

## GM3 : Génie Mécanique 3e année

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

- GM\_31 Soft skills
- GM\_32 Conception Mécanique 3
- GM\_33 Analyse de structures avancée
- GM\_34 Mécatronique et automatique
- GM\_35 Techniques énergétiques avancées
- GM\_36 - Travail de Bachelor
- GM\_41 Option / Fabrication et production/ Conception et production
- GM\_42 Option / Fabrication et production / Manufacturing
- GM\_43 Option / Fabrication et production / Projet
- GM\_51 Option Mécanique des fluides et énergétique / Aérotechnique
- GM\_52 Option Mécanique des fluides et énergétique /  
Outils de mesure et simulation
- GM\_53 Option Mécanique des fluides et énergétique /  
Machines thermiques
- GM\_54 Option Mécanique des fluides et énergétique / Projet





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	GM_28 - Projet
	Avoir suivi	GM_29 - Méthodes

## Unité de cours : GM\_311 – Gestion et économie d'entreprise (GEE)

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.

**Objectifs du cours**

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**

- 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="24"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="48"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

- Contrôle continu avec :
- Examen à la fin du cours (50%)
  - Travail de groupe (40%)
  - Participation en cours ou présentation orale (10%)

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**

- 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**

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

**Unité de cours : GM\_312 – Environnement (atmosphère, cycle du CO<sub>2</sub>) (ENV)****Objectifs**

Décrire les propriétés de l'atmosphère et ses modèles physiques.

Analyser les enjeux liés aux émissions de gaz à effet de serre de divers procédés industriels.

Quantifier les coûts environnementaux des émissions.

Analyser les bénéfices et les coûts liés à la substitution des énergies fossiles par des énergies renouvelables : impact environnemental, impact économique.

**Contenus**

- Propriétés physico-chimiques de l'air.
- Propriétés physiques de l'atmosphère, notions sur le climat, bilan énergétique (rayonnement, convection, évaporation).
- Cycle du carbone, cycle de l'eau.
- Effet de serre, production des gaz à effet de serre par l'activité humaine, procédés de réduction et d'épuration.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="12"/>	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="16"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="28"/>	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

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

**Références & Bibliographie**

- Atmosphère, Océan, Climat (2007), *Delmas et al.*
- Une vérité qui dérange (2006) Al Gore (DVD)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ou, en français, GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat) à Genève, régi par le World Meteorological Organization (WMO) :
  - [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)
  - [www.wmo.int](http://www.wmo.int)
  - Tous les articles populaires sur le réchauffement sont basés sur les rapports de l'IPCC,
- OFEV (Office Fédéral de l'Environnement)
  - [www.ofev.ch](http://www.ofev.ch)

**Responsable de l'enseignement**

M. Markus Thurneysen ([markus.Thurneysen@hesge.ch](mailto:markus.Thurneysen@hesge.ch))

**Unité de cours : GM\_313 – Négociation en entreprise (GNE)****Objectifs**

- Acquérir des compétences de négociation utiles en entreprises.
- Connaître et appliquer la méthode de négociation sans perdants.
- Connaître et prendre en compte une réalité multiculturelle.
- Améliorer ses compétences personnelles de négociateur.

**Contenus**

- Principes de bases de la négociation
- Eléments fondamentaux de la négociation (méthode OCEAN)
- Résolution de conflits et négociation sans perdants.
- Processus et phases d'une négociation.
- Management et négociation interculturels.
- Outils et techniques de négociation.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="12"/>	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="12"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="24"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

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

**Références & Bibliographie**

- Comment réussir une négociation, W. URY, R. FISCHER, B. PATTON, éd. Seuil 2006 ISBN 978-2-02-09083-0 (titre original anglais « Getting to yes »)
- Réussissez toutes vos négociations, L. BELLENGER, esf éditeur 2008 (2ème édition) ISBN 978-2-7101-1937-1 / ISSN 1771-9895

**Responsable de l'enseignement**

M. L. Marchand ([loic.marchand@hesge.ch](mailto:loic.marchand@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 :

GM\_321 – ACV1 = 35%

GM\_322 – ECO1 = 65%

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	GM_21 - Conception Mécanique 2
avoir suivi	GM_22 - Production
avoir suivi	GM_23 - Analyse de structures

**Unité de cours : GM\_321 – Analyse cycle de vie 1(ACV1)****Objectifs d'apprentissage**

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

- Identifier les étapes essentielles du cycle de vie d'un produit ou d'un service, ainsi que les processus principaux impliqués ;
- Comprendre l'approche séquentielle de l'analyse du cycle de vie (ACV) et sa mise en œuvre pour quantifier les impacts dans l'environnement du produit ou service considéré ;
- Identifier les objectifs d'une étude ACV, définir l'unité fonctionnelle, les flux de références associés au produit analysé et les frontières du système d'étude ;
- Connaître la notion d'inventaire des flux entrants et sortants du produit analysé ;
- Réaliser de bilans de consommation énergétique et d'émission de dioxyde de carbone dans des cas simples, et comparer différents scénarios sur la base de l'unité fonctionnelle ;
- Comprendre l'approche quantitative utilisée par les outils d'analyse des impacts environnementaux et d'interprétation des résultats.

**Contenus**

- Défis actuels pour l'environnement, notamment le réchauffement climatique ;
- Vecteurs énergétiques primaires et secondaires, sources d'énergie renouvelables et non, consommation énergétique suisse ;
- Étapes principales du cycle de vie d'un produit (extraction des matières premières, fabrication, transport, utilisation, fin de vie, valorisation) ;
- Phases principales de l'ACV ;
- Définition du système, unité fonctionnelle ;
- Inventaire des extractions et des émissions ;
- Exemples de bilans de consommation d'énergie primaire non renouvelable et d'émissions de dioxyde de carbone réalisés à la main ou à l'aide de Excel ;
- Méthodes d'évaluation des impacts environnementaux, catégories d'impact intermédiaire et de dommage ;

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="12"/>	Heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="15"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="27"/>	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**

- Matériel distribué par le professeur
- O. Jolliet, M. Saadé-Sbeih, P. Crettaz, N. Jolliet-Gavin, et S. Shaked, *Analyse du cycle de vie : comprendre et réaliser un écobilan*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes

**Responsable de l'enseignement**

M. Enrico Pomarico ([enrico.pomarico@hesge.ch](mailto:enrico.pomarico@hesge.ch))

**Unité de cours : GM\_322 – Eco-conception 1 (ECO1)****Objectifs**

- Maitriser les phases de conception d'un produit (identification du besoin, créativité, analyse de la valeur, analyse et cahier des charges fonctionnel, spécification produit, conception).
- Etre capable d'identifier les aspects environnementaux significatifs pour en minimiser les conséquences dès la conception d'un produit.
- Etre capable d'engager une démarche d'éco-conception, et de mettre en œuvre une méthodologie efficace.
- Comprendre et savoir appliquer les outils et les méthodes de conception d'un produit en tenant compte de l'aspect environnemental.

**Contenus**

- Analyser les besoins du client
- Proposer des principes / idées en s'inspirant des méthodes de créativité
- Rédiger le cahier des charges fonctionnelles à l'aide de la méthode d'analyse fonctionnelle. Les relations contraintes-bénéfiques dans l'Eco-conception (impact sur les coûts du produit).
- Notion d'optimisation multicritères.
- L'innovation par l'éco-conception.
- Exemples de démarches prometteuses.
- Modélisation du produit sur CAO (CREO), mise en plan.
- Modélisation du cycle de vie du produit sur logiciel d'ACV.
- Notion de planification avec jalons / étapes clefs.

**Travaux en laboratoire**

Réalisation et défense d'un projet d'éco-conception : du cahier des charges au dossier d'industrialisation d'un produit.

