

## **MT3 : Microtechniques 3e année**

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

- **MT\_31** **Projet**
- **MT\_32** **Microtechniques et production**
- **MT\_33** **Travail de Bachelor dans l'option**
- **MT\_34** **Softskills**
- **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** **BIO / Nucléaire appliqué**
- **MT\_62** **BIO / Acoustique, photonique, simulation et traitement d'image**
- **MT\_63** **BIO / Cours à choix**

## Descriptif de module : MT\_31 Projet

Filière : Microtechniques, degré 3

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

### 1. Module : MT\_31 Projet (3 ECTS)

2023-2024

Type de formation :  Bachelor  Master

Type de module :  Obligatoire  A choix  Additionnel

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

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

### 2. Objectifs d'apprentissage

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

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

### 3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne	Sem. Printemps
Projet de semestre 1 et gestion de projet (PRS1) – MT_311			
TP & Projet	Obligatoire	16p.*	
Projet de semestre 2 (PRS2) – MT_312			
TP & Projet	Obligatoire		32p.*

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

Répartition horaire : Enseignement : 36 heures

Travail autonome : 54 heures

Total : 90 heures équivalent à 3 ECTS

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

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

MT\_311 – PRS1 = 34%  
MT\_312 – PRS2 = 66%

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

Ce module est remédiable.

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\_20 Sciences de l'ingénieur 3
- MT\_21 Sciences de l'ingénieur 4
- MT\_22 Systèmes électroniques 1
- MT\_23 Systèmes électroniques 2
- MT\_24 Systèmes microtechniques 1
- MT\_25 Systèmes microtechniques 2
- MT\_26 Projet et Université

un des modules suivants :

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

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

**Objectifs d'apprentissage**

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

**Contenus**

Projet unique durant 16 semaines :

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

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="36"/>	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="54"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="90"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

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

Coefficients de calcul de la note du projet:

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

Les notes MT\_311 et MT\_312 sont acquises à la fin du projet semestre.

**Références bibliographiques**

- En lien avec le sujet du projet.

**Responsable de l'enseignement**

Professeur en charge du projet de semestre.





**Unités de cours : MT\_321 – Microtechniques 3 (MIC3)****Objectifs**

Ce cours vise à compléter la formation de base de l'ingénieur en microtechnique en le familiarisant avec les questions de 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'étude de cas d'un produit permettant notamment la conception d'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, analyse de risques, 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 :	80	heures	
Total :	128	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\_321 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.

**Références bibliographiques**

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

**Responsable de l'enseignement**

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

**Unités de cours : MT\_322 – Méthodes et production microtechniques (MPM)****Objectifs**

Sensibiliser les étudiants aux concepts de base utilisés en production microtechniques.

**Contenus**

Industrialisation d'un produit  
Organisation et gestion de production  
Cycle de vie d'un produit  
Cas d'étude : produit médical

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="12"/>	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="40"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="52"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

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

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))



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

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

Coefficients de calcul de la note déterminante du module:

$$MT\_331 - TDB = 100\%$$

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

Ce module est remédiable.

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

#### 5. Prérequis

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

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

#### Unité de cours : MT\_331 – Travail de Bachelor (TDB)

##### Objectifs d'apprentissage

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

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

Remarques :

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

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

##### Contenus

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

##### Répartition horaire

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

## Modalités d'évaluation

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

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

Font partie des membres du jury les expert-e-s désigné-e-s 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/la professeur-e 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.



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

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

Coefficients de calcul de la note déterminante du module :

MT\_341 – VOY = 34%

MT\_342 – GEE = 66%

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

Ce module est non remédiable.

