

## **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) 2021-2022

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

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%

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

Ce module est 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

## 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

Professeur en charge du projet de semestre.

## 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
  - Travail de groupe
  - Participation en cours ou présentation orale.

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

### Référence & Bibliographie

- 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

Vacataire ([xxx.yyyy@hesge.ch](mailto:xxx.yyyy@hesge.ch))

## Descriptif de module : MT\_32 Microtechniques

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 (6 ECTS)	2021-2022
--	-----------

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

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.
- Concevoir un système microtechnique fini et utile à partir de ses composants élémentaires, et en comprenant son fonctionnement complet.
- 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).
- Distinguer les facteurs limitant lors de la miniaturisation d'un système, en tenant compte des effets physiques impliqués, pour être capable de le dimensionner ;
- Apprendre les principes de base de la gestion de la production.

### 3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne	Sem. Printemps
Microtechniques 3 (MIC3) – MT_321	Obligatoire	32p.*	
TP & Projet	Obligatoire	32p.*	
Gestion de la production (GDP) – MT_322	Obligatoire	16p.*	
TP & Projet			

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

Répartition horaire :

Enseignement : 60 heures



Travail autonome :	120	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 – GDP = 34%

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

Ce module est non remédiable.

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

#### 5. Prérequis

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

Détail des pré-requis :	avoir suivi	MT_21 Bases scientifiques
	avoir validé	MT_25 Microtechniques

## 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 miniaturisation, pour le préparer aux défis d'un métier dans un contexte industriel multidisciplinaire où recherche, développement et production sont fortement liés.

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

- Discerner le rôle, les enjeux et les défis d'un ingénieur multidisciplinaire dans un contexte industriel, ainsi qu'expliquer les étapes clés du processus de conception 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 limitants lors de la miniaturisation d'un système, en tenant compte des effets physiques impliqués, pour être capable de le dimensionner.
- Mettre en œuvre ses compétences d'ingénieurs au niveau technique tout en étant conscient de la réalité industrielle et économique environnante de son activité.

*Travaux en laboratoire:*

- Pour illustrer le cours, le travail en laboratoire se fera sous forme 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))

## Objectifs

Connaître les bases de la gestion de la production en Microtechniques.

## Contenus

A définir par l'enseignant.

## Répartition horaire

Enseignement :  heures (16 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  heures

Total :  heures de travail pour ce cours

## Modalités d'enseignement

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

## Modalités d'évaluation

Contrôle continu : évaluations écrites, 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

A définir par l'enseignant

## Responsable de l'enseignement

David Enfrun ([david.enfrun@hesge.ch](mailto:david.enfrun@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) 2021-2022

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

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:

$$\text{MT}_{331} - \text{TDB} = 100\%$$

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)

## 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)	2021-2022
---	-----------

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		32p.*
Conception habillage (CHA) – MT_414			

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

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

Répartition horaire :	Enseignement :	<input type="text" value="216"/>	heures	
		<input type="text" value="234"/>	heures	
	Total :	<input type="text" value="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\_411 – CMI1 = 12%

MT\_412 – CMI2 = 12%

MT\_413 – CCO = 16%

MT\_414 – CHA = 12%

MT\_415 – MHO = 20%

MT\_416 – SHO = 12%

MT\_417 – QCO = 16%

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

Ce module est 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\_27 Option ingénieur en horlogerie

## Objectifs d'apprentissage

- Acquérir et appliquer une méthodologie de construction.
- Appliquer les connaissances fondamentales de mécanique et de physique, à l'étude de produits industriels.
- Construire et modéliser avec rigueur et méthode des systèmes microtechniques, caractéristiques d'un domaine industriel fortement évolutif et créatif.
- Utilisation des outils de la communication technique (méthode de description et de représentation).

## Contenus

Conception microtechnique :

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

## Répartition horaire

Enseignement :	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	52	Heures	
Total :	100	heures	de travail pour ce cours

## Modalités d'enseignement

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

## Modalités d'évaluation

- Contrôle continu avec :
- 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))

## Objectifs d'apprentissage

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

### *Travaux en laboratoire*

Construire et modéliser des complications.  
Réaliser un projet industriel.