**Répartition horaire**

Enseignement :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	47	heures	
Total :	71	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**

- Le passeport éco-produit (3ème édition) / Collection : Autres - Septembre 2003 - 11 x 15 - 64p. - Réf. 4774 - Collectivités, entreprises, acheteurs professionnels publics ou privés
- Conception de produits et environnement : 90 exemples d'éco-conception / Coll. : Connaître pour agir
- Pratiquer l'éco-conception - Lignes directrices / Auteur(s) : L. Grisel, G.Duranthon / ISBN : 2-12-463019-9.

**Responsables de l'enseignement**

M. David Zieder ([david.zieder@hesge.ch](mailto:david.zieder@hesge.ch))  
M. Fabien Breda ([fabien.breda@hesge.ch](mailto:fabien.breda@hesge.ch))

## Descriptif de module : GM\_33 Analyse de structures avancée

### Filière : Génie Mécanique, 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 : GM\_33 Analyse de structures avancée (8 ECTS)

2024-2025

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 et S6 | Responsable du module : **Fabien Breda**

#### 2. Objectifs d'apprentissage

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

- Prendre en compte les phénomènes vibratoires lors de la conception d'un produit.
- Savoir faire et interpréter une analyse modale
- Utiliser une suite logiciel permettant de réaliser des calculs par éléments finis
- Utiliser la méthode des éléments finis afin de vérifier le dimensionnement d'une pièce ou d'un assemblage de pièce.
- Proposer des améliorations de dimensionnement en prenant en compte les résultats issus de la méthode par éléments finis
- Prendre en compte les spécificités géométriques et les caractéristiques matériaux pour appréhender les phénomènes de rupture
- Concevoir une pièce en prenant en compte le cas des prototypages rapides (fabrication additive par exemple)

#### 3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne	Sem. Printemps
Dynamique des systèmes mécaniques 3 (DSM3) – GM_331	Obligatoire	32p.*	
TP & Projet	Obligatoire	32p.*	
Analyse et simulation numérique (ASN) – GM_332			
TP & Projet	Obligatoire	64p.*	
Matériaux de l'ingénieur-e 5 (MAT5) – GM_333	Obligatoire		16p.*
Fast prototyping (FAP) – GM_334	Obligatoire		16p.*
Matériaux de demain (MAD) – GM_335	Obligatoire		16p.*

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

Répartition horaire : Enseignement : 132 Heures

Travail autonome : 68 heures

Total : 200 heures équivalent à 8 ECTS

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

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

GM_331 – DSM3	=	35%
GM_332 – ASN	=	35%
GM_333 – MAT5	=	10%
GM_334 – FAP	=	10%
GM_335 – MAD	=	10%

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   GM\_21 - Conception Mécanique 2  
                                  avoir validé   GM\_23 - Analyse de structure

## Unité de cours : GM\_331 – Dynamique des systèmes mécaniques 3 (DSM3)

**Objectifs**

Donner aux étudiants les bases théoriques de mécanique vibratoire des systèmes discrets linéaires. L'étudiant doit être capable de construire des machines et des systèmes en tenant compte des phénomènes vibratoires propres ou de ceux induits par l'environnement, par une approche analytique dans le cas de modèles simples ou numérique dans les cas plus complexes.

**Contenus**

Rappel systèmes à 1 degré de liberté :

- Régime libre conservatif et dissipatif de l'oscillateur élémentaire ;
- Linéarisation et réduction d'un système réel complexe ;
- Régime forcé harmonique, frottement de Coulomb, résonance et battement, vibrations engendrées par l'appui ;
- Régime forcé périodique, séries de Fourier, réponse impulsionnelle et indicelle ;
- Régime forcé quelconque, intégrale de convolution, méthode numérique de résolution.

Systèmes à n degrés de liberté :

- Systèmes à n degrés de liberté, valeurs propres et vecteurs propres ;
- Analyse modale de systèmes à n degrés de liberté (avec ou sans amortissement) en régime libre ou forcé ;
- Atténuation des vibrations et des chocs ;
- Vibration de solide déformable, poutre continue.

**Travaux en laboratoire :**

- Illustration avec Excel et ANSYS.

**Répartition horaire**

Enseignement :	48	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	44	Heures	
Total :	92	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**

- Vibrations des machines tournantes et des structures Roland Bigret Tome 1 et 2 ; préfaces de Michel Cazin, G. R Babuska, I., and Suri,
- Dynamique des structures : analyse modale numérique / Thomas Gmür, Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2008
- Matlab: Une introduction pratique à la programmation et de résolution de problèmes (2e édition) Amsterdam : Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2012
- Vibrations des machines et diagnostic de leur état mécanique, Morel, Jacques.

**Responsable de l'enseignement**

Mme Louise Mazzoni Leduc ([louise.mazzoni-leduc@hesge.ch](mailto:louise.mazzoni-leduc@hesge.ch))  
M. Markus Thurneysen ([markus.thurneysen@hesge.ch](mailto:markus.thurneysen@hesge.ch))

**Unité de cours : GM\_332 – Analyse et simulation numérique (ASN)****Objectifs**

L'étudiant acquerra les connaissances pratiques de la méthode des éléments finis utilisées pour dimensionner et optimiser des pièces complexes. Une attention particulière sera portée sur les limites et les contraintes de cette méthode ainsi que sur l'interprétation des résultats

**Contenus**

- Introduction à la théorie des éléments finis
- Applications sur les logiciels proMechanica et ANSYS Workbench
- Idéalisation des poutres, coques et solides.
- Idéalisation des appuis et des symétries
- Optimisation paramétrique et topologique.
- Simulation de crash

**Travaux en laboratoire :**

- Simulation des divers cas.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="48"/>	heures	(64 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="0"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="48"/>	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

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**

- Pro/mechanica Tutorial Wildfire 2.0, Auteur(s) : TOOGOOD Roger
- Dhatt-Touzot\_Lefrancois, Méthode des éléments finis, Lavoisier 2007, ISBN 978-2-7462-0979-4
- Modélisation des structures par éléments finis. Volume 3, Coques / Jean-Louis Batoz, Gouri Dhatt

**Responsables de l'enseignement**

M. Fabien Breda ([fabien.breda@hesge.ch](mailto:fabien.breda@hesge.ch))



**Unité de cours : GM\_333 – Matériaux de l'ingénieur-e 5 (MAT5)****Objectifs d'apprentissage**

- Appréhender les différents cas de défaillance afin de pouvoir prendre en compte ces phénomènes lors de la conception.
- Connaître les propriétés mécaniques des matériaux à considérer dans les cas de plasticité, de fatigue et de rupture.

**Contenus**

- Energie de déformation
- Définition de la rupture :
  - Rupture ductile, rupture fragile
  - Concentration de contrainte
- Facteur d'intensité de contrainte
- Fatigue
- Propagation de fissure
- Fluage

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="12"/>	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="24"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="36"/>	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**

- Sciences et génie des matériaux ; W. D. Callister ; Modulo édition
- Matériaux - Tome 1, Propriétés, Applications Et Conception - Ashby Michael

**Responsables de l'enseignement**

M. Markus Thurneysen ([markus.thurneysen@hesge.ch](mailto:markus.thurneysen@hesge.ch))

**Unité de cours : GM\_334 – Fast prototyping (FAP)****Objectifs**

- Maîtriser les techniques de fabrication en vue de réaliser du prototypage rapide
- Maîtriser l'environnement associé en vue de réaliser un prototype fiable et de qualité

**Contenus**

- Choisir depuis les schémas fonctionnels les méthodes de fabrication associées
- Faire du retro design en vue du prototypage
- Connaître les différentes techniques associées (impression 3D, tôle pliée, moulage)

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="12"/>	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="0"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="12"/>	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**

- Polycopié de cours

**Responsables de l'enseignement**

Marc Delaporte ([marc.delaporte@hesge.ch](mailto:marc.delaporte@hesge.ch))

**Unité de cours : GM\_335 – Matériaux de demain (MAD)****Objectifs d'apprentissage**

A l'issue de ce cours, l'étudiant sera capable de :

- Relier les métiers et le développement de matériaux avancés ;
- Sélectionner des matériaux en ayant un regard « industriel » en fonction de l'application (biomédical, horlogerie, fabrication additive, aérospatial etc.) ;
- Expliquer/Identifier les enjeux industriels (économiques, technologique etc.) en lien avec le développement des matériaux avancés ;
- Discuter de l'utilisation et du choix des matériaux en fonction du domaine applicatif.

