiants.

Contenus*Partie 1 : Nanotopographie*

1. Microscope à force atomique : instrumentation et mode non-contact
2. Microscope à force atomique : modes physiques
3. Microscopie interférométrique (IOM)
4. Paramètres de rugosité dans l'espace direct et dans l'espace de Fourier

Partie 2 : Nanomatériaux

5. Nanomatériaux - propriétés génériques
6. Mécanique quantique : électrons dans une boîte et confinement quantique
7. Synthèse des nanomatériaux, technique sol-gel
8. Fullerènes

Partie 3 : Caractérisation nano

9. Dynamic light scattering et potentiel zeta
10. Photoluminescence
11. Nanoindentation

Laboratoires

- 6 sessions de 4 périodes de laboratoire. Les sujets proposés sont :
 - AFM en mode non-contact et modes spéciaux
 - Analyse DLS et potentiel zêta de nanoparticules
 - Microscopie interférométrique
 - Synthèse « sol-gel » de nanoparticules
 - Propriétés diélectriques de nano composites

Répartition horaire

Enseignement :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	54	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 avec :
- Evaluation écrite
 - Rapport écrit des travaux de laboratoires.

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

- « Nanotechnologies », slides de cours Prof. M. Jobin, hepia
- des articles scientifiques seront distribués au début des laboratoires.

Responsable de l'enseignement

M. Marc Jobin (marc.jobin@hesge.ch)

Unité de cours : MT_643 – Traitement numérique du signal 1 (TNS1)**Objectifs d'apprentissage**

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

- **Identifier, représenter et caractériser** des signaux et des systèmes discrets.
- **Concevoir, implémenter et évaluer** des filtres numériques (RIF et RII) en tenant compte de contraintes pratiques.
- **Comprendre et appliquer** les notions fondamentales de la reconnaissance des signaux par des méthodes de machine learning.

Contenus

- Signaux et systèmes discrets.
- Transformée de Fourier discrète (DFT) et transformée en Z.
- Fonction de corrélation discrète.
- Structures des filtres numériques.
- Conception et implémentation des filtres RIF et RII.
- Introduction au machine learning appliqué au traitement du signal (arbres de décision, k-NN, etc.)..

Répartition horaire

Enseignement :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	54	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 avec :
- Rendu de notebooks Google Colab.
 - Évaluations sur ordinateur.

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

- Supports de cours.
- De Coulon, F. *Théorie et traitement des signaux*. Lausanne : PPUR.
- Kunt, M. *Traitement numérique des signaux*. Lausanne : PPUR.
- Lathi, B. P. *Signal Processing and Linear Systems*. Oxford University Press.
- Smith, S. W. *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*. Disponible en ligne : <http://www.dspguide.com/>
- SciPy Community. *SciPy Documentation – Signal Processing*. Disponible en ligne : <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/signal.html>
- Scikit-learn Community. *Documentation officielle*. Disponible en ligne : <https://scikit-learn.org/stable/index.html>

Responsable de l'enseignement

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

Unité de cours : MT_644 – Electronique 5 (ELC5)**Objectifs d'apprentissage**

Acquérir la connaissance des systèmes et des procédés les plus couramment utilisés en électronique. Savoir appliquer les acquis des années précédentes et développer une vue interdisciplinaire des problèmes. Acquérir le savoir-faire nécessaire pour la conception, le développement et le test de circuits électroniques.

Travaux en laboratoire

Travaux pratiques en étroite relation avec le cours et laboratoires tests individuels pour l'évaluation.

Contenus

- Contre-réaction positive : **les Comparateurs**. Principe de fonctionnement, caractéristiques réelles, types inverseur et non-inverseur, type à collecteur ouvert, dimensionnement de l'hystérèse.
- Contre-réaction positive : **les Bascules astables et monostables**. Principe de fonctionnement, étude et dimensionnement pour les types : à comparateurs, à 555, avec un circuit « Waveform Generator », à inverseurs logiques CMOS.
- Contre-réaction positive : **les Oscillateurs sinus**. Principe de fonctionnement, étude et dimensionnement pour les types : LC, actifs à base d'amplificateurs opérationnels (Wien), à quartz. Introduction et principe de fonctionnement des systèmes à verrouillage de phase **PLL** (Phase Locked Loop).
- **La conversion Analogique-Numérique (CAN) et Numérique-Analogique (CNA)** : étude des types les plus courants (R-2R, Flash, à double rampes, à approximations successives, Delta-Sigma,...), imperfections, caractéristiques dynamiques, interfaces, mise en œuvre. Echantillonnage et maintien (Sample and Hold), interrupteurs et multiplexeurs analogiques : caractéristiques détaillées, mise en œuvre, fonction d'échantillonnage.

