

## **MT3 : Microtechniques 3e année**

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

- **MT\_31** **Projet et gestion**
- **MT\_32** **Microtechniques et biologie appliquée**
- **MT\_33** **Travail de Bachelor dans l'option**
- **MT\_41** **MH / Horlogerie**
- **MT\_42** **MH / Surfaces et nanotechnologies**
- **MT\_43** **MH / Microtechniques et microfabrication**
- **MT\_44** **MH / Cours à choix**
- **MT\_51** **CE / Systèmes électroniques**
- **MT\_52** **CE / Systèmes numériques, réglage et traitement de signal numérique**
- **MT\_53** **CE / Cours à choix**
- **MT\_61** **PA / Nucléaire appliqué**
- **MT\_62** **PA / Acoustique, photonique, simulation et traitement d'image**
- **MT\_63** **PA / Cours à choix**

## Descriptif de module : MT\_31 Projet et gestion

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 et gestion (6 ECTS)	2019-2020
--	-----------

Type de formation : de  Bachelor  Master

Type de module :  Obligatoire  A choix  Additionnel

Niveau du module : du  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
Projet de semestre 1 et gestion de projet (PRS1) – MT_311			
TP & Projet	Obligatoire	32p.*	
Projet de semestre 2 (PRS2) – MT_312			
TP & Projet	Obligatoire		32p.*
Gestion et économie d'entreprise (GEE) – MT_313	Obligatoire		32p.*
TP & Projet			

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

Répartition  
horaire :

Enseignement :

72

 heures

Travail autonome :	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\_311 – PRS1 = 16%

MT\_312 – PRS2 = 50%

MT\_313 – GEE = 34%

Concernant la note minimale, c'est la moyenne pondérée par matière des 2 semestres qui fait foi.

Ce module est non remédiable.

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

#### 5. Prérequis

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

Détail des pré-requis :

Avoir validé :

MT\_21 Bases scientifiques 2

signal

MT\_22 Bases d'automatique, de réglage et de traitement du

MT\_23 Bases d'électronique

MT\_24 Matériaux et conception

MT\_25 Microtechniques

MT\_26 Projet et Université

un des modules suivants :

- MT\_27 Option ingénieur en horlogerie
- MT\_28 Option ingénieur en électronique
- MT\_29 Option ingénieur de recherche

Unités de cours : MT\_311 – Projet de semestre 1 et gestion de projet (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.
- Maitriser l'organisation et des problèmes sociaux dans le travail de groupe.

### 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 d'accord de le suivre.
- 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 rapport. Ce dernier doit être réalisé sous la forme d'un article scientifique ou d'un rapport de conception.

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

Professeurs en charge du projet de semestre.

Unité de cours : MT\_313 – 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 :  heures (32 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  heures

Total :  heures de travail pour ce cours

## Modalités d'enseignement

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

## Modalités d'évaluation

- Contrôle continu avec :
- Examen à la fin du cours (50%)
  - Travail de groupe (40%)
  - 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

- Corset, G., Fazio, M., Lombardo, P. et Métrailler, G., Vivre l'entreprise 1, Éditions LEP Loisirs et Pédagogie SA, Le Mont-sur-Lausanne, 2006,
- Johnson, G., Scholes, K. Whittington, R. & Fréry, F., (2010), Strategic, 9<sup>e</sup> édition, Pearson Education France,
- Mankiw, N. G., Principes de l'économie, Economica, Paris, 1998,
- Stiglitz, J., Walsh, C.E. & Lafay, J.-D., Principes d'économie moderne, 3<sup>e</sup> édition, 2007, de Boeck & Larcier SA, Bruxelles, ISBN : 978-2-8041-5202-4.

## Responsable de l'enseignement

M. Nicolas Montandon ([nicolas.montandon@hesge.ch](mailto:nicolas.montandon@hesge.ch))

## Descriptif de module : MT\_32 Microtechniques et biologie appliquée

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 biologie appliquée (6 ECTS)	2019-2020
--	-----------

Type de formation : de  Bachelor  Master

Type de module :  Obligatoire  A choix  Additionnel

Niveau du module : du  Basic level course  Intermediate level course

Advanced level course  Specialized level course

Langue : Français | Semestre de référence : S5/S6 | Responsable du module : **Luc Stoppini**

### 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 et des études à la responsabilité de la fabrication et au contrôle des équipements d'une installation industrielle.
- Réaliser un système microtechnique fini et utile à partir de ses composants élémentaires, et en comprenant son fonctionnement complet.
- Distinguer les facteurs limitant lors de la miniaturisation d'un système, en tenant compte des effets physiques impliqués, pour être capable de le dimensionner.
- Définir, sélectionner et savoir mettre en œuvre les éléments clés d'un système microtechnique dans différentes applications et domaines (capteurs, actionneurs, et leur interface électronique).
- Connaître quelques bases sur la structure et la fonction du vivant et quelques principes d'organisation du vivant au niveau moléculaire, cellulaire et de l'individu.

### 3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne	Sem. Printemps
Microtechniques 3 (MIC3) – MT_321	Obligatoire	32p.*	
TP & Projet	Obligatoire	32p.*	
Bio-ingénierie 1 (BIO1) – MT_322	Obligatoire	32p.*	
TP & Projet			

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

Répartition horaire :	Enseignement :	72	heures	
	Travail autonome :	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\_321 – MIC3 = 66%

MT\_322 – BIO1 = 34%

Concernant la note minimale, c'est la moyenne pondérée par matière des 2 semestres qui fait foi.

Ce module est non remédiable.

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

#### 5. Prérequis

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

Détail des pré-requis :                    avoir suivi        MT\_21 Bases scientifiques  
    avoir validé    MT\_25 Microtechniques

Unités de cours : MT\_321 – Microtechnique 3 (MIC3)

#### Objectifs

Ce cours vise à compléter la formation de base de l'ingénieur en microtechnique en le familiarisant avec les questions conception de produits et de miniaturisations, pour le préparer aux défis d'un métier dans un contexte industrielle 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 de produits microtechniques nouveaux.
- Reconnaître des notions de facteurs de réussite et de validation qualitative.
- 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 limitant 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 d'un ou deux mini-projet(s), notamment pour concevoir un système microtechnique simple.

## Contenus

Notions de processus industriel et d'innovation

Outils méthodologiques et techniques (énoncé du besoin, analyse fonctionnelle, bloc diagramme fonctionnel, élaboration de variantes de solutions et optimisation du choix, etc)

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

## Répartition horaire

Enseignement :	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	71	Heures	
Total :	119	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, 2001.

## Responsable de l'enseignement

M. Marc Heuschkel ([marc.heuschkel@hesge.ch](mailto:marc.heuschkel@hesge.ch))

Unités de cours : MT\_322 – Bio-ingénierie 1 (BIO1)

## Objectifs

Apprendre quelques bases sur la structure et la fonction du vivant.  
Apprendre quelques principes d'organisation du vivant au niveau moléculaire, cellulaire et de l'individu.  
Se sensibiliser et familiariser avec l'interaction entre les matériaux et la matière vivante.

## Contenus

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

Introduction aux différents milieux biologiques, et aux exigences d'utilisations des matériaux dans ces milieux : tests de toxicité et de biocompatibilité.  
Aperçus des instruments utilisés en médecine et en biologie (les technologies appliquées dans l'exploration du monde vivant).  
Introduction à l'ingénierie tissulaire et génétique.  
Les réactions tissulaires à l'implantation de prothèses, le rôle du système immunitaire.  
L'utilisation des biomatériaux dans la fabrication d'interface bio-électroniques.  
Les biofilms : Biofilms. Biofouling. Surfaces de matériaux et stérilité.

## Répartition horaire

Enseignement :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	37	heures	
Total :	61	heures	de travail pour ce cours

## Modalités d'enseignement

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

## Modalités d'évaluation

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

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

La note MT\_322 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.

### **Référence & Bibliographie**

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

### **Responsable de l'enseignement**

M. Luc Stoppini ([luc.stoppini@hesge.ch](mailto:luc.stoppini@hesge.ch))

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

## Descriptif de module : MT\_33 Travail de Bachelor dans l'option

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)	2019-2020
---	-----------

Type de formation : de  Bachelor  Master

Type de module :  Obligatoire  A choix  Additionnel

Niveau du module : du  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 :

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

### 3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne	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 :	0	heures	
	Travail autonome :	360	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 étudiants en situation de remédiation en seront informés 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 professeur responsable et validé par le responsable de filière.
- A l'issue du travail supplémentaire, une session de jury de diplôme sera organisée.

## 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 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. 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 :	0	heures	Suivi hebdomadaire par le professeur responsable
Travail autonome :	360	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.