**Contenus**

Nous aborderons dans ce cours 6 sessions thématiques autour des matériaux :

- Le biomédical,
- L'horlogerie,
- La fabrication additive,
- L'aérospatial,
- Le ferroviaire/automobile,
- La tribologie.

Dans chacune des sessions, 3 intervenants externes apporteront leur expertise industrielle sur l'utilisation et le choix des matériaux dans leur domaine particulier.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="12"/>	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="0"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="12"/>	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**

- Notes de cours
- Matériel des conférenciers sur cyberlearn
- Autres références bibliographiques seront fournies pendant le cours.

**Responsables de l'enseignement**

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

GM\_341 – RAU1 = 65%

GM\_342 – RAU2 = 35%

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 : GM\_21 - Conception mécanique 2

Avoir suivi : GM\_23 - Analyse de structure

Avoir validé : GM\_26 - Automatisation

Unité de cours : GM_341 – Réglage automatique 1 (RAU1) GM_342 – Réglage automatique 2 (RAU2)
---

### Objectifs

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

- distinguer un réglage de maintien ou asservissement et un réglage de consigne ou pilotage ;
- savoir construire une boucle de régulation ;
- connaître les modes classiques de réglage: P, PI, PD, PID et être capable de les appliquer à bon escient ;
- déterminer les conditions de stabilité et connaître les trois méthodes présentées au cours (critère de Bode, lieu de pôles et critère de Nyquist simplifié) ;
- déterminer les paramètres de réglage, connaître le principe des méthodes d'optimisation couramment utilisées, déterminer la qualité du régime transitoire d'une régulation et en évaluer la précision ;
- connaître le principe de fonctionnement des régulateurs numériques ;
- appliquer la méthode du réglage pseudo-continu pour ces systèmes.

**Nota:** seuls les systèmes linéaires et continus ou quasi continus avec une entrée et une sortie sont abordés.

### Contenus

Régulation de systèmes linéaires invariants dans le temps.

### Travaux en laboratoire

Expériences et applications pratiques en relation étroite avec la matière du cours.

### Répartition horaire

Enseignement :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Enseignement labo :	36	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	57	Heures	
Total :	129	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

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

### Modalités d'évaluation

- Contrôle continu : évaluations écrites, rapports écrits.

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

La note GM\_341 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.  
La note GM\_342 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre.

### Références bibliographiques

- JEAN-MARC ALLENBACH : *Réglage Automatique*, hepia, 2019

### Responsable de l'enseignement

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

## Descriptif de module : GM\_35 Techniques énergétiques avancées

### Filière : Génie Mécanique, 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 : GM\_35 Techniques énergétiques avancées (4 ECTS) 2024-2025

Type de formation :  Bachelor  Master

Type de module :  Obligatoire  A choix  Additionnel

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

Langue : Français | Semestre de référence : S5 | Responsable du module : **Roberto Putzu**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- Maîtriser les outils nécessaires pour évaluer le comportement des fluides visqueux dans le domaine industriel
- Maîtriser le fonctionnement des échangeurs de chaleur et la thermodynamique non stationnaire
- Choisir un principe de mesure.
- Décrire le principe de fonctionnement des capteurs (masse, force, position, vitesse, accélération, pression, débit, température, rayonnement thermique, chaleur).
- Dimensionner et analyser des installations par rapport aux normes environnementales en vigueur.

3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne	Sem. Printemps
Dynamique des fluides 2 (DYF2) – GM_351	Obligatoire	16p.*	
TP & Projet		16p.*	
Energétique appliquée (ENA) – GM_352	Obligatoire	16p.*	
TP & Projet		16p.*	
Techniques de mesure en énergétique (TDM) -- GM_353	Obligatoire	16p.*	
TP & Projet			

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

Répartition horaire : Enseignement : 60 Heures

Travail autonome : 115 heures

Total : 175 heures équivalent à 4 ECTS

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

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

GM\_351 – DYF2 = 35%

GM\_352 – ENA = 45%

GM\_353 – TDM = 20%

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   GM\_21 - Conception mécanique 2  
                                  avoir suivi   GM\_23 - Analyse de structure  
                                  avoir validé  GM\_25 - Techniques Energétiques



**Unité de cours : GM\_351 – Dynamique des fluides 2 (DYF2)****Objectifs d'apprentissage**

Comprendre le comportement des fluides visqueux. L'étudiant, à la fin du cours doit maîtriser les outils nécessaires pour évaluer le comportement des fluides visqueux dans le domaine industriel.

**Contenus**

- Concepts de viscosité.
- Analyse des pertes de charge dans les conduites et dans les réseaux.
- Concept de turbulence et de couche limite.
- Bases d'analyse dimensionnelle.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="54"/>	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 : 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**

- Notes de cours
- Mécanique des Fluides, Cengel & Cimbala
- Ouziaux – Perrier, Mécanique des fluides appliquée

**Responsable de l'enseignement**

M. Roberto Putzu ([roberto.putzu@hesge.ch](mailto:roberto.putzu@hesge.ch))

**Unité de cours : GM\_352 – Energétique appliquée (ENA)****Objectifs**

Etude de la thermodynamique de l'air humide et le fonctionnement d'humidificateurs et déshumidificateurs. Analyse du transfert de chaleur. Le comportement thermique des parois simples et composées sera étudié en mettant l'accent sur le fonctionnement des échangeurs de chaleur et sur la thermodynamique non stationnaire.

**Contenus**

- Entropie et rendement isentropique
- Calcul analytique des conditions thermodynamiques de l'air humide.
- Diagramme de Mollier de l'air humide : établissement du diagramme, signification des courbes et utilisation.
- Transmission de la chaleur avec des parois en série et en parallèle (analogie électrique).
- Coefficient de transfert thermique global.
- Echangeurs de chaleur : typologies et fonctionnement.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="45"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="69"/>	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**

- Thermodynamique – une approche pragmatique, Cengel & Boles
- Des documents seront fournis au début du cours.

**Responsable de l'enseignement**

M. Enrico. Da riva ([enrico.dariva@hes-so.ch](mailto:enrico.dariva@hes-so.ch))

**Unité de cours : GM\_353 –Techniques de mesure (TDM)****Objectifs**

- Choisir un principe de mesure.
- Décrire le principe de fonctionnement des capteurs (masse, force, position, vitesse, accélération, pression, débit, température, rayonnement thermique, chaleur).
- Analyser et évaluer des résultats de mesure.
- Réaliser correctement une acquisition digitale (ou numérique) des signaux de mesures.
- Savoir étalonner sa chaîne de mesure.

**Contenus**

- Capteurs : principe de fonctionnement, types (absolus, relatifs, différentiels), gamme de mesure et sensibilité, dynamique.
- Méthodes de mesures, répétition, linéarité, incertitude, moyenne, erreurs, écart-type sensibilité, réponse dynamique.
- Grandeurs de référence et étalonnage.
- Acquisition d'un signal numérique : notion de discrétisation, fréquence d'acquisition, échantillonnage et caractéristique du signal.
- La chaîne de mesure : électronique de conditionnement, échantillonnage, enregistrement, traitement.
- Analyse des mesures.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="12"/>	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="16"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="28"/>	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 & Bibliographie**

- Polycopiés du cours
- Mechanical measurements; Thomas Beckwith, Roy Marangoni, John Lienhard V.
- Measurement and data analysis for engineering and science; Patrick F. Dunn

**Responsable de l'enseignement**

M. Roberto Putzu ([roberto.putzu@hesge.ch](mailto:roberto.putzu@hesge.ch))



- 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 communiquées la semaine suivante par le professeur responsable et validés par le responsable de filière.
- A l'issue du travail supplémentaire, une session de jury de diplôme sera organisée.