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 (présentation orale et/ou travaux écrits), avec :
- Evaluations écrites ou orales
 - Laboratoire test
 - Rapports écrits de travaux
 - 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.

Support de cours

- Polycopiés : Electronique 4- Partie 1 et 2, filière microtechniques, N.Giandomenico.

Références bibliographiques

- 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,
- En français : Alimentations à découpage, convertisseurs à résonance. Principes, composants, modélisation. Par Jean-Paul Ferrieux et François Forest. Edition Dunod, ISBN 2-10-050539-4.

Responsable de l'enseignement

M. Nicola Giandomenico (nicola.giandomenico@hesge.ch)

Descriptif de module : MT_65 BIO / Nucléaire appliqué

Filière : Microtechniques, degré 3

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_65 BIO / Nucléaire appliqué (7 ECTS)	2025-2026
--	------------------

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 : S6 | Responsable du module : **Stavroula Pallada**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- de mettre en œuvre les différentes méthodes physiques d'analyses et de mesures de la radioactivité dans l'environnement et saura interpréter les résultats. En particulier, il-elle prendra connaissance du point de vue théorique et pratique des systèmes de mesure type : radiomètre, contamination de surface, spectromètre gamma, beta et alpha, etc. Dans ce cadre il-elle saura utiliser un laboratoire ayant une autorisation pour manipuler des substances radioactives (eg type B) ;
- d'expliquer comment produire des radio-isotopes à l'aide des différentes méthodes (réacteur, accélérateur, activation, etc.) pour la médecine nucléaire par exemple ;
- d'expliquer le fonctionnement d'une centrale nucléaire et le cycle du combustible. Dans ce cadre il-elle saura faire les calculs liés à l'énergétique d'une centrale ;
- de mettre en œuvre des simulations numériques basées sur les méthodes Monte-Carlo. En particulier modéliser des situations physiques en présence de champs de radiations ionisants ;
- d'expliquer les différentes méthodes d'imagerie médicale, ionisantes et non ionisantes (nucléaire, IRM/NMR, échographie, etc.). Utiliser les équipements d'imagerie et les logiciels de traitement d'image.

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Printemps
Physique nucléaire 2 (PNU2) – MT_651	Obligatoire	48p.*
TP & Projet	Obligatoire	32p.*
Simulation Monte-Carlo (SMC) – MT_652	Obligatoire	
TP & Projet	Obligatoire	32p.*

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

Répartition horaire :

Enseignement :

84

heures

Travail autonome :

126

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_651 – PNU2 = 70%

MT_652 – SMC = 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_20 Sciences de l'ingénieur 3
		MT_21 Sciences de l'ingénieur 4
	avoir validé	MT_29 Option bio-ingénierie

Unité de cours : MT_651 – Physique nucléaire 2 (PNU2)**Objectifs d'apprentissage**

Donner des compétences aux étudiants dans le nucléaire appliqué principalement dans les domaines:

- de la radioactivité dans l'environnement ;
- de la mesure de la radioactivité en mettant en œuvre les techniques de mesure de spectrométrie gamma, de spectrométrie par scintillation liquide, de spectrométrie X et de spectrométrie de masse ;
- de la fabrication et l'utilisation de radio-isotopes, essentiellement pour la médecine ;
- des différents dispositifs d'imagerie utilisés dans le domaine médical ;
- de la neutronique et de la physique des réacteurs de puissance ;
- de modélisation et de la simulation par méthode Monte-Carlo – plus spécifiquement pour les situations faisant intervenir des champs de radiation sur un détecteur ;
- de la radioprotection des biens et des personnes.

Des accents particuliers sont portés sur la mesure (métrologie) et sur le fonctionnement d'un réacteur nucléaire. Des visites de sites nucléaires comme l'Institut Paul Scherrer (PSI), le CERN, la centrale nucléaire de Gösgen, etc. sont généralement organisées.

Travaux en laboratoire :

Le cours est alterné avec des expériences en laboratoire de type B sur les différents sujets abordés au plan théorique.

Contenus

Etude approfondie en physique nucléaire dans le domaine de la radioactivité ;

- activité, loi de décroissance radioactive, filiation, datation, etc. ;
- désintégrations β^- , β^+ , α , capture électronique, émission γ , conversion interne ;
- interactions des rayonnements avec la matière ;
- méthodes de détections, analyse du signal ;
- systèmes professionnels de mesures de la radioactivité ;
- radioprotection opérationnelle.