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 : tous les modules du MT\_20 au MT\_26

un des modules suivants :

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

**Unité de cours : MT\_341 – Voyage d'études (VOY)****Objectifs du cours**

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

**Contenus**

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

**Répartition horaire**

Enseignement :  heures (équivalant de 32 périodes de 45 minutes) en bloque

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 : Rapport écrit et/ou présentation

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

**Références bibliographiques**

Documentation des entreprises (site internet, brochures, catalogues)

**Responsable de l'enseignement**

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

## Unité de cours : MT\_342 – Gestion et économie d'entreprise (GEE)

**Objectifs**

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

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

**Mots-clés**

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

**Contenus**

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

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

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="36"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="60"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

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

**Référence & Bibliographie**

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

**Responsable de l'enseignement**

Giuseppe Catenazzo ([giuseppe.catenazzo@hesge.ch](mailto:giuseppe.catenazzo@hesge.ch))

## 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.

<b>1. Module : MT_41 MH / Horlogerie (15 ECTS)</b>	<b>2023-2024</b>
--	------------------

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 : **Alvaro Hüsey**

<b>2. Objectifs d'apprentissage</b>
-------------------------------------

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).

<b>3. Unités de cours</b>
---------------------------

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 :	216	heures	
		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_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_20 Sciences de l'ingénieur 3
	MT_21 Sciences de l'ingénieur 4
	MT_24 Systèmes microtechniques 1
	MT_25 Systèmes microtechniques 2
	MT_27 Option ingénieur en horlogerie

Unité de cours : MT\_411 – Conception micromécanique 1 (CMI1)  
MT\_412 – Conception micromécanique 2 (CMI2)

## Objectifs d'apprentissage

Acquérir et appliquer une méthodologie de construction.

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

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

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

## Contenus

Conception microtechnique :

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

## Répartition horaire

Enseignement :	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))

## Unité de cours : MT\_413 – Conception complications (CCO)

### Objectifs d'apprentissage

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

#### Travaux en laboratoire

Construire et modéliser des complications.  
Réaliser un projet industriel.

### Contenus

#### Projet de conception

Méthodologie de construction :

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

Construction et modélisation de produits horloger :

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

Approfondir les connaissances sur un logiciel CAO:

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

### Répartition horaire

Enseignement :	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.
- Hüssy, A. (2015). Support de cours de construction horlogère. Genève : hepia.
- Lecoultre, F. (2013). Les montres compliquées. Neuchâtel : Editions Antoine Simonin.
- Mocařico, G. (2008). Mouvement. Göttingen : Steidl.
- Sermier, C. & Papi, G. (2006). Finitions et décorations horlogères haut de gamme. Le Locle : Audemars Piguet.

**Responsable de l'enseignement**

M. Alvaro Hüssy ([alvaro.hussy@hesge.ch](mailto:alvaro.hussy@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_414 – Conception habillage (CHA)****Objectifs d'apprentissage**

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

**Contenus****Cours théorique**

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

**Projet de conception**

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

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="26"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="50"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

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

**Références bibliographiques**

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

**Responsable de l'enseignement**

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

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

**Objectifs d'apprentissage**

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

- appliquer et assimiler, à l'aide d'exercices pratiques, les connaissances acquises en théorie ;
- connaître la nomenclature et le fonctionnement de la montre mécanique ;
- étudier les influences extérieures qui agissent sur le bon fonctionnement d'une montre et étudier les dispositifs de protection ;
- déterminer les défauts d'engrènement, les rendements et les pertes de moments de force des divers mécanismes qui constituent un mouvement de montre mécanique ;
- connaître la nomenclature et le fonctionnement des complications (date, chronographe, remontoir automatique etc..) de la montre mécanique ;
- calculer l'isochronisme et le facteur de qualité d'un oscillateur mécanique ;
- étudier la nomenclature et le fonctionnement de la montre à quartz avec moteur pas à pas et affichage analogique ;
- avoir connaissance des normes horlogères suisses et internationales ainsi que des laboratoires horlogers existants en Suisse ;
- mener une expérience de manière autonome selon une problématique ou une solution technique proposée.