## 5. Prérequis

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

**Détail des pré-requis :**            **avoir validé tous les autres modules du plan d'étude Génie mécanique**

## GM\_361 – Travail de Bachelor dans l'option

### Objectifs d'apprentissage

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

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

### Remarques :

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

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

### Contenus

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

### Répartition horaire

Enseignement :	<input type="text" value="50"/>	heures	Suivi hebdomadaire par le professeur responsable
Travail autonome :	<input type="text" value="310"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="360"/>	heures	de travail pour ce cours

### Références bibliographiques

- En principe, établir la bibliographie adaptée au sujet traité fait partie des tâches de l'étudiant.

### Responsable de l'enseignement

Un professeur par travail de Bachelor.

## Descriptif de module : GM\_41 Option Fabrication et production / Conception et production

Filière : Génie Mécanique, 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: GM\_41 Option Fabrication et production / Conception et production (13 ECTS) 2024-2025

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 et S6 | Responsable du module : **Fabien Breda**

### 2. Objectifs d'apprentissage

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

- Gérer les phases d'un projet de conception (créativité, pré-étude, étude, prototypage).
- Comprendre l'approche cycle de vie d'un produit et pouvoir analyser son impact sur l'environnement.
- Identifier les aspects environnementaux significatifs pour en minimiser les conséquences dès la conception d'un produit.
- Engager une démarche d'éco-conception, et de mettre en œuvre une méthodologie efficace.
- Dimensionner une pièce simple en matériaux polymères et composites.
- Dimensionner une pièce simple pour éviter sa rupture brutale, en fatigue ou en fluage.
- Choisir un matériau adapté aux fonctions tribologiques les plus exigeantes.

### 3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne	Sem. Printemps
Industrialisation et produit (IDP) - GM_411	Obligatoire	32p.*	
Analyse cycle de vie 2 (ACV2) – GM_412	Obligatoire		16p.*
TP & Projet			
Eco-conception 2 (ECO2) – GM_413	Obligatoire		16p.*
TP & Projet	Obligatoire		32p.*
Optimisation de la production (PRD) – GM_414	Obligatoire		32p.*
TP & Projet			
Gestion de la production (GPR) -- GM_415	Obligatoire	32p.*	
TP & Projet			
Logistique, analyse des défaillances et maintenance 1 (ADM1) -- GM_416	Obligatoire		32p.*
TP & Projet			
Plasturgie (PLA) – GM_417	Obligatoire	16p.*	
TP & Projet	Obligatoire	16p.*	
Outils de production (OPR) – GM_418			16p.*

Répartition horaire :	Enseignement :	180	Heures	
	Travail autonome :	224	heures	
	Total :	404	heures	équivalent à 13 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:

GM_411 – IDP	=	10%
GM_412 – ACV2	=	17%
GM_413 – ECO2	=	10%
GM_414 – PRD	=	13%
GM_415 – GPR	=	13%
GM_416 – ADM1	=	13%
GM_417 – PLA	=	13%
GM_418 – OPR	=	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	GM_21 – Conception Mécanique 2
	avoir suivi	GM_22 – Production
	avoir suivi	GM_24 – Mécanique des fluides

**Unité de cours : GM\_411 – Industrialisation de produit (IDP)****Objectifs d'apprentissage**

Définis par le professeur

**Contenus**

Défini par le professeur

**Répartition horaire**Enseignement :  heures (32 périodes de 45 minutes)Travail autonome :  HeuresTotal :  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**

- Définies par le professeur

**Responsable de l'enseignement**M. David Enfrun ([david.enfrun@hesge.ch](mailto:david.enfrun@hesge.ch))



**Unité de cours : GM\_412 – Analyse cycle de vie 2 (ACV2)****Objectifs d'apprentissage**

A la fin du cours l'étudiant doit être capable de

- Connaître les principaux logiciels et bases de données utilisées pour l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) ;
- Modéliser les étapes principales du cycle de vie d'un produit, en mettant l'accent sur l'assemblage et l'utilisation, à l'aide du logiciel SIMAPRO ;
- Utiliser efficacement la base de données ECOINVENT, en sélectionnant notamment les matériaux et les processus nécessaires pour la modélisation du cycle de vie ;
- Visualiser l'arborescence de processus au sein du logiciel ;
- Créer de nouveaux processus dans la base de données en fonction des besoins ;
- Appliquer les méthodes d'analyse telles que Cumulative Energy Demand (CED) et IMPACT2002+ pour calculer les impacts environnementaux ;
- Utiliser les diverses options d'affichage disponibles pour les résultats générés ;
- Interpréter les résultats de l'analyse réalisée ;

**Contenus**

- Logiciels pour la réalisation de l'ACV, en particulier SIMAPRO ;
- Base de données ECOINVENT ;
- Méthodes d'analyse des impacts environnementaux, telles que CED et IMPACT2002+ ;
- Réalisation de l'ACV pour l'évaluation des impacts environnementaux de différents systèmes concrets, tels que les batteries pour véhicules électriques, les systèmes de transports, les panneaux solaires thermiques et photovoltaïques.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="12"/>	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="14"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="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**

- Matériel distribué par le professeur
- O. Jolliet, M. Saadé-Sbeih, P. Crettaz, N. Jolliet-Gavin, et S. Shaked, Analyse du cycle de vie : comprendre et réaliser un écobilan, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes

**Responsable de l'enseignement**

M. Enrico Pomarico ([enrico.pomarico@hesge.ch](mailto:enrico.pomarico@hesge.ch))

**Unité de cours : GM\_413 – Eco-conception 2 (ECO2)****Objectifs**

Maitriser les phases de conception d'un produit (identification du besoin, créativité, analyse de la valeur, analyse et cahier des charges fonctionnel, spécification produit, conception).  
Etre capable d'identifier les aspects environnementaux significatifs pour en minimiser les conséquences dès la conception d'un produit.  
Etre capable d'engager une démarche d'éco-conception, et de mettre en œuvre une méthodologie efficace.  
Comprendre et savoir appliquer les outils et les méthodes de conception d'un produit en tenant compte de l'aspect environnemental.

**Contenus**

Analyser les besoins du client  
Proposer des principes / idées en s'inspirant des méthodes de créativité  
Rédiger le cahier des charges fonctionnelles à l'aide de la méthode d'analyse fonctionnelle.  
Les relations contraintes-bénéfices dans l'Eco-conception (impact sur les coûts du produit).  
Notion d'optimisation multicritères.  
L'innovation par l'éco-conception.  
Exemples de démarches prometteuses.  
Modélisation du produit sur CAO (CREO), mise en plan.  
Modélisation du cycle de vie du produit sur logiciel d'ACV.  
Notion de planification avec jalons / étapes clefs.

*Travaux en laboratoire*

Réalisation et défense d'un projet d'éco-conception : du cahier des charges au dossier d'industrialisation d'un produit.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="36"/>	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="37"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="73"/>	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**

- Le passeport éco-produit (3ème édition) / Collection : Autres - Septembre 2003 - 11 x 15 - 64p. - Réf. 4774 - Collectivités, entreprises, acheteurs professionnels publics ou privés
- Conception de produits et environnement : 90 exemples d'éco-conception / Coll. : Connaître pour agir
- Pratiquer l'éco-conception - Lignes directrices / Auteur(s) : L. Grisel, G.Duranthon / ISBN : 2-12-463019-9.

**Responsables de l'enseignement**

M. David Zieder ([david.zieder@hesge.ch](mailto:david.zieder@hesge.ch))  
M. Fabien Breda ([fabien.breda@hesge.ch](mailto:fabien.breda@hesge.ch))

**Unité de cours : GM\_414 – Optimisation de la production (PRD)****Objectifs**

L'objectif du cours est de sensibiliser les étudiants aux concepts de bases de la productique.

**Contenus**

- Notion de flux
- Organiser un flux de production
- Organiser une usine (entréeS, sortieS)
- Indicateurs
- Capabilité / capacité de production
- Gestion des stocks
- Gestion des copeaux
- Sécurité et impact sur la production
- Règles environnementales
- Contrôle qualité

Gestion des impondérables (maladie, rupture de stock, etc...)