Font partie des membres du jury les experts désignés par la direction sur recommandation des professeurs. Chaque travail de diplôme est suivi par un-e expert-e principal-e qui suit les travaux au travers d'une à deux revues de projets et évalue le contenu technique et scientifique du mémoire.

La note de l'unité d'enseignement Travail de bachelor est obtenue par la moyenne pondérée des notes attribuées par les expert-e-s et le professeur responsable. Elle est calculée au dixième, selon les critères d'évaluations suivants:

Champs à évaluer		Coefficients de pondération	Compétence
<b>Présentation orale</b>	<b>Clarté de l'exposé</b> (maîtrise du sujet), structuration, qualité des documents projetés, réponse aux questions, etc.	<b>0.2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Professeur responsable</li> <li>• Experts</li> </ul>
<b>Mémoire</b>	<b>La forme</b> (présentation, structuration, rédaction, résumé, figures, schémas, plans, table des matières, index, annexes, bibliographie, etc.)	<b>0.1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Professeur responsable</li> <li>• Experts</li> </ul>

	<b>Le fond</b> (contenu technique, analyse du problème, solutions envisageables, choix retenus après évaluation critique, conduite du projet, etc.)	<b>0.3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Professeur responsable</li> <li>• Expert principal</li> </ul>
<b>Travail pratique</b>	<b>Réalisation finale</b> (montage de laboratoire, réalisation d'un appareil, d'un équipement, d'un logiciel, etc.)	<b>0.1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Professeur responsable</li> <li>• Experts</li> </ul>
	<b>Conduite du projet</b> , maîtrise des outils, de l'instrumentation, gestion du temps, respect du cahier des charges, etc.	<b>0.3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Professeur responsable</li> <li>• Expert principal si a suivi le travail</li> </ul>

### Références bibliographiques

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

### Responsable de l'enseignement

Un professeur par travail de Bachelor.

## Descriptif de module : MT\_41 MH / Horlogerie

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 (15 ECTS)	2019-2020
---	-----------

Type de formation : de  Bachelor  Master

Type de module :  Obligatoire  A choix  Additionnel

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

Langue : Français | Semestre de référence : S5/S6 | Responsable du module : **Alvaro Hüsey**

### 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).

### 3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne	Sem. Printemps
Conception micromécanique 1 (CMI1) – MT_411			
TP & Projet	Obligatoire	32p.*	
Conception micromécanique 2 (CMI2) – MT_412			
TP & Projet	Obligatoire		32p.*
Conception complications (CCO) – MT_413	Obligatoire		
TP & Projet	Obligatoire	48p.*	
Conception habillage (CHA) – MT_414			

TP & Projet	Obligatoire	32p.*	
Microtechnique horlogère (MHO) – MT_415			
TP & Projet	Obligatoire	64p.*	
Simulations horlogères (SHO) – MT_416	Obligatoire		16p.*
TP & Projet			
Qualité en conception (QCO) – MT_417	Obligatoire	48p.*	
TP & Projet			

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

Répartition  
horaire :

Enseignement :  heures

heures

Total :  heures équivalent à 15 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 = 12%

MT\_412 – CMI2 = 12%

MT\_413 – CCO = 17%

MT\_414 – CHA = 12%

MT\_415 – MHO = 24%

MT\_416 – SHO = 6%

MT\_417 – QCO = 17%

Ce module est non remédiable.

Concernant la note minimale, c'est la moyenne pondérée par matière des 2 semestres qui fait foi.



## 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.

La note MT\_411 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.

La note MT\_412 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre.

## 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](mailto:denis.rudaz@hesge.ch))

Unité de cours : MT\_413 – 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 :  heures (48 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  heures

Total :  heures de travail pour ce cours

## Modalités d'enseignement

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

## Modalités d'évaluation

- Contrôle continu 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.
- Hüsey, A. (2015). Support de cours de construction horlogère. Genève : hepia.
- Lecoultre, 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 Hüsey ([alvaro.hussy@hesge.ch](mailto:alvaro.hussy@hesge.ch))

Unité de cours : MT\_414 – 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

### *Travaux en laboratoire*

Construire et modéliser des produits horlogers (complications et habillage).  
Réaliser un projet industriel.

## Contenus

### **Cours théorique**

- Appliquer la cotation ISO-GPS à l'horlogerie ;
- Sélectionner le bon système d'étanchéité en fonction des contraintes du cahier des charges.

### **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:
- Réalisation de modèle 3D, tenant compte de l'esthétique, selon une démarche de modélisation par surfaces ;
  - Développement de modèles dynamiques sur le logiciel ;

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

## Unité de cours : MT\_415 – Microtechnique horlogère (MHO)

### Objectifs d'apprentissage

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

- 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.
- 

#### *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.

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

### Contenus

Etude théorique :

- fonctionnement de la montre

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 étanchéité et déformation du boîtier et de la glace en fonction de la pression extérieure.

### Répartition horaire

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

### Modalités d'enseignement

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

### Modalités d'évaluation

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

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

### Références bibliographiques

- 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,
- Normalisation NIHS,
- L'extrait de norme 2010 SNV.

### Responsable de l'enseignement

M. Roberto Coverlizza ([roberto.coverlizza@hesge.ch](mailto:roberto.coverlizza@hesge.ch))

Unité de cours : MT\_416 – Simulations horlogères (SHO)

### Objectifs d'apprentissage

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

### Contenus

- Appliquer la méthodologie nécessaire au fonctionnement du logiciel de simulation choisi

- Simuler des mécanismes et produits horlogers (mouvements et/ou habillage)
- Critiquer les résultats fournis par le logiciel

### Répartition horaire

Enseignement :	12	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	28	Heures	
Total :	40	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 Scriptor S.A.
- Hüsey, A. (2013). *Support de cours de construction horlogère*. Genève : hepia.
- Lecoultré, F. (2000). *Les montres compliquées*. Neuchâtel : Editions Antoine Simonin.
- Raymond, C.-A. & [al.] (1998). *Théorie d'horlogerie*. Le Sentier : Fédération des Ecoles Techniques.
- Sermier, C. & Papi, G. (2006). *Finitions et décorations horlogères haut de gamme*. Le Locle : Audemars Piguet.

### Responsable de l'enseignement

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

Unité de cours : MT\_417 – Qualité en conception (QCO)

### Objectifs d'apprentissage

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

## Contenus

### Cours théorique

- Définir les différentes finitions et terminaisons horlogères ;
- Expliquer les différentes méthodes de fabrication permettant de les obtenir ;
- Expliquer le test de vieillissement Chronofiable ;
- Expliquer le test du COSC et le différencier du Chronofiable ;
- Différencier le Poinçon de Genève du Label Qualité Fleurier et d'autres labels de qualité horlogère ;
- Expliquer les moyens de contrôle et de fabrication de base ;
- Dimensionner des chaînes de cotes d'un produit horloger ;
- Choisir une méthode de tolérancement de ces cotes ;
- Analyser les valeurs en fonction des possibilités de fabrication et de contrôle ;
- Mettre en pratique les outils qualité tels que 8D, AMDEC, Analyse Fonctionnelle etc. ;
- Analyser une problématique à l'aide des Plans d'Expériences.

### Répartition horaire

Enseignement :	<input type="text" value="36"/>	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="39"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="75"/>	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

- 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.

- Hüsey, A. (2015). Support de cours de construction horlogère. Genève : hepia.
- Lecoultre, 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 Hüsey ([alvaro.hussy@hesge.ch](mailto: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 (10 ECTS)	2019-2020
---	-----------

Type de formation : de  Bachelor  Master

Type de module :  Obligatoire  A choix  Additionnel

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

Langue : Français | Semestre de référence : S5/S6 | Responsable du module : **Marc Jobin**

### 2. Objectifs d'apprentissage

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

- De comprendre la technologie du vide (HV et UHV) et de ses composants (enceintes, pompes, jauges)
- De connaître les différentes techniques de dépôt de couches minces : évaporation, pulvérisation cathodique (sputtering), CVD,...
- 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	Sem. Printemps
Nanotechnologies (NAS) – MT_421	Obligatoire	24p.*	
TP & Projet	Obligatoire	32p.*	
Tribologie systémique 1 (TRS1) – MT_422	Obligatoire	24p.*	
Tribologie systémique 2 (TRS2) – MT_423			
TP & Projet	Obligatoire		32p.*
Techniques du vide et des couches minces 1	Obligatoire	32p.*	

(VCM1) – MT_424			
TP & Projet	Obligatoire		
Techniques du vide et des couches minces 2 (VCM2) – MT_425	Obligatoire		
TP & Projet	Obligatoire		32p.*

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

Répartition  
horaire :

Enseignement :  heures

Travail  
autonome :  heures

Total :  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\_421 – NAS = 32%

MT\_422 – TRS1 = 14%

MT\_423 – TRS2 = 18%

MT\_424 – VCM1 = 18%

MT\_425 – VCM2 = 18%

Concernant la note minimale, c'est la moyenne pondérée par matière des 2 semestres qui fait foi.