*Travaux en laboratoire*

Environnement de la montre :

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

La montre mécanique :

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

La montre à quartz

*Projet individuel*

- démarche de qualification d'une montre-bracelet complète

**Contenus**

Etude théorique :

- fonctionnement de la montre
- normes horlogères suisses et internationales

Exercices pratiques :

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

Projet individuel

**Répartition horaire**

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

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

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

**Références bibliographiques**

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

**Responsable de l'enseignement**

M. Malik Dhifallah ([malik.dhifallah@hesge.ch](mailto:malik.dhifallah@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_416 – Simulations horlogères (SHO)****Objectifs d'apprentissage**

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

**Contenus**

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

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="26"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="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))

**Unité de cours : MT\_417 – Qualité en conception (QCO)****Objectifs d'apprentissage**

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

**Contenus**

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

**Répartition horaire**

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

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

**Responsable de l'enseignement**

M. Alvaro Hüsey ([alvaro.hussy@hesge.ch](mailto:alvaro.hussy@hesge.ch))



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	=	22%
MT_422 – TRS	=	14%
MT_424 – VCM1	=	18%
MT_425 – VCM2	=	18%
MT_426 – TMI	=	28%

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

**Unité de cours : MT\_421 – Nanotechnologies (NAS)****Objectifs d'apprentissage**

## Connaissances

- de la nanotechnologie comme science et comme domaine industriel

*Travaux en laboratoire :*

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

**Contenus***Partie 1 : Nanotopographie*

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

*Partie 2 : Nanomatériaux*

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

*Partie 3 : Caractérisation nano*

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

*Laboratoires*

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

**Répartition horaire**

Enseignement :  heures (40 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  Heures

Total :  heures de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu avec :
- Evaluation écrite
  - Rapport écrit des travaux de laboratoires.

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

**Références bibliographiques**

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

**Responsable de l'enseignement**

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

**Unité de cours : MT\_422 – Tribologie (TRS)****Objectifs d'apprentissage**

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

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

**Travaux en laboratoire**

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

**Contenus**

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

**Laboratoires**

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

**Répartition horaire**

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

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

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

**Référence & Bibliographie**

- Sera communiquée au début du cours.

**Responsable de l'enseignement**

Mme Irena Milosevic ([irena.milosevic@hesge.ch](mailto:irena.milosevic@hesge.ch))

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

**Objectifs d'apprentissage**

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

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

*Travaux en laboratoire*

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

**Contenus***Cours (VCM1)*

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

*Laboratoires (VCM2)*

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

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="48"/>	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="60"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="108"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

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

**Références bibliographiques**

- 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))

**Unité de cours : MT\_426 – Techniques de mesure et instrumentation (TMI)****Objectifs d'apprentissage**

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

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

**Contenus**

Cours (8x2 périodes de 45') :

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

Laboratoires / TD : (8 sessions de 4 heures)

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

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="36"/>	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="30"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="66"/>	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**

- Fournies par l'enseignant en début de cours

**Responsable de l'enseignement**

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





**Unité de cours : MT\_431 – Fiabilité (FIA)****Objectifs d'apprentissage**

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

**Contenus**

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

**Répartition horaire**

Enseignement :	12	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	14	Heures	
Total :	26	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

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

**Références bibliographiques**

- Fournies par l'enseignante en début de cours

**Responsable de l'enseignement**

Mme Pauline Beaumont ([beaumont.pauline@yahoo.fr](mailto:beaumont.pauline@yahoo.fr))

**Unité de cours : MT\_432 – Microfabrication (MFB)****Objectifs d'apprentissage**

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

- D'effectuer un processus complet de photolithographie UV
- D'effectuer des gravures par voie humide de silicium et d'oxyde de silicium
- De déposer des couches minces métalliques et utiliser un procédé lift-off pour fabriquer des motifs de diffraction (diffuseur laser).

**Contenus**

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

*Travaux en laboratoire :*

13 sessions de 4 périodes portant sur photolithographie, gravure, dépôt de couches minces, lift-off et caractérisation d'échantillons.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="48"/>	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="50"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="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))

**Unité de cours : MT\_433 – Données techniques et logistiques en production (DLP)****Objectifs d'apprentissage**

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

**Contenus**

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

**Répartition horaire**

Enseignement :  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.