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="15"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="39"/>	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

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

**Références & Bibliographie**

- Polycopiés et transparents de cours

**Responsable de l'enseignement**

Juliette Korhel ([juliette.korhel@hesge.ch](mailto:juliette.korhel@hesge.ch))

**Unité de cours : GM\_415 – Gestion de la production (GPR)****Objectifs**

L'objectif du cours est d'apporter une bonne connaissance de la méthode Lean 6 Sigma ainsi que de ses outils à même d'optimiser les processus

**Contenus**

- Définition du 6 sigma
- Définition du lean
- Histoire des méthodes lean et 6 sigma
- Vue d'ensemble du processus DMAIC
- Phase Définir (Define)
- Phase Mesure
- Phase analyse
- Phase Innover (Improve)
- Phase Contrôle (Control)
- Lean

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="35"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="59"/>	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

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

**Références & Bibliographie**

- Polycopiés et transparents de cours

**Responsables de l'enseignement**

M. Laurent Pheulpin ([laurent.pheulpin@hesge.ch](mailto:laurent.pheulpin@hesge.ch))

**Unité de cours : GM\_416 – Logistique, analyse des défaillances et maintenance (ADM1)****Objectifs**

Apporter aux étudiants des méthodes et des outils pour leur permettre d'analyser et de prévenir les défaillances et assurer la maintenance essentiellement préventive d'un système.

**Contenus**

- Introduction.
- Méthodes courantes d'analyse et de prévention.
- Comparaison des méthodes.
- Analyse des défaillances.
- Prévention des défaillances.
- Fiabilité des éléments suivant leur montage, calcul de fiabilité totale.
- Analyse des Mode Défaillance, de leur Effet et de leur Criticité.
- Prévention des failles de sécurité.
- Organiser et assurer la maintenance.
- Traitement de cas.
- Notion de probabilité et statistique.
- Indication et calcul avec les lois statistiques usuelles, programmation excel.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="12"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="36"/>	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

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

**Références & Bibliographie**

- Polycopié du professeur.
- La fonction maintenance formation à la gestion de la maintenance industrielle de [François Monchy](#).
- Maintenance méthodes et organisations de [Jean-Pierre Vernier](#).
- La démarche de projet industriel de I Rak. Ch Teixido.
- Guide des sciences et technologies industrielles de Jean-Louis Fanchon.

**Responsable de l'enseignement**

Olivier Marchand ([olivier.marchand@hesge.ch](mailto:olivier.marchand@hesge.ch))

**Unité de cours : GM\_417 – Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO)****Objectifs**

A la fin du cours, l'étudiant doit être capable de

- Connaître les avantages et inconvénients des méthodes d'usinages
- Définir des stratégies d'usinage 3 à 5 axes afin de réaliser des pièces complexes en tournage et en fraisage
- Expliquer les différentes stratégies d'usinages (usinage en bout, usinage en roulant)
- Comprendre la modélisation géométrique des surfaces ainsi que les principes des traitements par le logiciel de FAO
- Connaître les apports techniques des simulations de pièces

**Contenus**

Simulation numérique des procédés de fabrication  
Principe des méthodes d'usinage  
Avantages et inconvénients des différentes stratégies d'usinage  
Notions de code ISO  
Approche de l'usinage 5 axes

**Répartition horaire**

Enseignement :	12	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Enseignement labo :	12	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	64	heures	
Total :	88	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

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

**Références & Bibliographie**

- Polycopié du cours

**Responsable de l'enseignement**

Jean-Jacques Collange ([jean-jacques.collange@hesge.ch](mailto:jean-jacques.collange@hesge.ch))

**Unité de cours : GM\_418 – Outils de production (OPR)****Objectifs**

Apporter aux étudiants des méthodes et des outils pour leur permettre de comprendre les outils utilisés dans le domaine de la production.

**Contenus**

- Concept de posages dans les usinages
- Bases d'industrie 4.0
- Jumeaux numériques

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="12"/>	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="32"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="44"/>	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

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

**Références & Bibliographie**

- Polycopié du professeur.

**Responsable de l'enseignement**

Baptiste Guérin ([baptiste.guerin@hesge.ch](mailto:baptiste.guerin@hesge.ch))

## Descriptif de module : GM\_42 Option Fabrication et production / Manufacturing

Filière : Génie Mécanique, 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: GM\_42 Option Fabrication et production /Manufacturing (9 ECTS) 2024-2025

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 et S6 | Responsable du module : **Michel Lauria**

2. Objectifs d'apprentissage

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

- Connaître les cas d'application des procédés de fabrication par usinages conventionnels et non conventionnels.
- D'élaborer ou analyser et optimiser des processus de fabrication.
- 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...).
- De comprendre les implications induites par une telle automatisation sur la conception, la fabrication et l'assemblage d'un produit.
- D'analyser et de prévenir les défaillances et assurer la maintenance essentiellement préventive d'un système.

Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne	Sem. Printemps
Fabrication avancée (TFMA) – GM_421	Obligatoire	16p.*	
TP & Projet	Obligatoire	32p.*	
Robotique 1 (ROB1) – GM_422	Obligatoire	32p.*	
TP & Projet			
Robotique 2 (ROB2) – GM_423			
TP & Projet	Obligatoire	32p.*	

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

Répartition horaire : Enseignement : 84 Heures

Travail autonome : 130 heures

Total : 214 heures équivalent à 9 ECTS



### 3. 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:

GM\_421 – TFMA = 40 %

GM\_422 – ROB1 = 30 %

GM\_423 – ROB2 = 30 %

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).

### 4. Prérequis

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

Détail des pré-requis : avoir validé GM\_21 – Conception Mécanique 2  
avoir suivi GM\_22 – Production

**Unité de cours : GM\_421 – Fabrication avancée (TFMA)****Objectifs d'apprentissage**

- Décrire les procédés de fabrication par usinages conventionnels et non conventionnels.
  - Expliquer leur complémentarité et capacités relative aux usinage des différentes formes et matières
  - Choisir le(s) procédé(s) adéquat(s) pour la fabrication de pièces (selon la forme de la pièce, la matière et le nombre de pièces à fabriquer)
  - Interpréter des défauts d'usinage / usure des outils et proposer des solutions
  - Expliquer les processus physiques de ces procédés
- Choisir l'organisation de fabrication selon nombre de pièces / variantes à usiner (atelier, cellule ou chaîne) en prendre compte des coûts de fabrication, durée de vie des outils et du temps de fabrication
- D'élaborer et optimiser une chaîne de fabrication.

**Contenus**

Introduction aux procédés de fabrication par usinages non conventionnels :

- Usinage par électroérosion fil & forme.
- Usinage chimique.
- Usinage par jet d'eau.
- Usinages LASER.
- Introduction au reverse-engineering.
- Additive Manufacturing.
- Elaboration de gamme d'usinage et notion de Workflow et Dataflow.
- Organisation production.
- Introduction à Industrie 4.0

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="36"/>	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="56"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="92"/>	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**

- Polycopié distribué par le professeur.
- J.P Cordebois et coll.: «Fabrication par Usinage», Industrie et Technologies, Dunod, Paris.
- Articles scientifique & documents techniques distribué en cours.

**Responsable de l'enseignement**

M. Laurent Guyout ([laurent.guyout@hesge.ch](mailto:laurent.guyout@hesge.ch))

**Unité de cours : GM\_422 – Robotique 1 (ROB1)****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**

- 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.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="37"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="61"/>	heures	de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

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

**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.

**Responsable de l'enseignement**

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

**Unité de cours : GM\_423 – Robotique 2 (ROB2)****Objectifs**

Sensibiliser le futur ingénieur aux techniques de productions 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**

- 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 :  heures (32 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  heures

Total :  heures de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

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

**Références & Bibliographie**

- « 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 ».