## Contenus

### Projet de conception

Méthodologie de construction :

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

Construction et modélisation de produits horloger :

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

Approfondir les connaissances sur un logiciel CAO:

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

## Répartition horaire

Enseignement : 

24
----

 heures (48 périodes de 45 minutes)

Travail autonome : 

39
----

 heures

Total : 

63
----

 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))

## 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 :  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 :
  - 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.
- Lecoultr, 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))

## 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 :	52	Heures	
Total :	100	heures	de travail pour ce cours

## Modalités d'enseignement

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

## Modalités d'évaluation

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

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

## Références bibliographiques

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

## Responsable de l'enseignement

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

### 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 : 

24
----

 heures (16 périodes de 45 minutes)

Travail autonome : 

26
----

 Heures

Total : 

50
----

 heures de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

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

### Modalités d'évaluation

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

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

### Références bibliographiques

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

## 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 :	48	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	39	heures	
Total :	87	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.
- Mocañico, 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)	2021-2022
---	-----------

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 : **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 (VCM1) – MT_424	Obligatoire	32p.*	
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 :	132	heures	
	Travail autonome :	168	heures	
	Total :	300	heures	équivalent à 10 ECTS

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

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

Coefficients de calcul de la note déterminante du module:

MT\_421 – NAS = 32%

MT\_422 – TRS1 = 14%

MT\_423 – TRS2 = 18%

MT\_424 – VCM1 = 18%

MT\_425 – VCM2 = 18%

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

Lorsqu'une matière est présente sur les deux semestres, c'est la moyenne pondérée des unités de cours concernées qui fait foi.

Ce module est 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

## Objectifs d'apprentissage

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

### *Travaux en laboratoire :*

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

## Contenus

### *Partie 1 : Nanotopographie*

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

### *Partie 2 : Nanomatériaux*

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

### *Partie 3 : Caractérisation nano*

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 :	42	heures	(56 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	54	Heures	
Total :	96	heures	de travail pour ce cours

## Modalités d'enseignement

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

## Modalités d'évaluation

- Contrôle continu 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))

## 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 :	42	heures	(56 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	54	heures	
Total :	96	heures	de travail pour ce cours

## Modalités d'enseignement

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

## Modalités d'évaluation

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

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

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))

## 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 (jauge 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.

1. Module : MT_43 MH / Microtechniques et microfabrication (5 ECTS)	2021-2022
---	-----------

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 : **Nicolas Stucki**

### 6. Objectifs d'apprentissage

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

- Connaître les principales méthodes de productions utilisées en horlogerie ;
- 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.

### 7. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne	Sem. Printemps
Méthodes production (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



## 8. 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\_431 – MPR = 34%

MT\_432 – MFB = 66%

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

Ce module est non remédiable.

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

## 9. 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

### Objectifs d'apprentissage

Présentation sur divers thèmes liés aux méthodes de productions

### Contenus

A définir par les intervenants.

### Répartition horaire

Enseignement :  heures (32 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  Heures

Total :  heures de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

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

### Modalités d'évaluation

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

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

### Références bibliographiques

### Responsable de l'enseignement

Intervenants de l'industrie horlogère

## 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)	2021-2022
---	-----------

Type de formation :  Bachelor  Master

Type de module :  Obligatoire  A choix  Additionnel

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

Langue : Français | Semestre de référence : S5/S6 | Responsable du module : **Stéphane Bourquin**

2. Objectifs d'apprentissage
------------------------------

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.*	

*\*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%.

1) MT\_441 – ROB1 = 25%

MT\_442 – ROB2 = 25%

2) MT\_443 – AVI1 = 50%

3) MT\_444 – PHO = 50%

4) MT\_445 – TIM1 = 25%

MT\_446 – TIM2 = 25%

5) MT\_447 – NIQ4 = 50%



## Objectifs

- Sensibiliser le futur ingénieur aux techniques de production automatisées et souples dans les domaines touchant à la manipulation d'objets (assemblage, chargement/déchargement de machine, transfert de produits, palettisation, etc...).
- Lui faire comprendre les implications induites par une telle automatisation sur la conception, la fabrication et l'assemblage d'un produit.

## Contenus MT\_441

- Définition d'un robot industriel
- Les éléments constitutifs d'une installation robotisée industrielle
- Morphologie et classification des robots industriels
- Tâches confiées aux robots industriels et leurs domaines d'application
- Modélisation géométrique des robots industriels
- Modélisation cinématique et types de trajectoire utilisés dans la pratique

## 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 :	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\_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 :  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 :
- 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;
- appliquer les concepts de base de la vision industrielle.