Ce module est non remédiable.

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

#### 5. Prérequis

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

Détail des pré-requis : avoir suivi MT\_21 Bases scientifiques

MT\_24 Matériaux et conception

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 procédés 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

*Partie2 : 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*

14. Dynamic light scattering et potential zeta
15. Photoluminescence
16. Nanoindentation

*Laboratoires*

- 8 sessions de 4 périodes de laboratoire. Les projets proposés sont :
  - Cellules solaires silicium par « spin on dopant »
  - « Dynamic light scattering » de nanoparticules
  - PV organique
  - Nanocomposites « sol-gel » pour le stockage de l'énergie

## Répartition horaire

Enseignement :  heures (56 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  Heures

Total :  heures de travail pour ce cours

## Modalités d'enseignement

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

## Modalités d'évaluation

- Contrôle continu 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](mailto:marc.jobin@hesge.ch))

Unité de cours : MT_422 – Tribologie systémique 1 (TRS1) MT_423 – Tribologie systémique 2 (TRS2)
---

## Objectifs d'apprentissage

- Connaissances
- des phénomènes de tribologie systémique et de leurs applications industrielles ;

### *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*

- 8 sessions de 4 heures de laboratoires, portant sur : 1) Tribocorrosion, 2) Tribométrie en situation abrasive, 3) Modification de surfaces par voie électrochimique, 4) Tribométrie pin/disque et linéaire alternée.

### Répartition horaire

Enseignement :  heures (56 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  heures

Total :  heures de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

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

### Modalités d'évaluation

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

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

La note MT\_422 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.

La note MT\_423 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre.

### Référence & Bibliographie

- (sera communiquée au début du cours).

### Responsable de l'enseignement

M. Eric Rosset ([eric.rosset@hesge.ch](mailto:eric.rosset@hesge.ch))

Unité de cours : MT_424 – Techniques du vide et des couches minces 1 (VCM1) MT_425 – Techniques du vide et des couches minces 2 (VCM2)
---

### 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 (PVD, CVD)

*Travaux en laboratoire*

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

## Contenus

- Notions importantes pour le vide (théorie cinétique, pression, libre parcours moyen, conductance, etc.) ;
- Moyens de production du vide (pompes primaires, secondaires) ;
- Moyens de mesure du vide (jauges Bourdon, capacitive et piézoélectriques, Pirani et thermocouple, cathode froide) ;
- 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

## Répartition horaire

Enseignement :  heures (64 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  heures

Total :  heures de travail pour ce cours

## Modalités d'enseignement

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

## Modalités d'évaluation

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

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

## Références bibliographiques

- 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](mailto:nicolas.stucki@hesge.ch))

## Descriptif de module : MT\_43 MH / Microtechniques 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.

<b>1. Module : MT_43 MH / Microtechniques et microfabrication (5 ECTS)</b>	<b>2019-2020</b>
--	------------------

Type de formation : de  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 : **Nicolas Stucki**

### 2. Objectifs d'apprentissage

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

- expliquer le principe de fonctionnement de divers transducteurs représentatifs ;
- sélectionner, dimensionner et définir les performances caractéristiques d'un transducteur pour une application spécifique, puis d'être capable de le mettre en œuvre comme éléments clés d'un système microtechnique ;
- concevoir et modéliser un transducteur tout en pouvant expliquer le processus de fabrication nécessaire à sa réalisation ;
- effectuer une photolithographie de base ;
- graver des échantillons de silicium et de dioxyde de silicium (gravure anisotrope et isotrope) ;
- réaliser des électrodes d'or par la technique du lift-off.

### 3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne	Sem. Printemps
Méthodes production & Complications horlogères (MPR) – MT_431	Obligatoire		32p.*
TP & Projet	Obligatoire		
Microfabrication (MFB) – MT_432	Obligatoire	32p.*	
TP & Projet	Obligatoire	32p.*	

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

Répartition horaire :

Enseignement : 72 heures

Travail autonome :	78	heures	
Total :	150	heures	équivalent à 5 ECTS

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

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

Coefficients de calcul de la note déterminante du module:

$$\text{MT}_{431} - \text{MPR} = 34\%$$

$$\text{MT}_{432} - \text{MFB} = 66\%$$

Concernant la note minimale, c'est la moyenne pondérée par matière des 2 semestres qui fait foi.

Ce module est non remédiable.

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

#### 5. Prérequis

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

Détail des pré-requis : avoir validé MT\_21 Bases scientifiques

MT\_24 Matériaux et conception

MT\_25 Microtechniques

Unité de cours : MT\_431 – Méthodes production & Complications horlogères (MPR)

#### Objectifs d'apprentissage

#### *Partie Complications horlogères :*

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

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

#### *Partie Méthodes de production :*

A définir par l'enseignant.

### **Contenus**

#### *Partie Complications horlogères :*

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

#### *Partie Méthodes de production :*

A définir par l'enseignant.

### **Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="28"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="52"/>	heures	de travail pour ce cours

### **Modalités d'enseignement**

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

### **Modalités d'évaluation**

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

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

### **Références bibliographiques**

- Bovay, P. & [al.] (2011). *Traité de construction horlogère*. Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- Humbert, B. (2007). *Les Montres Calendrier Modernes*. Neuchâtel Editions Antoine Simonin

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

## Responsable de l'enseignement

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

Vac. TIN ([...@hesge.ch](mailto:...@hesge.ch))

## Unité de cours : MT\_432 – Microfabrication (MFB)

### Objectifs d'apprentissage

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

- D'effectuer des procédés de photolithographie UV en mode contact
- D'effectuer des gravures par voie humide de silicium et d'oxyde de silicium
- D'utiliser un procédé lift-off pour fabriquer un diffuseur laser

### Contenus

- Introduction à la micro-fabrication.
- Silicium, propriétés
- Photolithographie
- Gravure
- Lift-off

*Travaux en laboratoire :*

11 sessions de 4 périodes portant sur photolithographie, gravure, lift-off et caractérisation d'échantillons.

### Répartition horaire

Enseignement :	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	50	heures	
Total :	98	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

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

## Modalités d'évaluation

- ☒ Contrôle continu avec :
  - 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.

## Référence & Bibliographie

- Marc Madou, *Fundamentals of microfabrication*, CRC Press Inc.

## Responsable de l'enseignement

M. Nicolas Stucki ([nicolas.stucki@hesge.ch](mailto:nicolas.stucki@hesge.ch))

## Descriptif de module : MT\_44 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_44 MH / Cours à choix (6 ECTS)	2019-2020
---	-----------

Type de formation : de  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

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	Sem. Printemps
Robotique 1 (ROB1) – MT_441	A choix	32p.*	
TP & Projet			
Robotique 2 (ROB2) – MT_442			
TP & Projet	A choix		32p.*
Acoustique appliquée 1 (AVI1) – MT_443	A choix	48p.*	
TP & Projet	A choix	16p.*	
Photonique appliquée (PHO) – MT_444	A choix	32p.*	
TP & Projet	A choix	16p.*	
Traitement d'image 1 (TIM1) – MT_445	A choix	32p.*	

TP & Projet			
Traitement d'image 2 (TIM2) – MT_446	A choix		32p.*
TP & Projet			
Electronique 5 (NIQ5) – MT_447	A choix	32p.*	
TP & Projet		32p.*	
Histoire de l'horlogerie (HHO) – MT_448	Obligatoire	48p.*	
TP & Projet			

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

Répartition horaire :	Enseignement :	96	heures	
	Travail autonome :	84	heures	
	Total :	180	heures	équivalent à 6 ECTS

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

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

Les étudiants choisissent 1 cours dans la liste ci-dessous (numérotés de 1 à 5). Le cours MT\_448 – HHO est obligatoire.

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

$$\begin{aligned}
 1) \quad & \text{MT}_{441} - \text{ROB1} &= & 25\% \\
 & \text{MT}_{442} - \text{ROB2} &= & 25\%
 \end{aligned}$$

$$2) \quad \text{MT}_{443} - \text{AVI1} = 50\%$$

$$3) \quad \text{MT}_{444} - \text{PHO} = 50\%$$

$$4) \quad \text{MT}_{445} - \text{TIM1} = 25\%$$



## Contenus MT\_442

- Conception virtuelle d'une installation robotisée de type *pick-and-place* en contexte industriel.
- Modélisation géométrique et cinématique de l'installation robotisée conçue précédemment à l'aide du logiciel de modélisation multiphysique *Dymola*.
- Simulation réaliste d'une opération de *pick-and-place* à l'aide du logiciel de modélisation multiphysique *Dymola*.
- Prise en main d'un véritable robot industriel.
- Programmation d'une opération de *pick-and-place* sur un véritable robot industriel.