**Responsable de l'enseignement**

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

GM\_431 – PIM1 25 %  
GM\_432 – PIM2 75 %

**Ce module est non remédiable.**

#### 5. Prérequis

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

Détail des pré-requis :

Avoir suivi : GM\_22 – Production  
Avoir suivi : GM\_23 – Analyse de structure  
Avoir validé : GM\_28 – Projet

**Unité de cours : GM\_431 – Eco-ingénierie et matériaux 1 (PMI1)****Objectifs d'apprentissage**

- Il s'agit de mettre l'étudiant dans une situation proche de celle du travail industriel lui permettant de :
- Appliquer les connaissances acquises dans les autres modules pour la résolution d'un problème d'ingénierie concret, dans des conditions qui se rapprochent de la réalité industrielle ;
  - Appliquer une méthode de travail de manière autonome ;
  - Rassembler et utiliser sur un même sujet ce qu'il a appris et rechercher ce qui lui manque encore ;
  - Conduire un projet, issu des besoins formulés par l'industrie, qu'il a lui-même choisi, voire proposé ;
  - Etablir des contacts avec le monde industriel.

**Contenus**

- L'étudiant choisit de développer son projet dans une des disciplines suivantes :
- Etude du cycle de vie d'un produit mécatronique ;
  - ECO-Conception et CAO : Etude complète d'un projet avec simulation complexe, approfondissement des méthodes, mise en œuvre avancée des outils de CAO et d'éléments finis, ouverture vers la FAO et les tests de prototypes ;
  - Procédés de fabrications non conventionnels (EDM et micro-usinage LASER en particulier) ;
  - Métrologie et Reverse Engineering ;
  - Robotique, automatisation de procédés d'assemblage, manipulation d'objets dans l'espace et autres applications avec des robots industriels ;
  - Matériaux : Expertise de matériaux métalliques, polymères ou céramiques, mesure de propriétés particulières (fatigue, fissuration, relaxation, usure, etc.), maîtrise des moyens nécessaires, y compris leur développement.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	Suivi hebdomadaire par le professeur responsable
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**

Présentation orale devant un jury composé des professeurs de l'option

- Contenu à la fin du sem. automne = 12.5%
- Oral semestre automne = 12.5%

(Soit un total de 25% sur la note du module)

La note GM\_431 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.

**Références bibliographiques**

- Le professeur, qui suit le projet, a charge de définir la bibliographie qu'il considère adaptée au sujet traité.

**Responsable de l'enseignement**

Un professeur de l'option.

**Unité de cours : GM\_432 – Eco-ingénierie et matériaux 2 (PMI2)****Objectifs d'apprentissage**

- Identique et suite de GM\_431

**Contenus**

- Identique et suite de GM\_431

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	Suivi hebdomadaire par le professeur responsable
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**

- Contenu final au sem. printemps = 25%
- Rapport = 25%
- Oral semestre printemps = 25%

(soit un total de 75% sur la note du module)

Le rapport doit être réalisé sous la forme d'un article scientifique ou d'un rapport de conception.

La note GM\_432 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre.

**Références bibliographiques**

- Le professeur, qui suit le projet, a charge de définir la bibliographie qu'il considère adaptée au sujet traité.

**Responsable de l'enseignement**

Un professeur de l'option.



## Descriptif de module : GM\_51 Option Mécanique des fluides / Aérotechnique

Filière : Génie Mécanique, 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 : GM_51 Option Mécanique des fluides / Aérotechnique (7 ECTS)</b>	<b>2024-2025</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 et S6 | Responsable du module : **Patrick Haas**

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

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

- Prédire le comportement de machines aérotechniques et hydrauliques
- Calculer des réseaux de distribution (répartition des débits)
- Calculer des écoulements en régime incompressible et compressible
- Estimer le comportement d'un corps dans des écoulements
- Expliquer de nombreux phénomènes intervenants dans les écoulements rencontrés dans l'industrie

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

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne	Sem. Printemps
Machines aérotechniques et hydrauliques, réseaux (MAH) – GM_511	Obligatoire	16p.*	
TP & Projet	Obligatoire	16p.*	
Aérodynamique 1 (AED1) – GM_512	Obligatoire	32p.*	
TP & Projet	Obligatoire		
Aérodynamique 2 (AED2) – GM_513	Obligatoire		
TP & Projet	Obligatoire		16p.*
Mécanique des Ecoulements Compressibles (MEC) – GM_514	Obligatoire	16p.*	
TP & Projet	Obligatoire	16p.*	

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

**Répartition horaire :** Enseignement : 84 Heures (taux d'encadrement de 40%)

Travail autonome : 120 heures

Total : 204 heures équivalent à 7 ECTS



**Unité de cours : GM\_511 – Machines aérotechniques et hydrauliques (MAH)****Objectifs d'apprentissage**

Le cours présente aux étudiants les différents types de machines aérauliques et hydrauliques qui existent, ainsi que leur classification. Il présente des méthodes permettant de prédire le comportement de réseaux.

**Contenus**

- types de ventilateurs ;
- types de pompes ;
- types de turbines ,
- montage en série, en parallèle ;
- classification des machines hydrauliques.

Le niveau de taxonomie est celui de la compréhension, de l'application et de l'analyse.

**Travaux en laboratoire:**

Des travaux en laboratoire illustrent le cours avec des applications pratiques. Ils permettent également d'initier l'étudiant à la mesure des grandeurs physiques relatives à ces machines.

**Répartition horaire**

Enseignement :  heures (32 périodes de 45 minutes)

Travail autonome :  Heures

Total :  heures de travail pour ce cours

**Modalités d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

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

**Références bibliographiques**

- Mécanique des Fluides, Cengel & Cimbala
- Polycopié du cours
- Emilian Köller, Transport et stockage des fluides dans l'industrie, Dunod éditions
- A. Ribaux, Hydraulique appliquée

**Responsable de l'enseignement**

M. Gautier Falize ([gautier.falize@hesge.ch](mailto:gautier.falize@hesge.ch))

Unité de cours : GM_512 – Aérodynamique 1 (AED1) GM_513 – Aérodynamique 2 (AED2)
---

**Objectifs**

Le cours s'intéresse à l'aérodynamique en régime incompressible. Ce cours est une introduction à l'aérodynamique pour des mécaniciens. Les bases élémentaires de l'aérodynamique sont énoncées et appliquées sur différents corps. Les phénomènes physiques existant dans ce type d'écoulements sont présentés. Les équations qui les gouvernent sont établies et appliquées (équations de Navier-Stokes). Le cours présente les phénomènes intervenants dans des écoulements autour de corps.

Le niveau de taxonomie est celui de la compréhension, de l'application et de l'analyse.

**Contenus**

- Ecoulements autour des corps simples
- Séparation,
- Corps portants bidimensionnels (cylindre tournant, profils)
- Aile et effet tridimensionnels, tourbillons marginaux,
- Angle induit, traînée induite

**Travaux en laboratoire: Aérodynamique 2**

Des travaux en laboratoire illustrent le cours avec des applications pratiques. Ils permettent également d'initier l'étudiant à la mesure des grandeurs physiques relatives à ces écoulements. Système de visualisation d'écoulements.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="36"/>	heures	(32 + 16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="50"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="86"/>	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 GM\_512 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.

La note GM\_513 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre.

**Référence & Bibliographie**

- Polycopié du cours de P. Haas
- Mécanique des Fluides, Cengel & Cimbala
- Mécanique des Fluides, P. Chassaing, Cépaduès-Editions
- Incompressible Aerodynamics, Bryan Thwaites, Dover
- Dynamique des Fluides, Presses Polytechniques Romandes, Inge L. Rhyning
- Mécanique des Fluides, Sébastien Candel, Dunod

**Responsable de l'enseignement**

M. Patrick Haas ([patrick.haas@hesge.ch](mailto:patrick.haas@hesge.ch))

**Unité de cours : GM\_514 – Mécanique des Ecoulements Compressibles (MEC)****Objectifs**

Le cours s'intéresse à l'aérodynamique en régime compressible. Les bases élémentaires de l'aérodynamique compressible sont énoncées et appliquées sur des corps simples dans un premier temps, puis plus complexes. Il étend par la suite les connaissances de l'étudiant aux effets de la compressibilité du fluide. Les phénomènes physiques existant dans ce type d'écoulements sont présentés. Les équations qui les gouvernent sont établies et appliquées.