**Références bibliographiques**

- Fournies par l'enseignant en début de cours

**Responsable de l'enseignement**

M. Mickaël Mermier-Billet ([mickael.mermier-billet@patek.com](mailto:mickael.mermier-billet@patek.com))



#### 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 – ELC5 = | 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_20 Sciences de l'ingénieur 3
		MT_21 Sciences de l'ingénieur 4
	avoir validé	MT_22 Systèmes électroniques 1
		MT_23 Systèmes électroniques 2

Unité de cours : MT\_441 – Robotique 1 (ROB1)  
MT\_442 – Robotique 2 (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\_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 et 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 et en électroacoustique, afin qu'ils soient capables d'utiliser des modèles, de mettre en œuvre des méthodes expérimentales pour résoudre des problèmes en ingénierie acoustique, et d'analyser les réponses des systèmes acoustiques simples. A la fin de ce module, l'étudiant-e aura acquis des notions fondamentales qui lui permettront d'utiliser des modèles simples de propagation et de rayonnement et d'appliquer des méthodes pratiques pour représenter et résoudre des problèmes concrets en acoustique appliquée.

*Travaux en laboratoire :*

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

**Contenu**

- Notions de base en acoustique physique (équation des ondes, applications),
- Puissance et intensité acoustique, calcul de niveaux sonores et filtrage,
- Physiologie de l'audition et perception du son,
- 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.
- Notions de transduction électroacoustique.

**Répartition horaire**

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

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu avec :
- Evaluations écrites ou orales,
  - Présentations orales.

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

**Références bibliographiques**

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

**Responsable de l'enseignement**

M. Romain Boulandet ([romain.boulandet@hesge.ch](mailto:romain.boulandet@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_444 – Photonique (PHO)****Objectifs d'apprentissage**

Ce cours vise à initier le futur ingénieur aux principaux domaines de la photonique et à ses applications.

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

- comprendre les notions de base de la photonique ;
- savoir les appliquer pour concevoir des systèmes optiques simples;
- 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.
- L'interférométrie appliquée à la mesure de distance.
- La diffraction appliquée à la spectroscopie
- Les fibres optiques et leurs applications.
- Introduction à la vision industrielle.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="36"/>	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="54"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="90"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

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

**Références bibliographiques**

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

**Responsable de l'enseignement**

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

Unité de cours : MT\_445 – Traitement d'images 1 (TIM1)  
MT\_446 – Traitement d'images 2 (TIM2)

### Objectifs d'apprentissage

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

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

*Travaux en laboratoire (intégrés au cours):*

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

### Contenus

#### MT\_445 – Traitement d'images 1

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

#### MT\_446 – Traitement d'images 2

- La localisation d'objets par corrélation.
- La classification d'images par k-NN
- Le classifieur linéaire
- Les réseaux de neurones denses et convolutifs
- L'auto-encodeur appliqué au débruitage d'images.
- La segmentation d'images avec U-Net

### Répartition horaire

Enseignement :	<input type="text" value="48"/>	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="60"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="108"/>	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

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

### Modalités d'évaluation

- Contrôle continu (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))

## Unité de cours : MT\_447 – Electronique 5 (ELC5)

**Objectifs d'apprentissage**

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

*Travaux en laboratoire*

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

**Contenus**

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

**Répartition horaire**

Enseignement :	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	42	Heures	
Total :	90	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu 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) 2023-2024**

Type de formation :  Bachelor  Master

Type de module :  Obligatoire  A choix  Additionnel

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

Langue : Français | Semestre de référence : 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 ;
- Comprendre globalement le fonctionnement interne des circuits intégrés analogiques par l'étude des principaux blocs de base : circuits à transistors bipolaires et MOS, amplificateurs élémentaires, source et miroirs de courants, etc...
- Monter, tester et dépanner un circuit électronique ;
- Connaître les principes de la compatibilité électromagnétique et savoir les appliquer au niveau de la conception et du test des systèmes électroniques.