Eléments de neutronique :

- activation ;
- fusion – exemple d'un tokamak ;
- fission - exemple d'une centrale conventionnelle ;
- cinétique des milieux multiplicateurs (réacteurs). Criticité, réactivité, équation de Nordheim ;
- antiréactivité, empoisonnement ;
- diffusion neutronique. Buckling factor, condition de criticité. Applications simples ;
- milieu purement diffuseur, réflexion neutronique ;
- sécurité des réacteurs ;
- quelques accidents du passé / échelle INES : Lucens, Three Mile Island, Tchernobyl, Fukushima

Philosophie de la sécurité.

Répartition horaire

Enseignement :	60	heures	(80 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	90	Heures	
Total :	150	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

- Problèmes de décroissance radioactive, F. Lagoutine, laboratoire de métrologie des rayonnements ionisants, 91190 Gif sur Yvette, France.
- Radiation Detection and Measurement, second edition, Glenn F. Knoll, John Wiley & Sons Publishing, 1989.
- Gamma- and X-Ray Spectrometry with Semiconductor Detectors, K. Debertin and R.G. Helmer, North Holland Publishing, 1988.
- L'ère nucléaire, Jacques Leclercq, Editions Hachette, 1988.
- Jacques Ligou, "Introduction au génie nucléaire", Editions Presses polytechniques et universitaires romande, 1997.

Responsable de l'enseignement

M. Anastasios Kanellakopoulos (anastasios.kanellakopoulos@hesge.ch)

Unité de cours : MT_652 – Simulation Monte-Carlo (SMC)**Objectifs d'apprentissage**

Mettre en œuvre les techniques de modélisations-simulations dites de Monte-Carlo. En particulier les étudiant-e-s seront amenés à calculer la propagation des champs de radiation dans des situations particulières ; par exemple une situation de démantèlement d'un élément de centrale nucléaire ou un service de médecine nucléaire d'un hôpital.

Travaux en laboratoire :

Etre capable de programmer des simulations simples de type Monte-Carlo.

Utilisation d'un logiciel métier permettant de modéliser et simuler une situation réelle.

Contenus

La méthode de simulation Monte-Carlo :

- explication de la méthode ;
- mise en œuvre de situations simples – par exemple le jeu du casino, le calcul des probabilités, etc. ;
- utilisation de logiciels métiers

Répartition horaire

Enseignement :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	36	Heures	
Total :	60	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 QCM.

La note de l'unité d'enseignement est calculée en faisant une moyenne pondérée des diverses notes obtenues pendant le semestre.

Références bibliographiques

Sera fournie par l'enseignante.

Responsable de l'enseignement

Mme. Stavroula Pallada (stavroula.pallada@hesge.ch)

Descriptif de module : MT_66

BIO / Acoustique, simulation et traitement d'images

Filière : Microtechniques, degré 3

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_66 BIO / Acoustique, simulation et traitement d'images (5 ECTS)	2025-2026
---	------------------

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 : S6 | Responsable du module : **Romain Boulandet**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- appliquer les équations fondamentales de l'acoustique linéaire pour résoudre un problème d'ingénierie simple ;
- mettre en équation les phénomènes de propagation, réflexion, et transmission des ondes sonores ;
- mettre en œuvre, dimensionner et analyser des systèmes acoustiques simples ;
- modéliser et caractériser des transducteurs électroacoustiques (piézo électrique et électrodynamique) ;
- modéliser le rayonnement acoustique de sources théoriques élémentaires.

- modéliser des problèmes multiphysiques de nature discrète, continue ou statistique; identifier et utiliser des outils informatiques de calcul numérique et symbolique nécessaires à la résolution de ces problèmes ;
- critiquer les solutions ainsi obtenues, en les comparant à des solutions exactes ou, plus fréquemment, en développant des arguments physiques permettant l'éventuel rejet des solutions inadéquates.

- développer des algorithmes pour résoudre des problèmes couramment rencontrés en traitement et analyse d'images ;
- implémenter des solutions logicielles en Python.