Le niveau de taxonomie est celui de la compréhension, de l'application et de l'analyse.

**Contenus**

- mécanique des écoulements compressible ;
- ondes de choc planes et obliques, détente de Prandtl-Mayer ;
- théorème d'Hugoniot ;
- régimes de fonctionnement d'une tuyère de Laval ;
- moyens d'essais et de mesure en régime compressible.

**Travaux en laboratoire:**

Des travaux en laboratoire illustrent le cours avec des applications pratiques. Ils permettent également d'initier l'étudiant à la mesure des grandeurs physiques relatives à ces écoulements. Essais en soufflerie supersonique, système de visualisation d'écoulements.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="38"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="62"/>	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

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

**Références & Bibliographie**

- Polycopié du cours de F. Noca
- Mécanique des Fluides, Cengel & Cimbala
- Elements of Gas Dynamics, Liepmann & Roshko
- The Dynamics and Thermodynamics of Compressible Fluid Flow, Shapiro
- Compressible Fluid Dynamics, Phil Thompson

**Responsable de l'enseignement**

M. Roberto Putzu ([roberto.putzu@hesge.ch](mailto:roberto.putzu@hesge.ch))

## Descriptif de module : GM\_52 Option Mécanique des fluides / Outils de mesure et simulation

**Filière : Génie Mécanique, 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 : GM\_52 Option Outils de mesure et simulation (8 ECTS) 2024-2025**

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 et S6 | Responsable du module : **Patrick Haas**

**2. Objectifs d'apprentissage**

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

- simuler des écoulements avec et sans transferts thermiques
- choisir et utiliser correctement des instruments de mesure, des moyens d'essais en mécanique des fluides et en thermique
- utiliser des logiciels de simulation indispensables à l'ingénieur énergétique

**3. Unités de cours**

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne	Sem. Printemps
Simulation des écoulements (CFD) – GM_521	Obligatoire	32p.*	
TP & Projet	Obligatoire	16p.*	
Techniques de mesures avancées et moyens d'essais (TMA1) – GM_522	Obligatoire	16p.*	
TP & Projet			
Techniques de mesures avancées et moyens d'essais (TMA2) – GM_523	Obligatoire		32p.*
TP & Projet			
Outils de programmation pour la mesure et la simulation (OPS) – GM_524 – TP & Projet	Obligatoire	32p.*	

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

**Répartition horaire :** Enseignement : 96 Heures (taux d'encadrement de 53%)

Travail autonome : 110 heures

Total : 206 heures équivalent à 8 ECTS

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

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

GM_521 – CFD	=	40%
GM_522 – TMA1	=	15%
GM_523 – TMA2	=	15%
GM_524 – OPS	=	30%

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   GM\_24 - Mécanique des fluides  
                                  Avoir suivi   GM\_25 - Techniques énergétiques

**Unité de cours : GM\_521 – Simulation des écoulements (CFD)****Objectifs d'apprentissage**

Le cours présente une introduction aux outils de simulation en mécanique des fluides. Après un exposé des méthodes utilisées, il présente les outils à disposition des ingénieurs pour simuler des écoulements avec et sans transferts thermiques. Des travaux pratiques sur le logiciel Fluent sont réalisés.

**Contenus**

- équations de la dynamique des fluides ;
- maillages pour la simulation des écoulements ;
- traitement des couches limites, fonctions de taille ;
- choix des modèles de calcul ;
- conditions aux limites et initiales ;
- modèles de turbulence ;
- applications à l'aide du logiciel Fluent.

Le niveau de taxonomie est celui de la compréhension, de l'application et de l'analyse.

**Laboratoire de simulation :**

Des travaux pratiques réalisés dans un laboratoire de mécanique des fluides permettent à l'étudiant de mettre en œuvre les éléments du cours sur des exemples simples. Une application est traitée par la simulation, puis de manière expérimentale. Les résultats sont comparés et les avantages et difficultés des différentes méthodes mis en évidence.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="36"/>	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="26"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="62"/>	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**

- Polycopié du cours de P. Haas
- Manuel ANSYS
- Mécanique des Fluides, Cengel & Cimbala

**Responsable de l'enseignement**

M. Patrick Haas ([patrick.haas@hesge.ch](mailto:patrick.haas@hesge.ch))



Unité de cours : GM\_522 – Techniques de mesures avancées et moyens d'essais (TMA1)  
GM\_523 – Techniques de mesures avancées et moyens d'essais (TMA2)

### Objectifs

Les objectifs du cours sont la connaissance des méthodes avancées de mesure utilisées par l'ingénieur en aéro/hydro-dynamique. Il présente non seulement des instruments de mesure, mais également des moyens d'essais en mécanique des fluides.

### Contenus

- moyens d'essais en mécanique des fluides ;
- techniques de mesures.

Le niveau de taxonomie est celui de la compréhension, de l'application et de l'analyse.

### Répartition horaire

Enseignement :	36	heures	(16 + 32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	54	heures	
Total :	90	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

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

### Modalités d'évaluation

- Contrôle continu : 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 GM\_522 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.

La note GM\_523 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre.

### Référence & Bibliographie

- Mécanique des Fluides, Cengel & Cimbala

### Responsable de l'enseignement

M. Patrick Haas ([patrick.haas@hesge.ch](mailto:patrick.haas@hesge.ch))

**Unité de cours : GM\_524 – Outil de programmation pour la mesure et la simulation  
(labview, scilab, etc.) (OPS)****Objectifs**

Les objectifs du cours sont la connaissance de plusieurs logiciels indispensables à l'ingénieur énergétique. Il s'agit d'outils pour la mesure, le calcul et le traitement de données. Le cours est orienté vers l'application.

**Contenus**

Le contenu du cours est le suivant :

- langage Labview ;
- langage Matlab ;
- Application à la mesure et à la simulation.

**Travaux en laboratoire:**

Le cours comprend des travaux de laboratoire pendant lesquels l'étudiant utilise les langages proposés à la mesure de grandeurs physiques et à leur analyse.

**Répartition horaire**

Enseignement :	24	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	30	heures	
Total :	54	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 & Bibliographie**

- Manuels des logiciels utilisés

**Responsable de l'enseignement**

M. Pietro Pontelandolfo ([piero.pontelandolfo@hesge.ch](mailto:piero.pontelandolfo@hesge.ch))

## Descriptif de module : GM\_53 Option Mécanique des fluides / Machines thermiques

Filière : Génie Mécanique, 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 : GM\_53 Machines thermiques (7 ECTS)

2024-2025

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 et S6 | Responsable du module : **Patrick Haas**

### 2. Objectifs d'apprentissage

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

- dimensionner une pièce simple pour éviter sa rupture en fluage aux températures les plus élevées mais également sa rupture brutale en fatigue
- dimensionner et évaluer les performances des machines thermiques
- évaluer les performances énergétiques et environnementales d'un processus de combustion.

### 3. Unités de cours

Unité de cours (UC)	Caractère	Sem. Automne	Sem. Printemps
Machines frigorifiques, Moteurs thermiques (MFT) – GM_531	Obligatoire		32p.*
TP & Projet	Obligatoire		16p.*
Combustion et moyens de production de chaleur (CMB) – GM_532	Obligatoire		16p.*
TP & Projet	Obligatoire		16p.*
Analyse De Données (ADD) – GM_533	Obligatoire	16p.*	
TP & Projet		16p.*	

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

Répartition horaire : Enseignement : 84 Heures

Travail autonome : 124 heures

Total : 208 heures équivalent à 7 ECTS

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

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

GM\_531 – MFT = 40%  
 GM\_532 – CMB = 30%  
 GM\_533 – ADD = 30%

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    GM\_24 – Mécanique des fluides  
   GM\_25 – Techniques Energétiques

**Unité de cours : GM\_531 – Machines thermiques, Moteurs frigorifiques (MFT)****Objectifs d'apprentissage**

L'objectif du cours est d'apprendre à appliquer les principes étudiés dans les cours d'énergétique de base aux machines thermiques à cycle direct et inverse.