**3. Unités de cours**

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne	Sem. Printemps
Electronique 5 (ELC5) – MT_511	Obligatoire	32p.*	
TP & Projet	Obligatoire	32p.*	
Electronique 6 (ELC6) – 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 – ELC5	=	24%
MT_512 – ELC6	=	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\_20 Sciences de l'ingénieur 3
- MT\_21 Sciences de l'ingénieur 4
- MT\_22 Systèmes électroniques 1
- MT\_23 Systèmes électroniques 2
- MT\_28 Option ingénieur en électronique

Unité de cours : MT\_511 – Electronique 5 (NIQ5)  
MT\_512 – Electronique 6 (NIQ6)

### Objectifs d'apprentissage

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

#### Travaux en laboratoire

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

### Contenus

- Contre-réaction positive : **les Comparateurs**. Principe de fonctionnement, caractéristiques réelles, types inverseur et non-inverseur, type à collecteur ouvert, dimensionnement de l'hystérèse.
- Contre-réaction positive : **les Bascules astables et monostables**. Principe de fonctionnement, étude et dimensionnement pour les types : à comparateurs, à 555, avec un circuit « Waveform Generator », à inverseurs logiques CMOS.
- Contre-réaction positive : **les Oscillateurs sinus**. Principe de fonctionnement, étude et dimensionnement pour les types : LC, actifs à base d'amplificateurs opérationnels (Wien), à quartz. Introduction et principe de fonctionnement des systèmes à verrouillage de phase **PLL** (Phase Locked Loop).
- **La conversion Analogique-Numérique (CAN) et Numérique-Analogique (CNA)** : étude des types les plus courants (R-2R, Flash, à double rampes, à approximations successives, Delta-Sigma,...), imperfections, caractéristiques dynamiques, interfaces, mise en œuvre. Echantillonnage et maintien (Sample and Hold), interrupteurs et multiplexeurs analogiques : caractéristiques détaillées, mise en œuvre, fonction d'échantillonnage.
- **Les Alimentations à découpage et techniques de conversion** (suite du cours MT\_233) : principe de fonctionnement, étude et dimensionnement des topologies de base des types abaisseur, élévateur et inverseur de tension. Aperçu des topologies avec transformateur. Principe des 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	(144 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**

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

**Références bibliographiques**

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

**Responsable de l'enseignement**

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

**Unité de cours : MT\_513 – Conception de circuits analogiques (CCA)****Objectifs d'apprentissage**

Les objectifs du cours sont de :

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

**Travaux en laboratoire**

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

**Contenus**

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

- The Art of Electronics, Paul Horowitz & Winfield Hill, Third Edition, Cambridge
- Microelectronic Circuits, Adel Sedra & Kenneth Smith, Oxford University Press,
- Fundamentals of Microelectronics, Behzad Razavi, John Wiley & Sons,
- Handbook of Analog Circuit Design, Dennis L. Feucht, Academic Press

**Responsable de l'enseignement**

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

Unité de cours : MT_514 – Conception et test de carte électronique (CEM1) MT_515 – Conception et test de carte électronique (CEM2, laboratoire)
--

**Objectifs d'apprentissage**

Les objectifs du cours sont de :

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

**Travaux en laboratoire (MT\_515)**

Pratique des bases de la CEM :

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

**Contenus**

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

**Répartition horaire**

Enseignement :	<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))



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 – ELC1	=	22%
MT_526 – ELC2	=	11%
MT_527 – TNU	=	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 suivi	MT_20 Sciences de l'ingénieur 3
		MT_21 Sciences de l'ingénieur 4
	avoir validé	MT_22 Systèmes électroniques 1
		MT_23 Systèmes électroniques 2

Unité de cours : MT_521 – Systèmes asservis 1 (SAS2) MT_522 – Systèmes asservis 2 (SAS3)
---

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

**Contenus**

- 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.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="72"/>	heures	(96 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="84"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="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))

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

**Objectifs d'apprentissage**

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

**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 :	<input type="text" value="48"/>	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="68"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="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))

**Unité de cours : MT\_525 – Electronique de contrôle 1 (ELC1)****Objectifs d'apprentissage**

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

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

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

Apprentissage des outils et des technologies :

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

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

- Utilisation d'une plateforme FPGA MAX10 (Maximator) et des shields spécifiques
- Conception d'interfaces programmables spécialisées : PWM, commande moteur, tachymètre, convertisseur AN, ...
- Système embarqué avec processeur softcore (ex. : NIOSII, librairies) et utilisation du bus Avalon.