### Répartition horaire

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

### Modalités d'enseignement

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

### Modalités d'évaluation

- Contrôle continu 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.

La note MT\_441 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.

La note MT\_442 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre.

### 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.
- « Conception, modélisation et simulation d'une installation robotique », cahier de laboratoire 1.
- « Dymola, Dynamic Modeling Laboratory », User's Manual.
- « Programmation d'un bras manipulateur industriel », cahier de laboratoire 2.
- « Manuel de service et de programmation pour utilisateur final pour logiciel KUKA System Software ».
- « Automatique des systèmes mécaniques », O. Le Gallo, Dunod, 2009, 486 pages, ISBN 978-2-10-053180-6.

## Responsable de l'enseignement

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

Unité de cours : MT\_443 – 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, afin qu'ils soient capables d'utiliser des modèles ou de mettre en œuvre des méthodes expérimentales pour résoudre des problèmes en ingénierie acoustique.

### Travaux en laboratoire :

Les laboratoires permettront aux étudiants de se familiariser avec les outils et les techniques de mesures et d'analyse de signaux acoustiques et vibratoires.

## Contenu

- Notions de base en acoustique (équation des ondes, applications),
- Puissance et intensité acoustique et calcul de niveaux sonores,
- Physiologie de l'audition et perception du son,
- Modèles de sources sonores élémentaires,
- Propagation des ondes acoustiques en champ libre et en milieu guidé,
- Réflexion, absorption et transmission des ondes acoustiques à une interface,
- Mesure des propriétés acoustiques caractéristiques d'un matériau.

## 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 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](mailto:romain.boulandet@hesge.ch))

Unité de cours : MT_444 – Photonique (PHO)
--

## Objectifs d'apprentissage

Ce cours vise à initier le futur ingénieur 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;
- comprendre 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

- Les ondes électromagnétiques (propagation de la lumière, équations de Fresnel).
- Les interférences (superposition des ondes, interféromètres, cohérence).
- La diffraction (Fraunhofer, Fresnel, réseaux de diffraction).
- Les fibres optiques et leurs applications.
- Les instruments optiques (microscope interférentiel, tomographie par cohérence optique).
- 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 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](mailto:stephane.bourquin@hesge.ch))

Unité de cours : MT_445 – Traitement d'images 1 (TIM1) MT_446 – Traitement d'images 2 (TIM2)
---

## Objectifs d'apprentissage

Comprendre et maîtriser les méthodes de base du traitement et de l'analyse automatique d'images numériques.

Appliquer ces méthodes pour résoudre des problèmes concrets en vision par ordinateur

*Travaux en laboratoire (intégrés au cours):*

Exercices pratiques en étroite relation avec le cours avec utilisation du langage Python et de la bibliothèque OpenCV.

## Contenus

MT\_535 – Traitement d'images 1

- Notions de base
- Transformation d'intensité.
- Filtrage dans le domaine spatial et fréquentiel.
- Traitement d'images par morphologie mathématique.
- Transformée de Hough.

MT\_536 – Traitement d'images 2

- Segmentation de séquences vidéo.
- Localisation d'objets par corrélation.
- Reconnaissance de formes (introduction à l'apprentissage machine).

## Répartition horaire

Enseignement :  heures (64 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  Heures

Total :  heures de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

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

### Modalités d'évaluation

- Contrôle continu (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.

La note MT\_445 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.

La note MT\_446 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre.

### Références bibliographiques

- Polycopié du cours
- Digital Image Processing using MATLAB, R. C. Gonzalez, R. E. Woods and S. L. Eddins
- Pratical Python and OpenCV, A. Rosebrock, pyimagesearch.
- Deep Learning for Computer Vision with Python, A. Rosebrock, pyimagesearch.
- Learning OpenCV, G. Bradski et A. Kaehler, O'REILLY.

### Responsable de l'enseignement

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

Unité de cours : MT\_447 – 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 :	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 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

- Polycopié : Electronique 3, 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](mailto:nicola.giandomenico@hesge.ch))

Unité de cours : MT\_448 – Histoire de l'horlogerie (HHO)

## Objectifs d'apprentissage

Ce cours vise à donner un aperçu au futur ingénieur sur l'histoire de l'horlogerie de ses origines à de nos jours.

## Contenus

- Des origines à la fin du XIIIe siècle
- L'Europe médiévale : du cadran solaire à l'horlogerie mécanique
- Du XIVe au XVIe siècle
- Du XVIe au XVIIIe siècle
- De la montre parure à la montre précision
- Premières recherches esthétiques
- Révolution industrielle
- La naissance de la montre bracelet
- La montre bracelet devient fonctionnelle
- L'horloge atomique
- De 2000 à nos jours

## Répartition horaire

Enseignement :  heures (48 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  Heures

Total :  heures de travail pour ce cours

## Modalités d'enseignement

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

## Modalités d'évaluation

- Contrôle continu 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**

- Fournie au début du cours

### **Responsable de l'enseignement**

M. Gregory Gardinetti ([gregory.gardinetti@hautehorlogerie.org](mailto:gregory.gardinetti@hautehorlogerie.org))

## Descriptif de module : MT\_51 CE / Systèmes électroniques

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.

<b>1. Module : MT_51 CE / Systèmes électroniques (14 ECTS)</b>	<b>2019-2020</b>
--	------------------

Type de formation : de  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 : **Jean-Luc Bolli**

### 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) ;
- 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 ;
- Concevoir un système électronique mettant en œuvre les techniques les plus courantes ;
- Monter, tester et dépanner un circuit électronique ;
- Comprendre globalement le fonctionnement interne des circuits intégrés.

### 3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne	Sem. Printemps
Electronique 5 (NIQ5) – MT_511	Obligatoire	32p.*	
TP & Projet	Obligatoire	32p.*	
Electronique 6 (NIQ6) – MT_512	Obligatoire		16p.*
TP & Projet	Obligatoire		16p.*

Conception de circuits analogiques (CCA) – MT_513	Obligatoire	48p.*	
TP & Projet	Obligatoire	32p.*	
Conception et test de carte électronique 1 (CEM1) – MT_514	Obligatoire	16p.*	
TP & Projet			
Conception et test de carte électronique 2 (CEM2) – MT_515			
TP & Projet	Obligatoire		32p.*

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

Répartition horaire : Enseignement :  heures  
Travail autonome :  heures  
Total :  heures équivalent à 14 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 – NIQ5 = 25%

MT\_512 – NIQ6 = 25%

MT\_513 – CCA = 31%

MT\_514 – CEM1 = 6%

MT\_515 – CEM2 = 13%

Concernant la note minimale, c'est la moyenne pondérée par matière des 2 semestres qui fait foi.

Ce module est non remédiable.

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

#### 5. Prérequis

Pour les conditions générales de prérequis des modules voir le « [Règlement d'études](#) ».

Détail des pré-requis : avoir validé MT\_21 Bases scientifiques 2

MT\_23 Bases d'électronique

Unité de cours : MT\_511 – Electronique 5 (NIQ5)  
MT\_512 – 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

- 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.
- **Les Alimentations à découpage et techniques de conversion** (suite du cours MT\_233) : 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 convertisseur 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<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> semestre de ce cours.

## Répartition horaire

Enseignement : 96 heures (128 périodes de 45 minutes)

Travail autonome : 

11
4

 Heures

Total : 

21
0

 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.

La note MT\_511 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.

La note MT\_512 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre.

### 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](mailto:nicola.giandomenico@hesge.ch))

Unité de cours : MT\_513 – Conception de circuits analogiques (CCA)

## Objectifs d'apprentissage

L'objectif global principal de cours est de :

- distinguer les différents types de circuits intégrés (IC) : leurs technologies, leurs domaines d'applications, leurs méthodes de conception;
- connaître les principales étapes du procédé de fabrication d'un IC ;
- comprendre le fonctionnement des cellules de base constituant un IC ;
- mettre en œuvre les IC, en particulier concernant les aspects de compatibilité électromagnétique (CEM).

### Travaux en laboratoire

1ère partie, apprentissage des outils et des technologies propre aux IC :

- capture de schéma et simulation analogique de blocs de base ;
- dessin physique des composants intégrés (layout), outils de vérifications.