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Printemps
Acoustique appliquée 2 (AVI2) – MT_661	Obligatoire	32p.*
TP & Projet	Obligatoire	16p.*
Modélisation et simulation 2 (SIM2) – MT_662	Obligatoire	16p.*
TP & Projet		
Traitement d'images 2 (TIM2) – MT_663	Obligatoire	16p.*
TP & Projet		

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

Répartition horaire :	Enseignement :	60	heures	
	Travail autonome :	90	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_661 – AVI2 = 50%
MT_662 – SIM2 = 33%
MT_663 – TIM2 = 17 %

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_20 Sciences de l'ingénieur 3
MT_21 Sciences de l'ingénieur 4
avoir validé MT_29 Option bio-ingénierie

Unité de cours : MT_661 – Acoustique appliquée 2 (AVI2)**Objectifs d'apprentissage**

L'objectif de ce module est de permettre aux étudiants d'acquérir les connaissances de base en acoustique physique et en électroacoustique, afin qu'ils soient capables d'utiliser des modèles, de mettre en œuvre des méthodes expérimentales pour résoudre des problèmes en ingénierie acoustique, et d'analyser les réponses des systèmes acoustiques simples. A la fin de ce module, l'étudiant-e aura acquis des notions fondamentales qui lui permettront d'utiliser des modèles simples de propagation et de rayonnement et d'appliquer des méthodes pratiques pour représenter et résoudre des problèmes concrets en acoustique appliquée.

Travaux en laboratoire :

Les laboratoires permettront aux étudiants de se familiariser avec les techniques de mesures et d'analyse de signaux acoustiques et vibratoires et les outils de simulation numérique appliqués à l'étude de systèmes acoustiques et de structures mécaniques.

Contenu

- Effet Doppler et applications
- Physiologie de l'audition et perception du son,
- Mesure des propriétés acoustiques caractéristiques d'un matériau.
- Propagation des ondes acoustiques en champ libre et en milieu guidé,
- Rayonnement acoustique de sources sonores élémentaires (monopôles, dipôles, cardioïdes...),
- Modèles de sources sonores élémentaires,
- Chapitre(s) choisi(s).

Répartition horaire

Enseignement :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	54	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 avec :
- Evaluations écrites ou orales, 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 bibliographiques

- *Audio*, Mario Rossi. Presses polytechniques et universitaires romandes.
- *Fundamentals of acoustics*, L. E. Kinsler and all. J. Wiley & sons.

Responsable de l'enseignement

M. Romain Boulandet (romain.boulandet@hesge.ch)

Unité de cours : MT_662 – Modélisation et simulation 2 (SIM2)**Objectifs d'apprentissage**

- Développer la capacité de formalisation et modélisation de problèmes physique et multi physiques simples.
- Acquérir des compétences dans l'utilisation d'un logiciel de calcul symbolique et numérique pour la modélisation et la simulation en ingénierie.
- Connaître les bases des méthodes numériques basées sur les différences finies et les éléments finis.
- Savoir les appliquer pour la résolution de problèmes classiques en ingénierie.
- Développer son sens critique vis à vis des résultats numériques obtenus par simulation.

Contenu

- Apprentissage par la pratique de la méthode des éléments finis et de la simulation numérique multiphysique avec le logiciel Comsol Multiphysics à travers des projets appliqués.
- L'évaluation se fera sous forme d'un rapport et d'une présentation orale.

Répartition horaire

Enseignement :	12	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	18	heures	
Total :	30	heures	de travail pour ce cours

Modalités 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
 - Rapports écrits de travaux
 - 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 bibliographiques

- *Numerical methods using Matlab*, par G. Lindfield et J. Penny, ed. Ellis Horwood, 1995
- *Bien débuter avec Maple*, Jean-François Imokrane (Cépaduès éditions 2023)
- *Introduction à la simulation de systèmes physiques*, par M. Eminyan et K. Rubin, InterEditions, Paris, 1994.
- *Documentation en ligne du logiciel Comsol Multiphysics* (www.comsol.com)

Responsables de l'enseignement

M. Roland Rozsnyo (roland.rozsnyo@hesge.ch)

Unité de cours : MT_663 – Traitement d'images 2 (TIM2)**Objectifs d'apprentissage**

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

- comprendre les bases des approches de deep learning appliquées au traitement d'images ;
- mettre en œuvre en Python des modèles simples de classification, d'amélioration ou de segmentation d'images ;
- analyser de manière critique les performances obtenues et identifier les avantages et les limites de ces méthodes par rapport aux approches classiques.

Contenus

- Introduction aux réseaux de neurones appliqués aux images (réseaux entièrement connectés et réseaux convolutionnels).
- Mise en pratique sur des problèmes de traitement d'images : classification, débruitage et/ou segmentation.

Répartition horaire

Enseignement :	12	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	18	heures	
Total :	30	heures	de travail pour ce cours

Modalités d'enseignement

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

Modalités d'évaluation

- ☒ Contrôle continu (présentation orale et/ou travaux écrits), avec :
- Évaluations sur ordinateur avec utilisation du langage Python et de la bibliothèque OpenCV.

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

- Supports de cours.
- Rosebrock, *PyImageSearch* [en ligne]. Disponible sur : <https://pyimagesearch.com/>.

Responsable de l'enseignement

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