L'étudiant apprendra les règles de dimensionnement des machines thermiques, ainsi que leurs principes de fonctionnement. Le cours s'intéresse en détail aux machines frigorifiques et aux pompes à chaleur, ainsi qu'aux cycles utilisés pour la production d'énergie et aux cycles des moteurs thermiques. De plus, le cours donne un aperçu sur le fonctionnement des moteurs utilisés dans l'aéronautique. Les cycles thermodynamiques de ces machines sont présentés. Des exemples de dimensionnement sont traités. Le cours s'intéresse également aux impacts environnementaux et aux normes en vigueur relatives à la production et à l'usage de ces machines, notamment à celle des fluides réfrigérants (impacts sur l'ozone, effet de serre, etc.). En ce qui concerne les moteurs, les cycles thermodynamiques connus sont présentés et analysés (Beau-de-Rochas, Diesel, Stirling, etc.).

A la fin du cours, l'étudiant sera à même de dimensionner et de concevoir une machine thermique. Le niveau de taxonomie est celui de la compréhension, de l'application et de l'analyse.

**Contenus**

- Cycles directs et inverses : application des principes de la thermodynamique
- Machines frigorifiques
- Réfrigérants et normes environnementales ;
- Cycles thermiques utilisés pour la production d'énergie ;
- Cycles thermodynamiques des moteurs (Beau-de-Rochas, Diesel, Stirling) ;
- Application des principes de l'énergétique aux moteurs aéronautiques
- Mesure de diverses grandeurs physiques.

*Travaux en laboratoire:*

Des travaux en laboratoire illustrent le cours avec des applications pratiques. Ils permettent également d'initier l'étudiant à la mesure des grandeurs physiques relatives à ces machines.

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="36"/>	heures	(48 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="50"/>	Heures	
Total :	<input type="text" value="86"/>	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**

- Polycopié de cours
- Le Recknagel, manuel pratique du génie climatique
- Yunus A. Cengel, Thermodynamique, une approche pragmatique.

**Responsable de l'enseignement**

M. Patrick Haas ([patrick.haas@hesge.ch](mailto:patrick.haas@hesge.ch))

**Unité de cours : GM\_532 – Combustion et moyens de production de chaleur (CMB)****Objectifs**

Le cours vise à familiariser l'étudiant-e avec l'analyse de données appliquées à la mécanique des fluides. A la fin du module, l'étudiant-e sera capable de :

- Réaliser l'acquisition de mesures aéro/hydrodynamiques
- Maîtriser l'écriture en Python afin d'analyser les données collectées
- Calculer les métriques statistiques couramment utilisées en mécanique des fluides
- Présenter les résultats de manière scientifique

**Contenus**

- Révision du langage Python
- Acquisition et analyses de données
- Introduction à LaTeX
- Introduction au machine learning

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	(32 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	<input type="text" value="38"/>	heures	
Total :	<input type="text" value="62"/>	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**

- Cours (Slides & Démonstrations)
- Cours Python, Polycopié du cours de 1ère année de Valérie Duay
- Cours TMA, Flavio Noca

**Responsable de l'enseignement**

A définir

**Unité de cours : GM\_533 – Analyse de données (ADD)****Objectifs**

Analyser des circuits électriques de commande complexes.  
Analyser des éléments de capture de signaux électriques analogiques et digitaux.

**Contenus**

Mots clés : Capteur, mesure, modulation

Etude et analyse de la commande par modulation d'un montage à base de hacheur de tension.  
Etude de montage électronique pour l'acquisition de signaux par des capteurs de mesures.

**Répartition horaire**

Enseignement :	12	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Enseignement labo :	12	heures	(16 périodes de 45 minutes)
Travail autonome :	36	heures	
Total :	60	heures	de travail pour ce cours

**Forme d'enseignement**

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

**Modalités d'évaluation**

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

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

**Références & Bibliographie**

- Polycopié d'électrotechnique
- Electrotechnique Théodore Wildi, DeBoeck Université, ISBN : 2804131718

**Responsable de l'enseignement**

Mme Marilou Jourdain de Thieulloy ([marilou.jourdain-de-thieulloy@hesge.ch](mailto:marilou.jourdain-de-thieulloy@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 :

GM\_541 – PRE1 25 %

GM\_542 – PRE2 75 %

**Ce module est non remédiable.**

#### 5. Prérequis

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

Détail des pré-requis :  
Avoir suivi : GM\_24 - Mécanique des fluides  
Avoir suivi : GM\_25 - Techniques énergétiques  
Avoir validé : GM\_28 - Projet

## Unité de cours : GM\_541 – Projet énergétique (PRE1)

### Objectifs d'apprentissage

Mettre l'étudiant dans une situation proche de celle du travail industriel lui permettant de :

- appliquer les connaissances acquises dans les autres modules pour la résolution d'un problème d'ingénierie concret, dans des conditions qui se rapprochent de la réalité industrielle ;
- appliquer une méthode de travail de manière autonome ;
- rassembler et utiliser sur un même sujet ce qu'il a appris et rechercher ce qui lui manque encore ;
- conduire un projet, issu des besoins formulés par l'industrie, qu'il a lui-même choisi, voire proposé ;
- établir des contacts avec le monde industriel, dans la mesure du possible.

### Contenus

L'étudiant choisit de développer son projet dans une des disciplines suivantes :

- En mécanique des fluides : Détermination des caractéristiques aérodynamiques, du comportement ou des propriétés d'écoulements autour de mobiles ou d'obstacles divers. Développement de méthodes de mesure dans les écoulements. Etude de la dispersion de polluants, etc..
- En thermodynamique : Etude et réalisation de cycles thermodynamiques à basse température pour pompes et moteurs, recherche de solutions et de composants pour ces réalisations, conception des montages d'essais et des pièces adéquates, réalisation de systèmes énergétiques, récupération et recyclage d'énergie.
- Concernant les énergies renouvelables : étude et caractérisation de microturbines hydrauliques, étude de la combustion du bois, étude et essais de digestion anaérobie des déchets, production d'hydrogène par électrolyse etc.

### Répartition horaire

Enseignement :	24	heures	Suivi hebdomadaire par le professeur responsable
Travail autonome :	36	Heures	
Total :	60	heures	de travail pour ce cours

### Modalités d'enseignement

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

### Modalités d'évaluation

Présentation orale

- Présentation orale = 12.5%
- Travail fourni = 12.5%

(Soit un total de 25% sur la note du module)

La note GM\_541 est acquise à la fin du 1<sup>er</sup> semestre.

### Références bibliographiques

- Le professeur, qui suit le projet, a charge de définir la bibliographie qu'il considère adaptée au sujet traité.

### Responsable de l'enseignement

Un professeur de l'option.

**Unité de cours : GM\_542 – Projet énergétique 2 (PRE2)****Objectifs d'apprentissage**

- Identique et suite de GM\_541

**Contenus**

- Identique et suite de GM\_541

**Répartition horaire**

Enseignement :	<input type="text" value="24"/>	heures	Suivi hebdomadaire par le professeur responsable
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**

L'évaluation se fera sur une présentation orale, la rédaction d'un mémoire et sur le travail pratique fourni par l'étudiant.

- Présentation orale = 25%
- Mémoire = 25%
- Travail pratique = 25%

(soit un total de 75% sur la note du module)

La note GM\_542 est acquise à la fin du 2<sup>ème</sup> semestre.

**Références bibliographiques**

- Le professeur, qui suit le projet, a charge de définir la bibliographie qu'il considère adaptée au sujet traité.

**Responsable de l'enseignement**

Un professeur de l'option.