*Travaux en laboratoire:*

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

## Contenus

- Les ondes électromagnétiques.
- Les interférences (superposition des ondes, interféromètres de Michelson, 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))

## 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\_445 – Traitement d'images 1

- Notions de base.
- Transformations d'intensité.
- Filtrage dans le domaine spatial et fréquentiel.
- La morphologie mathématique.

### MT\_446 – Traitement d'images 2

- La transformée de Hough.
- La segmentation de séquences vidéo.
- La localisation d'objets par corrélation.
- L'algorithme KNN et les réseaux de neurones appliqués à la classification d'images.
- L'auto-encodeur appliqué au débruitage d'images.

## 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.

## 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))

## 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))

## 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.

1. Module : MT\_51 CE / Systèmes électroniques (14 ECTS) 2021-2022

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		64p.*

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 :	204	heures	
Travail autonome :	216	heures	
Total :	420	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 = 24%

MT\_512 – NIQ6 = 26%

MT\_513 – CCA = 30%

MT\_514 – CEM1 = 7%

MT\_515 – CEM2 = 13%

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

Ce module est 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

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

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

## Répartition horaire

Enseignement :	108	heures	(128 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	115	Heures	
Total :	223	heures	de travail pour ce cours

## Modalités d'enseignement

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

## Modalités d'évaluation

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

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

## Support de cours

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

## Références bibliographiques

- En français : Traité de l'électronique, analogique et numérique, volume 1 : techniques analogiques par Paul Horowitz & Winfield Hill, éditeur Elektor, ISBN : 2-86661-070-9/ catalogue 023975,
- En français : Traité d'électricité, électronique par Jean-Daniel Chatelain et Roger Dessoulavy, Presses polytechniques romandes vol VIII, ISBN 2-88074-048-7,
- En anglais : The art of electronics par Paul Horowitz & Winfield Hill, Cambridge university press, ISBN 0-521-37095-7,
- En français : Alimentations à découpage, convertisseurs à résonance. Principes, composants, modélisation. Par Jean-Paul Ferrieux et François Forest. Edition Dunod, ISBN 2-10-050539-4.

## Responsable de l'enseignement

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

## Objectifs d'apprentissage

Les objectifs du cours sont 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 au niveau transistor des cellules de base constituant un IC, principalement analogiques;
- utiliser ces connaissances pour une mise en œuvre plus efficace et performante des IC.

## Travaux en laboratoire

- capture de schéma et simulation analogique de blocs de base ;
- mise en œuvre de blocs base en laboratoire.

## Contenus

- Procédés de fabrication CMOS et BiCMOS;
- Les transistors MOS et bipolaires: caractéristiques, modèles simples, modèles Spice, layout ;
- Les circuits analogiques :
  - montages amplificateurs élémentaires, miroirs et sources de courants, etc.;
  - amplificateurs opérationnels et différentiels ;
  - bruit des composants électroniques ;
- Les circuits numériques :
  - cellules de base CMOS: portes logiques, buffer, bascules, mémoires ;
- Encapsulation des IC.

## Répartition horaire

Enseignement :	60	heures	(80 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	62	Heures	
Total :	122	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,
- Handbook of Analog Circuit Design, Dennis L. Feucht, Academic Press

### Responsable de l'enseignement

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

## Objectifs d'apprentissage

Les objectifs du cours sont de :

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

## Travaux en laboratoire

Pratique des bases de la CEM :

- méthodes de mesures : analyse fréquentielle, analyse temporelle et réflectométrie temporelle (TDR) ;
- cas classiques de perturbations, bonnes pratiques de layout.

## Contenus

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

## 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 : 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**

- 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 / 2021-2022  
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 : **Valérie Duay**

#### 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 appliquer les méthodes de base du traitement numérique des signaux pour résoudre des problèmes concrets.
- De comprendre et de mettre en œuvre des systèmes embarqués sur 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%

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

Ce module est 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\_22 Bases d'automatique, de réglage et  
de traitement du signal

MT\_23 Bases d'électronique

## Objectifs d'apprentissage

Etre capable de dimensionner un régulateur pour un système analogique linéaire (à comportement intégral ou non).

Concevoir des régulateurs pseudo-continus.

Concevoir des régulateurs discrets de manière à garantir les performances requises pour les systèmes. On parcourt tant les méthodes basiques de réglage que certaines méthodes plus avancées.

### 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

- Dimensionnement de régulateurs analogiques. Rappel sur la méthode de Bode et critère sur les pôles.
- Réglage pseudo-continu.
- Réglages échantillonnés de base. Transformée en Z.
- Réglage par variables d'état.
- Observateurs d'état.
- Linéarisation par retour d'état.
- Réglages robustes.