**Contenus**

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

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="48"/>	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="56"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="104"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu avec :
- Evaluations écrites ou orales
  - Projets individuels à réaliser sur la plateforme Maximator (et éventuel shield additionnel) avec rendu sur Cyberlear et une possible démonstration

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

**Références bibliographiques**

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

**Responsable de l'enseignement**

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

**Unité de cours : MT\_526 – Electronique de contrôle 2 (ELC2)****Objectifs d'apprentissage**

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

*Travaux en laboratoire*

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

La programmation du DSP se fait en C.

**Contenus**

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

**Répartition horaire**

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

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

**Références bibliographiques**

- Sites de fabricants, normes, slides du cours.

**Responsable de l'enseignement**

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

**Unité de cours : MT\_527 – Transmissions numériques (TNU)****Objectifs d'apprentissage**

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

*Travaux en laboratoire*

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

**Contenus**

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

**Répartition horaire**

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

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

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

**Références bibliographiques**

- Sites de fabricants, normes, slides du cours.

**Responsable de l'enseignement**

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

## Descriptif de module : MT\_53 CE / Cours à choix

Filière : Microtechniques, degré 3

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

1. Module : MT\_53 CE / Cours à choix (6 ECTS) 2023-2024

Type de formation :  Bachelor  Master

Type de module :  Obligatoire  A choix  Additionnel

Niveau du module :  Basic level course  Intermediate level course

Advanced level course  Specialized level course

Langue : Français | Semestre de référence : 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	40p.*	
TP & Projet	A choix	8p.*	
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_20 Sciences de l'ingénieur 3
		MT_21 Sciences de l'ingénieur 4
	avoir validé	MT_22 Systèmes électroniques 1
		MT_23 Systèmes électroniques 2

Unité de cours : MT\_531 – Robotique 1 (ROB1)  
MT\_532 – Robotique 2 (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))

**Unité de cours : MT\_533 – Acoustique appliquée 1 (AVI1)****Objectifs d'apprentissage**

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

*Travaux en laboratoire :*

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

**Contenu**

- Notions de base en acoustique physique (équation des ondes, applications),
- Puissance et intensité acoustique, calcul de niveaux sonores et filtrage,
- Physiologie de l'audition et perception du son,
- 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.
- Notions de transduction électroacoustique.

**Répartition horaire**

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

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu avec :
- Evaluations écrites ou orales,
  - Présentations orales.

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

**Références bibliographiques**

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

**Responsable de l'enseignement**

M. Romain Boulandet ([romain.boulandet@hesge.ch](mailto:romain.boulandet@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_534 – Photonique (PHO)****Objectifs d'apprentissage**

Ce cours vise à initier le futur ingénieur aux principaux domaines de la photonique et à ses applications.

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

- comprendre les notions de base de la photonique ;
- savoir les appliquer pour concevoir des systèmes optiques simples;
- 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.
- L'interférométrie appliquée à la mesure de distance.
- La diffraction appliquée à la spectroscopie
- Les fibres optiques et leurs applications.
- Introduction à la vision industrielle.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="36"/>	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="54"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="90"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu (présentation orale et/ou travaux écrits), avec :
- Evaluations écrites
  - Rapports écrits de travaux

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

**Références bibliographiques**

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

**Responsable de l'enseignement**

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

Unité de cours : MT_535 – Traitement d'images 1 (TIM1) MT_536 – Traitement d'images 2 (TIM2)
---