2ème partie, pratique des bases de la CEM :

- méthodes de mesures : analyse fréquentielle et réflectométrie temporelle ;
- étude de cas classiques de perturbations.

### Contenus

- Procédés de fabrication CMOS et BiCMOS, rappels de physique des semiconducteurs ;
- Les transistors MOS et bipolaires: caractéristiques, modèles simples, modèles Spice, layout ;
- Les circuits analogiques :
  - montages amplificateurs élémentaires, miroirs de courants, etc.;
  - amplificateurs opérationnels et différentiels ;
  - bruit des composants électroniques ;
- Les circuits numériques :
  - cellules de base CMOS: portes logiques, buffer, bascules ;
  - cellules de mémoires : SRAM, DRAM, FLASH, etc. ;
  - constitution d'un FPGA.
- Introduction à l'électronique rapide et la CEM :
  - lignes de transmission, layout, découplage des IC, etc. ;
  - méthodes et instruments de mesures ;
  - études de cas classiques.

### Répartition horaire

Enseignement :	60	heures	(80 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	71	Heures	
Total :	131	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

- Microelectronic Circuits, Adel Sedra & Kenneth Smith, Oxford University Press,
- Fundamentals of Microelectronics, Behzad Razavi, John Wiley & Sons,
- Electromagnetic Compatibility Engineering, Henry W. Ott, John Wiley & Sons.

## Responsable de l'enseignement

M. Jean-Luc Bolli ([jean-luc.bolli@hesge.ch](mailto:jean-luc.bolli@hesge.ch))

Unité de cours : MT\_514 – Conception et test de carte électronique (CEM1)  
MT\_515 – Conception et test de carte électronique (CEM2)

## Objectifs d'apprentissage

L'objectif global principal de cours est de :

- distinguer les différents types de circuits intégrés (IC) : leurs technologies, leurs domaines d'applications, leurs méthodes de conception;
- connaître les principales étapes du procédé de fabrication d'un IC ;
- comprendre le fonctionnement des cellules de base constituant un IC ;
- mettre en œuvre les IC, en particulier concernant les aspects de compatibilité électromagnétique (CEM).

### Travaux en laboratoire

1ère partie, apprentissage des outils et des technologies propre aux IC :

- capture de schéma et simulation analogique de blocs de base ;
- dessin physique des composants intégrés (layout), outils de vérifications.

2ème partie, pratique des bases de la CEM :

- méthodes de mesures : analyse fréquentielle et réflectométrie temporelle ;
- étude de cas classiques de perturbations.

## Contenus

- Procédés de fabrication CMOS et BiCMOS, rappels de physique des semiconducteurs ;
- Les transistors MOS et bipolaires: caractéristiques, modèles simples, modèles Spice, layout ;
- Les circuits analogiques :
  - montages amplificateurs élémentaires, miroirs de courants, etc.;
  - amplificateurs opérationnels et différentiels ;
  - bruit des composants électroniques ;
- Les circuits numériques :
  - cellules de base CMOS: portes logiques, buffer, bascules ;
  - cellules de mémoires : SRAM, DRAM, FLASH, etc. ;
  - constitution d'un FPGA.
- Introduction à l'électronique rapide et la CEM :
  - lignes de transmission, layout, découplage des IC, etc. ;
  - méthodes et instruments de mesures ;
  - études de cas classiques.

## Répartition horaire

Enseignement : 36 heures (48 périodes de 45 minutes)

Travail autonome : 43 Heures

Total : 79 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.

La note MT\_514 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.

La note MT\_515 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre.

### Support de cours

- Copie des documents présentés au cours.

### Références bibliographiques

- Microelectronic Circuits, Adel Sedra & Kenneth Smith, Oxford University Press,
- Fundamentals of Microelectronics, Behzad Razavi, John Wiley & Sons,
- Electromagnetic Compatibility Engineering, Henry W. Ott, John Wiley & Sons.

### Responsable de l'enseignement

M. Jean-Luc Bolli ([jean-luc.bolli@hesge.ch](mailto:jean-luc.bolli@hesge.ch))

## Descriptif de module : MT\_52

### CE / Systèmes numériques, réglage et traitement de signal numérique

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 / 2019-2020  
Systèmes numériques, réglage et traitement de signal numérique (16 ECTS)

Type de formation : de  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 : **Jean-Marc Allenbach**

#### 2. Objectifs d'apprentissage

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

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

#### 3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne	Sem. Printemps
Systèmes asservis 2 (SAS2) – MT_521	Obligatoire	32p.*	
TP & Projet	Obligatoire	32p.*	
Systèmes asservis 3 (SAS3) – MT_522	Obligatoire		32p.*
TP & Projet	Obligatoire		
Traitement numérique du signal 1 (TNS1) – MT_523	Obligatoire	48p.*	

TP & Projet			
Traitement numérique du signal 2 (TNS2) – MT_524	Obligatoire		16p.*
TP & Projet			
Systèmes numériques 3 (SNU3) – MT_525	Obligatoire	64p.*	
TP & Projet	Obligatoire	32p.*	
Systèmes numériques 4 (SNU4) – MT_526			
TP & Projet	Obligatoire		32p.*

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

Répartition horaire :	Enseignement :	216	heures	
	Travail autonome :	264	heures	
	Total :	480	heures	équivalent à 16 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 – SAS2 = 22%

MT\_522 – SAS3 = 11%

MT\_523 – TNS1 = 17%

MT\_524 – TNS2 = 6%

MT\_525 – SNU3 = 33%

MT\_526 – SNU4 = 11%

Ce module est **non remédiable**.

Concernant la note minimale, c'est la moyenne pondérée par matière des 2 semestres qui fait foi.

## 5. Prérequis

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

Détail des pré-requis : avoir validé MT\_22 Bases d'automatique, de réglage et de traitement du signal

MT\_23 Bases d'électronique

Unité de cours : MT\_521 – Systèmes asservis 1 (SAS2)  
MT\_522 – Systèmes asservis 2 (SAS3)

### Objectifs d'apprentissage

Concevoir un régulateur discret de manière à garantir les performances requises pour les systèmes. On parcourt tant les méthodes basiques de réglage que les techniques les plus récentes de dimensionnement de régulateurs.

Modéliser et identifier une installation concrète à l'aide d'algorithmes numériques.

#### *Travaux en laboratoire:*

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

### Contenus

- Réglages échantillonnés de base. Transformée en Z.
- Réglage par variables d'état.
- Réglage par logique floue.
- Réglages robustes.
- Identification de processus.
- Observateurs d'état.

### Répartition horaire

Enseignement : 72 heures (96 périodes de 45 minutes)

Travail autonome : 84 Heures

Total : 156 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.

La note MT\_521 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.

La note MT\_522 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre.

### Références bibliographiques

- H. BÜHLER *Réglages échantillonnés*, vol. 1 et 2, PPUR.
- Polycopiés du cours.

### Responsable de l'enseignement

M. Jean-Marc Allenbach ([jean-marc.allenbach@hesge.ch](mailto:jean-marc.allenbach@hesge.ch))

Unité de cours : MT_523 – Traitement numérique du signal 1 (TNS1) MT_524 – Traitement numérique du signal 2 (TNS2)
---

### Objectifs d'apprentissage

Comprendre et maîtriser les outils de base du traitement numérique des signaux.  
Appliquer ces méthodes pour résoudre des problèmes concrets.

*Pratique:*

- TNS1 : Exercices en relation avec la partie théorique du cours.
- TNS2 : Mini projet basé sur la lecture d'un article scientifique

### Contenus

#### TNS1 : Les bases du traitement numérique du signal

- Signaux et systèmes discrets.
- Transformée de Fourier discrète et transformée en Z.
- Produit de convolution discret.
- Echantillonnage et interpolation.
- Quantification et codage des nombres.
- Structures pour la réalisation de systèmes discrets.
- Analyse des systèmes discrets LIT.
- Synthèse des filtres RIF et RII.

#### TNS2 : La reconnaissance de signaux

- Les descripteurs
- Les algorithmes de classification

### Répartition horaire

Enseignement :  heures (64 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  Heures

Total :  heures de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

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

### Modalités d'évaluation

- Contrôle continu avec :
- Évaluations sur ordinateur.
  - Présentation orale.
  - Rapports.
  - .

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

La note MT\_523 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.

La note MT\_524 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre.

### Références bibliographiques

- Polycopiés du cours.
- Théorie et traitement des signaux, PPUR, Lausanne, Frédéric de Coulon.
- Traitement numérique des signaux, PPUR, Lausanne, Murat Kunt.
- Signal Processing and Linear Systems, B. P. Lathi.