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

## Objectifs d'apprentissage

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

## Contenus

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

- Signaux et systèmes discrets.
- Transformée de Fourier discrète et transformée en Z.
- Fonction de corrélation discrète.
- Structures des filtres.
- Synthèse des filtres RIF et RII.
- Quantification.

### TNS2 : La reconnaissance de signaux

- Introduction aux algorithmes de classification.
- Réseaux de neurones.
- Comparaison entre méthodes traditionnelles et machine learning.

## Répartition horaire

Enseignement :	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	68	Heures	
Total :	116	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.

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

- 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.
- Polycopié du cours.

## Responsable de l'enseignement

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

## 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 spécialisées : PWM, odométrie, caméra et/ou contrôleur de LCD;
- 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 :	96	heures	(128 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	112	Heures	
Total :	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)	2021-2022
---	-----------

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_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% |

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

Ce module est 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\_22 Bases d'automatique, de réglage et de traitement du signal pour ROB1 et ROB2

## Objectifs

- Sensibiliser le futur ingénieur aux techniques de production automatisées et souples dans les domaines touchant à la manipulation d'objets (assemblage, chargement/déchargement de machine, transfert de produits, palettisation, etc...).
- Lui faire comprendre les implications induites par une telle automatisation sur la conception, la fabrication et l'assemblage d'un produit.

## Contenus MT\_531

- Définition d'un robot industriel,
- Les éléments constitutifs d'une installation robotisée industrielle,
- Morphologie et classification des robots industriels,
- Tâches confiées aux robots industriels et leurs domaines d'application,
- Modélisation géométrique des robots industriels,
- Modélisation cinématique et types de trajectoire utilisés dans la pratique.

## Contenus MT\_532

- 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\_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))

## 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))

## 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;
- appliquer les concepts de base de la vision industrielle.

*Travaux en laboratoire:*

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

## Contenus

- Les ondes électromagnétiques.
- Les interférences (superposition des ondes, interféromètres de Michelson, 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))

## 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.
- Transformations d'intensité.
- Filtrage dans le domaine spatial et fréquentiel.
- La morphologie mathématique.

### MT\_536 – Traitement d'images 2

- La transformée de Hough.
- La segmentation de séquences vidéo.
- La localisation d'objets par corrélation.
- L'algorithme KNN et les réseaux de neurones appliqués à la classification d'images.
- L'auto-encodeur appliqué au débruitage d'images.

## 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.

## Références bibliographiques

- Polycopié du cours
- Digital Image Processing, R. C. Gonzalez and R. E. Woods.
- Practical 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)	2021-2022
---	-----------

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.*	
Dispositifs médicaux (DME) – MT_616	Obligatoire	16p.*	

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

Répartition horaire :	Enseignement :	216	heures	
	Travail autonome :	234	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 = 38%

MT\_612 – PNU2 = 22%

MT\_613 – IBM = 16%

MT\_614 – SMC = 12%

MT\_615 – BIO2 = 6%

MT\_616 – DME = 6%

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

Ce module est 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

   avoir suivi : MT\_24 Matériaux et conception

   MT\_29 Option ingénieur de recherche

## Objectifs d'apprentissage

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

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

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

### *Travaux en laboratoire :*

Le cours est alterné avec des expériences en laboratoire de type B sur les différents sujets abordés au plan théorique. Trois à quatre séances de travaux pratiques sur le réacteur expérimental Crocus de l'EPFL sont organisées.

## Contenus

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

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

Eléments de neutronique :

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

Philosophie de la sécurité.

## Répartition horaire

Enseignement :	132	heures	(176 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	143	Heures	
Total :	275	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 :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	39	Heures	
Total :	75	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](mailto:stavroula.pallada@hesge.ch))

## 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 : 

24
----

 heures (32 périodes de 45 minutes)

Travail autonome : 

26
----

 Heures

Total : 

50
----

 heures de travail pour ce cours

## Modalités d'enseignement

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

## Modalités d'évaluation

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

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

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](mailto:stavroula.pallada@hesge.ch))



## 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 :	13	heures	
Total :	25	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

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

## Objectifs

A définir par l'enseignant

## Contenus

A définir par l'enseignant

Répartition horaire

Enseignement :  heures (16 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  heures

Total :  heures de travail pour ce cours

## Modalités d'enseignement

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

## Modalités d'évaluation

Contrôle continu : évaluations écrites, 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\_616 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

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)	2021-2022
---	-----------

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 : **Romain Boulandet**

### 2. Objectifs d'apprentissage

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

- appliquer les équations fondamentales de l'acoustique linéaire pour résoudre un problème concret ;
- expliquer les mécanismes de propagation, réflexion, réfraction et transmission des ondes sonores ;
- résoudre un problème acoustique simple en tenant compte des conditions initiales et de conditions aux limites ;
- modéliser et caractériser un 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 Python.