**Objectifs d'apprentissage**

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

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

*Travaux en laboratoire (intégrés au cours):*

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

**Contenus**

MT\_535 – Traitement d'images 1

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

MT\_536 – Traitement d'images 2

- La localisation d'objets par corrélation.
- La classification d'images par k-NN
- Le classifieur linéaire
- Les réseaux de neurones denses et convolutifs
- L'auto-encodeur appliqué au débruitage d'images.
- La segmentation d'images avec U-Net

**Répartition horaire**

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

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu (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 BIO / Nucléaire appliqué

Filière : Microtechniques, degré 3

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

### 1. Module : MT\_61 PA / Nucléaire appliqué (15 ECTS)

2023-2024

Type de formation :  Bachelor  Master

Type de module :  Obligatoire  A choix  Additionnel

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

Langue : Français | Semestre de référence : S5/S6 | Responsable du module : Mme Stavroula Pallada

### 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 suivi	MT_20 Sciences de l'ingénieur 3
		MT_21 Sciences de l'ingénieur 4
	avoir validé	MT_29 Option ingénieur de recherche

Unité de cours : MT\_611 – Physique nucléaire 1 (PNU1)  
MT\_612 – Physique nucléaire 2 (PNU2)

**Objectifs d'apprentissage**

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

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

Des accents particuliers sont portés sur la mesure (métrologie) et sur le fonctionnement d'un réacteur nucléaire. Des visites de sites nucléaires comme l'Institut Paul 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. Anastasios Kanellakopoulos ([anastasios.kanellakopoulos@hesge.ch](mailto:anastasios.kanellakopoulos@hesge.ch))

**Unité de cours : MT\_613 – Imagerie biomédicale (IBM)****Objectifs d'apprentissage**

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

*Travaux en laboratoire :*

Les travaux pratiques sont alternés chaque semaine et les étudiants 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 :	<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 : 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))

**Unité de cours : MT\_614 – Simulations Monte-Carlo (SMC)****Objectifs d'apprentissage**

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

*Travaux en laboratoire :*

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

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

**Contenus**

La méthode de simulation Monte-Carlo :

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

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="26"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="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))

**Unités de cours : MT\_615 – Bio-ingénierie 2 (BIO2)****Objectifs**

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

*Travaux en laboratoire :*

Les Travaux Pratiques par groupe illustreront la théorie vue au cours (MT\_322 BIO1).  
Comprendre les contraintes environnementales stérilités, humidité, chaleurs pour les instruments développés par les ingénieurs et utilisés par les biologistes.  
Mettre en pratique les tests de biocompatibilité en fonction des différents matériaux utilisés.

**Contenus**

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

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="12"/>	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="13"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="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))

**Unités de cours : MT\_616 – Dispositifs médicaux (DME)****Objectifs**

A définir par l'enseignant

**Contenus**

A définir par l'enseignant

## Répartition horaire

Enseignement :	<input type="text" value="12"/>	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="13"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="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\_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))



Modélisation et simulation 2 (SIM2) – MT_625	Obligatoire		32p.*
TP & Projet			
Traitement d'images 1 (TIM1) – MT_626	Obligatoire	32p.*	
TP & Projet			
Traitement d'images 2 (TIM2) – MT_627	Obligatoire		32p.*
TP & Projet			

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

Répartition horaire :	Enseignement :	204	heures	
	Travail autonome :	246	heures	
	Total :	450	heures	équivalent à 15 ECTS

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

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

MT_621 – AVI1	=	22%
MT_622 – AVI2	=	12%
MT_623 – PHO	=	18%
MT_624 – SIM1	=	12%
MT_625 – SIM2	=	12%
MT_626 – TIM1	=	12%
MT_627 – TIM2	=	12 %

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_20 Sciences de l'ingénieur 3
		MT_21 Sciences de l'ingénieur 4
	avoir validé	MT_29 Option ingénieur de recherche

Unité de cours : MT_621 – Acoustique appliquée 1 (AVI1) MT_622 – Acoustique appliquée 2 (AVI2)
---

**Objectifs d'apprentissage**

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

*Travaux en laboratoire :*

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

**Contenu MT\_621**

- Notions de base en acoustique physique (équation des ondes, applications),
- Puissance et intensité acoustique, calcul de niveaux sonores et filtrage,
- Physiologie de l'audition et perception du son,
- 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.
- Notions de transduction électroacoustique,

**Contenu MT\_622**

- Effet Doppler et applications
- Rayonnement acoustique de sources sonores élémentaires (monopôles, dipôles, cardioïdes...),
- Modèles de sources sonores élémentaires,
- Chapitre(s) choisi(s).