### Responsable de l'enseignement

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

Unité de cours : MT\_525 – Systèmes numériques 3 (SNU3)  
MT\_526 – Systèmes numériques 4 (SNU4)

### Objectifs d'apprentissage

Compréhension et mise en œuvre de systèmes embarqués sur FPGA, l'interfaçage avec des éléments électroniques externes et la programmation en C du système réalisé.

- 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** avec processeur softcore.

#### *Travaux en laboratoire*

1ère partie, apprentissage des outils et des technologies:

- apprentissage du VHDL et des logiques programmables;
- application des machines d'états et compteurs;

2ème partie, conception d'un système sur FPGA, méthodologie de conception d'un système embarqué:

- système embarqué avec processeur softcore (ex. : NIOSII, bibliothèques);
- conception d'interfaces programmables particulières : PWM, odométrie, caméra;
- travail par groupe et assemblage des modules pour réaliser un système complet.

### **Contenus**

- Logiques programmables FPGA.
- Langage de conception pour FPGA, VHDL.
- Eléments de systèmes embarqués sur FPGA :
  - processeur softcore ;
  - mémoires dynamiques ;
  - unité DMA ;
  - bus pour systèmes embarqués sur FPGA (ex. Avalon) ;
  - interfaces programmables diverses tels que: port parallèles, série, interface caméra, etc.
- Conception d'interfaces programmables esclaves et maîtres.

### **Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="96"/>	heures	(128 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="112"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="208"/>	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, une présentation orale et une démonstration sont demandés pour chaque partie

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

La note MT\_525 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.

La note MT\_526 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre.

### Références bibliographiques

- Sites de fabricants, normes d'interfaces (i2c, spi, bus Avalon, etc.), slides du cours

### Responsable de l'enseignement

M. René Beuchat ([rene.beuchat@hesge.ch](mailto:rene.beuchat@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)	2019-2020
---	-----------

Type de formation : de  Bachelor  Master

Type de module :  Obligatoire  A choix  Additionnel

Niveau du module : du  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

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	Sem. Printemps
Robotique 1 (ROB1) – MT_531	A choix	32p.*	
TP & Projet			
Robotique 2 (ROB2) – MT_532			
TP & Projet	A choix		32p.*
Acoustique appliquée 1 (AVI1) – MT_533	A choix	48p.*	
TP & Projet	A choix	16p.*	
Photonique appliquée (PHO) – MT_534	A choix	32p.*	
TP & Projet	A choix	16p.*	
Traitement d'image 1 (TIM1) – MT_535	A choix	32p.*	

TP & Projet			
Traitement d'image 2 (TIM2) – MT_536	A choix		32p.*
TP & Projet			

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

Répartition  
horaire :

Enseignement :

96 heures

Travail  
autonome :

84 heures

Total :

180 heures

équivalent à 6 ECTS

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

Les modalités générales de validation des modules sont définies dans le [« Règlement d'études »](#).

Les étudiants choisissent 2 cours dans la liste ci-dessous (numérotés de 1 à 4).

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

1) MT\_531 – ROB1 = 25%

MT\_532 – ROB2 = 25%

2) MT\_533 – AVI1 = 50%

3) MT\_534 – PHO = 50%

4) MT\_535 – TIM1 = 25%

MT\_536 – TIM2 = 25%

Concernant la note minimale, c'est la moyenne pondérée par matière des 2 semestres qui fait foi.



### Répartition horaire

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

### Modalités d'enseignement

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

### Modalités d'évaluation

- Contrôle continu 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.

La note MT\_531 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.

La note MT\_532 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre.

### 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.
- « Conception, modélisation et simulation d'une installation robotique », cahier de laboratoire 1.
- « Dymola, Dynamic Modeling Laboratory », User's Manual.
- « Programmation d'un bras manipulateur industriel », cahier de laboratoire 2.
- « Manuel de service et de programmation pour utilisateur final pour logiciel KUKA System Software ».
- « Automatique des systèmes mécaniques », O. Le Gallo, Dunod, 2009, 486 pages, ISBN 978-2-10-053180-6.

### Responsable de l'enseignement

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

Unité de cours : MT\_533 – 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, afin qu'ils soient capables d'utiliser des modèles ou de mettre en œuvre des méthodes expérimentales pour résoudre des problèmes en ingénierie acoustique.

### Travaux en laboratoire :

Les laboratoires permettront aux étudiants de se familiariser avec les outils et les techniques de mesures et d'analyse de signaux acoustiques et vibratoires.

## Contenu

- Notions de base en acoustique (équation des ondes, applications),
- Puissance et intensité acoustique et calcul de niveaux sonores,
- Physiologie de l'audition et perception du son,
- Modèles de sources sonores élémentaires,
- Propagation des ondes acoustiques en champ libre et en milieu guidé,
- Réflexion, absorption et transmission des ondes acoustiques à une interface,
- Mesure des propriétés acoustiques caractéristiques d'un matériau.

## Répartition horaire

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

## Modalités d'enseignement

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

## Modalités d'évaluation

- Contrôle continu 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](mailto:romain.boulandet@hesge.ch))

## Objectifs d'apprentissage

Ce cours vise à initier le futur ingénieur 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;
- comprendre 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

- Les ondes électromagnétiques (propagation de la lumière, équations de Fresnel).
- Les interférences (superposition des ondes, interféromètres, cohérence).
- La diffraction (Fraunhofer, Fresnel, réseaux de diffraction).
- Les fibres optiques et leurs applications.
- Les instruments optiques (microscope interférentiel, tomographie par cohérence optique).
- Introduction à la vision industrielle.

## Répartition horaire

Enseignement :  heures (48 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  Heures

Total :  heures de travail pour ce cours

## Modalités d'enseignement

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

## Modalités d'évaluation

- Contrôle continu (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](mailto:stephane.bourquin@hesge.ch))

Unité de cours : MT\_535 – Traitement d'images 1 (TIM1)  
 MT\_536 – Traitement d'images 2 (TIM2)

## Objectifs d'apprentissage

Comprendre et maîtriser les méthodes de base du traitement et de l'analyse automatique d'images numériques.

Appliquer ces méthodes pour résoudre des problèmes concrets en vision par ordinateur

*Travaux en laboratoire (intégrés au cours):*

Exercices pratiques en étroite relation avec le cours avec utilisation du langage Python et de la bibliothèque OpenCV.

## Contenus

### MT\_535 – Traitement d'images 1

- Notions de base
- Transformation d'intensité.
- Filtrage dans le domaine spatial et fréquentiel.
- Traitement d'images par morphologie mathématique.
- Transformée de Hough.

### MT\_536 – Traitement d'images 2

- Segmentation de séquences vidéo.
- Localisation d'objets par corrélation.
- Reconnaissance de formes (introduction à l'apprentissage machine).

## 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

- 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.

La note MT\_535 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.

La note MT\_536 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre.

### Références bibliographiques

- Polycopié du cours
- Digital Image Processing using MATLAB, R. C. Gonzalez, R. E. Woods and S. L. Eddins
- Pratical Python and OpenCV, A. Rosebrock, pyimagesearch.
- Deep Learning for Computer Vision with Python, A. Rosebrock, pyimagesearch.
- Learning OpenCV, G. Bradski et A. Kaehler, O'REILLY.

### Responsable de l'enseignement

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

## Descriptif de module : MT\_61 PA / 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\_61 PA / Nucléaire appliqué (15 ECTS) 2019-2020

Type de formation : de  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 : **Gilles Triscone**

### 2. Objectifs d'apprentissage

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

- de mettre en œuvre les différentes méthodes physico-chimiques 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) ;
- de mettre en œuvre les différentes méthodes physico-chimiques d'analyses et de mesures non radioactives des éléments chimiques dans l'environnement et saura interpréter les résultats (florescence X, spectromètre de masse) ;
- 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	Sem. Printemps
Physique nucléaire 1 (PNU1) – MT_611	Obligatoire	80p.*	
TP & Projet	Obligatoire	32p.*	
Physique nucléaire 2 (PNU2) – MT_612	Obligatoire		32p.*

TP & Projet	Obligatoire		32p.*
Imagerie biomédicale (IBM) – MT_613	Obligatoire	32p.*	
TP & Projet	Obligatoire	16p.*	
Simulation Monte-Carlo (SMC) – MT_614	Obligatoire		
TP & Projet	Obligatoire		32p.*
Bio-ingénierie 2 (BIO2) – MT_615	Obligatoire		
TP & Projet	Obligatoire		16p.*

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

Répartition  
horaire :

Enseignement : 204 heures

Travail  
autonome : 246 heures

Total : 450 heures équivalent à 15 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 = 40%

MT\_612 – PNU2 = 24%

MT\_613 – IBM = 18%

MT\_614 – SMC = 12%

MT\_615 – BIO2 = 6%

Concernant la note minimale, c'est la moyenne pondérée par matière des 2 semestres qui fait foi.