### 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 :	<input type="text" value="204"/>	heures	
	Travail autonome :	<input type="text" value="246"/>	heures	
	Total :	<input type="text" value="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 %

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

Ce module est 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

## 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-e aura acquis des notions fondamentales qui lui permettront d'utiliser des modèles simples de propagation et de rayonnement et d'appliquer des méthodes pratiques pour représenter et résoudre des problèmes concrets en 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 physique (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;
- appliquer les concepts de base de la vision industrielle.

*Travaux en laboratoire:*

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

## Contenus

- Les ondes électromagnétiques.
- Les interférences (superposition des ondes, interféromètres de Michelson, 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 physique et multi physiques simples.

Acquérir des compétences dans l'utilisation d'un logiciel de calcul symbolique et numérique pour la modélisation et la simulation en ingénierie.

Connaître les bases des méthodes numériques basées sur les différences finies et les éléments finis. Savoir les appliquer pour la résolution de problèmes classiques en ingénierie.

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

### Contenus de SIM1 :

- Résolution d'équations différentielles ordinaires avec Maple.
- Résolution d'équations différentielles non linéaire avec Simulink.
- Méthode des différences finies et des éléments finis à une dimension.
- Programmation d'algorithmes avec Matlab.
- Introduction au logiciel Comsol Multiphysics.

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

### Modalités d'enseignement

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

### Modalités d'évaluation

- Contrôle continu (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. Roland Rozsnyo ([roland.rozsnyo@hesge.ch](mailto:roland.rozsnyo@hesge.ch))

## 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.
- La morphologie mathématique.

### MT\_627 – Traitement d'images 2

- La transformée de Hough.
- La segmentation de séquences vidéo.
- La localisation d'objets par corrélation.
- L'algorithme KNN et les réseaux de neurones appliqués à la classification d'images.
- L'auto-encodeur appliqué au débruitage d'images.

## 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.

## 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)	2021-2022
---	-----------

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%.

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

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

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

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

MT\_637 – TRS2 = 30%

5) MT\_638 – NIQ5 = 50%

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

Ce module est 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\_22 Bases d'automatique, de réglage et de traitement du signal pour TNS1, TNS2, ROB1 et ROB2

avoir suivi MT\_24 Matériaux et conception pour NAS, TRS1 et TRS2

## Objectifs

- Sensibiliser le futur ingénieur aux techniques de production automatisées et souples dans les domaines touchant à la manipulation d'objets (assemblage, chargement/déchargement de machine, transfert de produits, palettisation, etc...).
- Lui faire comprendre les implications induites par une telle automatisation sur la conception, la fabrication et l'assemblage d'un produit.

## Contenus MT\_631

- Définition d'un robot industriel
- Les éléments constitutifs d'une installation robotisée industrielle
- Morphologie et classification des robots industriels
- Tâches confiées aux robots industriels et leurs domaines d'application
- Modélisation géométrique des robots industriels
- Modélisation cinématique et types de trajectoire utilisés dans la pratique

## 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))

## Objectifs d'apprentissage

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

## Contenus

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

- Signaux et systèmes discrets.
- Transformée de Fourier discrète et transformée en Z.
- Fonction de corrélation discrète.
- Structures des filtres.
- Synthèse des filtres RIF et RII.
- Quantification.

### TNS2 : La reconnaissance de signaux

- Introduction aux algorithmes de classification.
- Réseaux de neurones.
- Comparaison entre méthodes traditionnelles et machine learning.

## 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.

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

- 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
- Polycopié du cours

## Responsable de l'enseignement

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

## Objectifs d'apprentissage

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

### *Travaux en laboratoire :*

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

## Contenus

### *Partie 1 : Nanotopographie*

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

### *Partie 2 : Nanomatériaux*

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

### *Partie 3 : Caractérisation nano*

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 :	42	heures	(56 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	48	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 :
- 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))

## 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 :	42	heures	(56 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	48	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
  - 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

- Sera communiquée au début du cours.

## Responsable de l'enseignement

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

## 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))