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="72"/>	heures	(96 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="84"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="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, 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))

**Unité de cours : MT\_623 – Photonique appliquée (PHO)****Objectifs d'apprentissage**

Ce cours vise à initier le futur ingénieur aux principaux domaines de la photonique et à ses applications.

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

- comprendre les notions de base de la photonique ;
- savoir les appliquer pour concevoir des systèmes optiques simples;
- 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.
- L'interférométrie appliquée à la mesure de distance.
- La diffraction appliquée à la spectroscopie
- Les fibres optiques et leurs applications.
- Introduction à la vision industrielle.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="36"/>	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="42"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="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))

Unité de cours : MT\_624 – Modélisation et simulation 1 (SIM1)  
MT\_625 – Modélisation et simulation 2 (SIM2)

### Objectifs d'apprentissage

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

### Contenus de SIM1 :

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

### 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 appliqués.
- L'évaluation se fera sous forme d'un rapport et d'une présentation orale.

### 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
- *Bien débuter avec Maple*, Jean-François Imokrane (Cépaduès éditions 2023)
- *Introduction à la simulation de systèmes physiques*, par M. Eminyan et K. Rubin, InterEditions, Paris, 1994.
- *Documentation en ligne du logiciel Comsol Multiphysics (www.comsol.com)*

### Responsables de l'enseignement

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

Unité de cours : MT\_626 – Traitement d'images 1 (TIM1)  
MT\_627 – Traitement d'images 2 (TIM2)

**Objectifs d'apprentissage**

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

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

*Travaux en laboratoire (intégrés au cours):*

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

**Contenus****MT\_626 – Traitement d'images 1**

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

**MT\_627 – Traitement d'images 2**

- La localisation d'objets par corrélation.
- La classification d'images par k-NN
- Le classifieur linéaire
- Les réseaux de neurones denses et convolutifs
- L'auto-encodeur appliqué au débruitage d'images.
- La segmentation d'images avec U-Net

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="48"/>	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="60"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="108"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu (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))



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\_631 – ROB1 = 25%  
MT\_632 – ROB2 = 25%
- 2) MT\_633 – TNS1 = 37%  
MT\_634 – TNS2 = 13%
- 3) MT\_635 – TMI = 50%
- 4) MT\_638 – ELC5 = 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\_20 Sciences de l'ingénieur 3  
MT\_21 Sciences de l'ingénieur 4  
avoir validé MT\_22 Systèmes électroniques 1  
MT\_23 Systèmes électroniques 2

Unité de cours : MT\_631 – Robotique 1 (ROB1)  
MT\_632 – Robotique 2 (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\_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))

Unité de cours : MT\_633 – Traitement numérique du signal 1 (TNS1)  
MT\_634 – Traitement numérique du signal 2 (TNS2)

**Objectifs d'apprentissage**

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

**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 :	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 :
- 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))

**Unité de cours : MT\_635 – Techniques de mesure et instrumentation (TMI)****Objectifs d'apprentissage**

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

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

**Contenus**

Cours (8x2 périodes de 45') :

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

Laboratoires / TD : (8 sessions de 4 heures)

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

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="36"/>	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="54"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="90"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu avec :
- 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**

- Fournies par l'enseignant en début de cours

**Responsable de l'enseignement**

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

## Unité de cours : MT\_638 – Electronique 5 (ELC5)

**Objectifs d'apprentissage**

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

*Travaux en laboratoire*

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

**Contenus**

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

**Répartition horaire**

Enseignement :	48	heures	(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))