Ce module est non remédiable.

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



- 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 :	132	heures	(176 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	162	Heures	
Total :	294	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

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

### Modalités d'évaluation

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

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

La note MT\_611 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.

La note MT\_612 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre.

### 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. Gilles Triscone ([gilles.triscone@hesge.ch](mailto:gilles.triscone@hesge.ch))

## 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 vont faire des expériences laboratoires sur les différents sujets abordés au 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 à HEPIA, en collaboration avec la filière de la Génie mécanique.

## Contenus

Techniques d'imageries biomédicales :

- les différentes méthodes de production des rayonnements et particules 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 conventionnelle ;
  - 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 :  heures (48 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  Heures

Total :  heures de travail pour ce cours

## Modalités d'enseignement

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

## Modalités d'évaluation

Contrôle continu : 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.  
La note MT\_613 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> 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)

Unité de cours : MT_614 – Simulations 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 dosante.

### Contenus

La méthode de simulation Monte-Carlo :

- explication de la méthode ;
  - mise en œuvre de situations simple – par exemple le jeu du casino, le propagation d'un cancer, etc. ;
- utilisation de logiciels métiers

### Répartition horaire

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="28"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="52"/>	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

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

### Modalités d'évaluation

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

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

La note MT\_614 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre

### Références bibliographiques

sera fournie par l'enseignante.

### Responsable de l'enseignement

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

Unités de cours : MT\_615 – 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 :	14	heures	
Total :	26	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. La note MT\_615 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre.

## Référence & Bibliographie

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

## Responsable de l'enseignement

MM Luc Stoppini ([luc.stoppini@hesge.ch](mailto:luc.stoppini@hesge.ch)) et Adrien Roux ([adrien.roux@hesge.ch](mailto:adrien.roux@hesge.ch))

# Descriptif de module : MT\_62

## PA / Acoustique, photonique, simulation et traitement d'image

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\_62 PA / Acoustique, photonique, simulation et traitement d'image (15 ECTS) 2019-2020

Type de formation : de  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 : **José Alberty**

### 2. Objectifs d'apprentissage

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

- comprendre et appliquer les équations fondamentales de l'acoustique linéaire pour résoudre un problème concret ;
- expliquer les mécanismes de propagation, réflexion, réfraction et transmission des ondes sonores ;
- mettre en équation et résoudre un problème acoustique simple en tenant compte des conditions initiales et de conditions aux limites ;
- décrire, choisir et mettre en œuvre différents types de transducteurs électroacoustiques ;
- appliquer des modèles théoriques pour représenter le rayonnement acoustique de sources réelles ;
  
- connaître les notions de base de la photonique;
- comprendre le fonctionnement des principaux composants optiques;
- savoir les sélectionner en fonction de l'application envisagée ;
- connaître 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 Matlab.

### 3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne	Sem. Printemps
Acoustique appliquée 1 (AVI1) – MT_621	Obligatoire	48p.*	
TP & Projet	Obligatoire	16p.*	

Acoustique appliquée 2 (AVI2) – MT_622	Obligatoire		16p.*
TP & Projet	Obligatoire		16p.*
Photonique appliquée (PHO) – MT_623	Obligatoire	32p.*	
TP & Projet	Obligatoire	16p.*	
Modélisation et simulation 1 (SIM1) – MT_624	Obligatoire	32p.*	
TP & Projet			
Modélisation et simulation 2 (SIM2) – MT_625	Obligatoire		32p.*
TP & Projet			
Traitement d'images 1 (TIM1) – MT_626	Obligatoire	32p.*	
TP & Projet			
Traitement d'images 2 (TIM2) – MT_627	Obligatoire		32p.*
TP & Projet			

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

Répartition  
horaire :

Enseignement :

204 heures

Travail  
autonome :

246 heures

Total :

450 heures

équivalent à 15 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\_621 – AVI1 = 22%

MT\_622 – AVI2 = 12%

MT\_623 – PHO = 18%

MT\_624 – SIM1 = 12%

MT\_625 – SIM2 = 12%

MT\_626 – TIM1 = 12%

MT\_627 – TIM2 = 12 %

Concernant la note minimale, c'est la moyenne pondérée par matière des 2 semestres qui fait foi.

Ce module est non remédiable.

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

## 5. Prérequis

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

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

Détail des pré-requis : avoir suivi MT\_21 Bases scientifiques

MT\_29 Option ingénieur de recherche

Unité de cours : MT\_621 – Acoustique appliquée 1 (AVI1)  
MT\_622 – 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 ou de mettre en œuvre des méthodes expérimentales pour résoudre des problèmes en ingénierie acoustique. A la fin de ce module, l'étudiant aura acquis des notions fondamentales qui lui permettront d'utiliser des modèles simples de propagation et de rayonnement et d'appliquer des méthodes des pratiques pour représenter et résoudre des problèmes concrets en ingénierie acoustique.

### *Travaux en laboratoire :*

Les laboratoires permettront aux étudiants de se familiariser avec les outils et les techniques de mesures et d'analyse de signaux acoustiques et vibratoires.

## Contenu MT\_621

- Notions de base en acoustique (équation des ondes, applications),
- Puissance et intensité acoustique et calcul de niveaux sonores,
- Physiologie de l'audition et perception du son,
- Modèles de sources sonores élémentaires,

- Propagation des ondes acoustiques en champ libre et en milieu guidé,
- Réflexion, absorption et transmission des ondes acoustiques à une interface,
- Mesure des propriétés acoustiques caractéristiques d'un matériau.

### Contenu MT\_622

- Eléments d'acoustique physique,
- Rayonnement acoustique de sources sonores élémentaires (monopôles, dipôles, cardioïdes...),
- Notions de transduction électroacoustique,
- Chapitre(s) choisi(s).

### Répartition horaire

Enseignement :  heures (96 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  Heures

Total :  heures de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

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

### Modalités d'évaluation

- Contrôle continu 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.

La note MT\_621 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.

La note MT\_622 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre.

### 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](mailto:romain.boulandet@hesge.ch))

## Objectifs d'apprentissage

Ce cours vise à initier le futur ingénieur 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;
- comprendre 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

- Les ondes électromagnétiques (propagation de la lumière, équations de Fresnel).
- Les interférences (superposition des ondes, interféromètres, cohérence).
- La diffraction (Fraunhofer, Fresnel, réseaux de diffraction).
- Les fibres optiques et leurs applications.
- Les instruments optiques (microscope interférentiel, tomographie par cohérence optique).
- Introduction à la vision industrielle.

## Répartition horaire

Enseignement : 

36
----

 heures (48 périodes de 45 minutes)

Travail autonome : 

42
----

 Heures

Total : 

78
----

 heures de travail pour ce cours

## Modalités d'enseignement

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

## Modalités d'évaluation

- Contrôle continu (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](mailto:stephane.bourquin@hesge.ch))

## Objectifs d'apprentissage

Développer la capacité de formalisation et modélisation de problèmes multi physiques simples.  
Acquérir des compétences dans l'utilisation d'un logiciel de calcul symbolique et numérique pour modéliser et simuler le modèle multi physique.

Connaître les bases des méthodes de simulation non déterministe (i.e., du type Monte-Carlo) et savoir les appliquer pour générer et découvrir des solutions dans une classe de problèmes physiques importants en engineering.

Développer son sens critique vis à vis des résultats numériques obtenus par simulation.

## Contenus de SIM1 :

- Résolution numérique et symbolique de systèmes mécaniques simples décrits par des équations différentielles ordinaires.
- Post-traitement des résultats.
- Chapitre choisi.
- Utilisation des générateurs de nombres pseudo-aléatoires, avec diverses fonctions de distribution de probabilité.
- Construction de variables aléatoires distribuées selon des lois de probabilité prédéfinies, par la méthode de la transformation de variable et par la méthode de Metropolis.
- Calcul par méthodes de Monte-Carlo, de la diffusion de photons et d'une transition de phase thermomagnétique (modèle d'Ising en 1D).

## Contenus de SIM2:

- 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 de type industriel. L'évaluation se fera sous forme d'épreuves écrites (connaissances) et orales (présentation des projets).

## Répartition horaire

Enseignement :  heures (64 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  Heures

Total :  heures de travail pour ce cours

## Modalités d'enseignement

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

## Modalités d'évaluation

- Contrôle continu (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
- *Introduction à la simulation de systèmes physiques*, par M. Eminyan et K. Rubin, InterEditions, Paris, 1994.
- *Monte Carlo Methods*, par J. M. Hammersley et D. C. Handscomb, Monographs on Applied Probability and Statistics, Chapman and Hall, 1964.

## Responsables de l'enseignement

M. José Alberty ([jose.alberty@hesge.ch](mailto:jose.alberty@hesge.ch))

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

Unité de cours : MT_626 – Traitement d'images 1 (TIM1) MT_627 – Traitement d'images 2 (TIM2)
---

## Objectifs d'apprentissage

Comprendre et maîtriser les méthodes de base du traitement et de l'analyse automatique d'images numériques.

Appliquer ces méthodes pour résoudre des problèmes concrets en vision par ordinateur..

*Travaux en laboratoire (intégrés au cours):*

Exercices pratiques en étroite relation avec le cours avec utilisation du langage Python et de la bibliothèque OpenCV.

## Contenus

### MT\_626 – Traitement d'images 1

- Notions de base.
- Transformations d'intensité.
- Filtrage dans le domaine spatial et fréquentiel.
- Traitement d'images par morphologie mathématique.
- Transformée de Hough.

### MT\_627 – Traitement d'images 2

- Segmentation de séquences vidéo.
- Localisation d'objets par corrélation.
- Reconnaissance de formes (introduction à l'apprentissage machine).

## Répartition horaire

Enseignement : 

48
----

 heures (64 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  Heures

Total :  heures de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

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

### Modalités d'évaluation

- Contrôle continu (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

- Polycopié du cours
- Digital Image Processing, R. C. Gonzalez and R. E. Woods.
- Pratical Python and OpenCV, A. Rosebrock, pyimagesearch.
- Deep Learning for Computer Vision with Python, A. Rosebrock, pyimagesearch.
- Learning OpenCV, G. Bradski et A. Kaehler, O'REILLY.

### Responsable de l'enseignement

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

## Descriptif de module : MT\_63 PA / 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_63 PA / Cours à choix (6 ECTS)	2019-2020
---	-----------

Type de formation : de  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

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	Sem. Printemps
Robotique 1 (ROB1) – MT_631	A choix	32p.*	
TP & Projet			
Robotique 2 (ROB2) – MT_632			
TP & Projet	A choix		32p.*
Traitement numérique du signal 1 (TNS1) – MT_633	A choix	48p.*	
TP & Projet			
Traitement numérique du signal 2 (TNS2) – MT_634	A choix		16p.*
TP & Projet			
Nanotechnologies (NAS) – MT_635	A choix	24p.*	

TP & Projet	A choix	32p.*	
Tribologie systématique 1 (TRS1) – MT_636	A choix	24p.*	
TP & Projet			
Tribologie systématique 2 (TRS2) – MT_637	A choix		
TP & Projet			32p.*
Electronique 5 (NIQ5) – MT_638	A choix	16p.*	
TP & Projet		32p.*	

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

Répartition horaire :	Enseignement :	96	heures	
	Travail autonome :	84	heures	
	Total :	180	heures	équivalent à 6 ECTS

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

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

Les étudiants choisissent 2 cours dans la liste ci-dessous (numérotés de 1 à 5).

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

$$\begin{aligned}
 1) \quad & \text{MT}_631 - \text{ROB1} &= & 25\% \\
 & \text{MT}_632 - \text{ROB2} &= & 25\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \quad & \text{MT}_633 - \text{TNS1} &= & 37\% \\
 & \text{MT}_634 - \text{TNS2} &= & 13\%
 \end{aligned}$$

$$3) \quad \text{MT}_635 - \text{NAS} = 50\%$$

$$4) \quad \text{MT}_636 - \text{TRS1} = 20\%$$



## Contenus MT\_632

- Conception virtuelle d'une installation robotisée de type *pick-and-place* en contexte industriel.
- Modélisation géométrique et cinématique de l'installation robotisée conçue précédemment à l'aide du logiciel de modélisation multiphysique *Dymola*.
- Simulation réaliste d'une opération de *pick-and-place* à l'aide du logiciel de modélisation multiphysique *Dymola*.
- Prise en main d'un véritable robot industriel.
- Programmation d'une opération de *pick-and-place* sur un véritable robot industriel.

### 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 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.

La note MT\_631 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.

La note MT\_632 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre.

### 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.
- « Conception, modélisation et simulation d'une installation robotique », cahier de laboratoire 1.
- « Dymola, Dynamic Modeling Laboratory », User's Manual.
- « Programmation d'un bras manipulateur industriel », cahier de laboratoire 2.
- « Manuel de service et de programmation pour utilisateur final pour logiciel KUKA System

Software ».

- « Automatique des systèmes mécaniques », O. Le Gallo, Dunod, 2009, 486 pages, ISBN 978-2-10-053180-6.

## Responsable de l'enseignement

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

Unité de cours : MT_633 – Traitement numérique du signal 1 (TNS1) MT_634 – Traitement numérique du signal 2 (TNS2)
---

## Objectifs d'apprentissage

Comprendre et maîtriser les outils de base du traitement numérique des signaux.  
Appliquer ces méthodes pour résoudre des problèmes concrets.

*Pratique:*

- TNS1 : Exercices en relation avec la partie théorique du cours.
- TNS2 : Mini projet basé sur la lecture d'un article scientifique.

## Contenus

### TNS1 : Les bases du traitement numérique du signal

- Signaux et systèmes discrets.
- Transformée de Fourier discrète et transformée en Z.
- Produit de convolution discret.
- Echantillonnage et interpolation.
- Quantification et codage des nombres.
- Structures pour la réalisation de systèmes discrets.
- Analyse des systèmes discrets LIT.
- Synthèse des filtres RIF et RII.

### TNS2 : La reconnaissance de signaux

- Les descripteurs
- Les algorithmes de classification

## Répartition horaire

Enseignement :  heures (64 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  Heures

Total :  heures de travail pour ce cours

## Modalités d'enseignement

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

## Modalités d'évaluation

Contrôle continu (présentation orale et/ou travaux écrits), avec :

- Évaluations sur ordinateur.
- Présentation orale.
- Rapports.

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

La note MT\_633 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.

La note MT\_634 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre.

### Références bibliographiques

- Polycopié du cours
- Théorie et traitement des signaux, PPUR, Lausanne, Frédéric de Coulon
- Traitement numérique des signaux, PPUR, Lausanne, Murat Kunt
- Signal Processing and Linear Systems, B. P. Lathi

### Responsable de l'enseignement

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

Unité de cours : MT\_635 – Nanotechnologies 1 (NAS1)

### Objectifs d'apprentissage

- Connaissances
  - de la nanotechnologie comme science et comme domaine industriel

#### *Travaux en laboratoire :*

Utilisations pratiques de procédés 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

#### *Partie2 : 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*

14. Dynamic light scattering et potential zeta
15. Photoluminescence

## 16. Nanoindentation

### Laboratoires

- 8 sessions de 4 périodes de laboratoire. Les projets proposés sont :
  - Cellules solaires silicium par « spin on dopant »
  - « Dynamic light scattering » de nanoparticules
  - PV organique
  - Nanocomposites « sol-gel » pour le stockage de l'énergie

### Répartition horaire

Enseignement :	<input type="text" value="42"/>	heures	(56 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="48"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="90"/>	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

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

### Modalités d'évaluation

- Contrôle continu (présentation orale et/ou travaux écrits), 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 », note 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](mailto:marc.jobin@hesge.ch))

Unité de cours : MT_636 – Tribologie systémique 1 (TRS1) MT_637 – Tribologie systémique 2 (TRS2)
---

### Objectifs d'apprentissage

- Connaissances
- des phénomènes de tribologie systémique et de leurs applications industrielles ;

*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

- 8 sessions de 4 heures de laboratoires, portant sur : 1) Tribocorrosion, 2) Tribométrie en situation abrasive, 3) Modification de surfaces par voie électrochimique, 4) Tribométrie pin/disque et linéaire alternée.

## Répartition horaire

Enseignement :	<input type="text" value="42"/>	heures	(56 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="48"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="90"/>	heures	de travail pour ce cours

## Modalités d'enseignement

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

## Modalités d'évaluation

- Contrôle continu 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.

La note MT\_636 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.

La note MT\_637 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre.

## Référence & Bibliographie

- Sera communiquée au début du cours.

## Responsable de l'enseignement

M. Eric Rosset ([eric.rosset@hesge.ch](mailto:eric.rosset@hesge.ch))

Unité de cours : MT\_638 – 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 (48 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 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**

- Polycopié : Electronique 3, 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](mailto:nicola.giandomenico@hesge.ch))