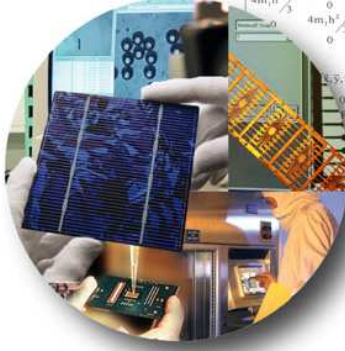


# PROGRAMME DE FORMATION

## 3<sup>ème</sup> ANNEE



de S<sub>1</sub> au point O dans la base (x̄,ȳ,ż) est :

$$I_{S_1} = \begin{pmatrix} 4m, h^3/3 & 0 & 0 \\ 0 & 4m, h^3/3 & 0 \\ 0 & 0 & 2m, R^2/5 \end{pmatrix}$$

en G<sub>2</sub> dans la base (x̄,ȳ,ż) est :

$$I_{G_2} = \begin{pmatrix} 2m, R^2/5 & 0 & 0 \\ 0 & 2m, R^2/5 & 0 \\ 0 & 0 & 2m, R^2/5 \end{pmatrix}$$

On note (E<sub>1</sub>) l'équation différentielle  $y''(t) + 4y'(t) + 5y(t) = \cos t$ , et (E<sub>2</sub>) l'équation différentielle  $y''(t) + 4y'(t) + 5y(t) = e^{-2t} \sin t$ . L'équation homogène associée :  $y''(t) + 4y'(t) + 5y(t) = 0$  est notée (H).

$[B(x,t)]^T = \frac{[E(x,t)]^T}{v^2} = \mu_0 \epsilon_0 [E(x,t)]^T$

$$\begin{cases} u(x,t) = \frac{1}{2} \epsilon_0 [E(x,t)]^T + \frac{1}{2} \mu_0 \epsilon_0 [B(x,t)]^T \\ = \frac{1}{2} \epsilon_0 [E(x,t)]^T + \frac{1}{2} \epsilon_0 [B(x,t)]^T = \epsilon_0 [E(x,t)]^T \\ [E(x,t)]^T = v^2 [B(x,t)]^T = \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0 \epsilon_0} \\ \Rightarrow \begin{cases} u(x,t) = \frac{1}{2} \epsilon_0 [B(x,t)]^T + \frac{1}{2} \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} \\ = \frac{1}{2} [B(x,t)]^T + \frac{1}{2} \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} = \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} \end{cases} \end{cases}$$

(A)  $\int_0^1 g(t) dt$  est une intégrale divergente

(B)  $\int_0^1 g(t) dt = 0$

(C)  $\int_0^2 g(t) dt = 4 \int_0^{\pi/3} \sin u du$

(D)  $\int_0^2 g(t) dt = 4 - 2\sqrt{3}$

(E)  $\int_0^1 g(t) dt$

La sortie RCO n'évolue pas de façon synchrone mais est liée de manière directe aux entrées ENT. (0,1) est à Q<sub>0</sub>, Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub> par l'expression combinatoire suivante : RCO = ENT [(1)B]<sub>0</sub>, Q<sub>0</sub>, Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub>, (0)B]<sub>0</sub>, Q<sub>0</sub>, Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub>.

On considère les quatre compteurs suivants. On suppose que pour chacun des compteurs on part de l'état initial Q<sub>0</sub>Q<sub>1</sub>Q<sub>2</sub>Q<sub>3</sub> = 0010.

(A) La famille  $(i, j - k, j + k)$  est liée.

(B) La matrice de t dans la base  $(i, j - k, j + k)$  est  $\begin{pmatrix} 1 & 4 & 0 \\ 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

(C) La matrice de t dans la base  $(i, j - k, -j - k)$  est  $\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

(D) Pour tout entier naturel non nul n,  $A^n = I + nB + \frac{n(n-1)}{2} B^2$

(E)  $A^n = \begin{pmatrix} 1 & -200 & -200 \\ 0 & -9 & -10 \\ 0 & 10 & 11 \end{pmatrix}$

On se propose de trouver quelques propriétés de la courbe C dont la représentation dans un repère du plan est :

$$\begin{cases} x(t) = \frac{1+t^2}{1-t^2} \\ y(t) = \frac{1-t^2}{1+t^2} \end{cases} \text{ avec } t \in ]-1; 1[$$

On considère trois points du plan A, B, S non alignés. On suppose que A est d'affixe -1, B d'affixe +1, et l'on note  $s = u + iv$  l'affixe de S.

Ainsi  $v \neq 0$ . On note C le cercle circonscrit au triangle (A, B, S), et H le centre et  $\omega$  l'affixe de  $\Omega$ .

F est le point où la droite orthogonale à (AB) issue de S recoupe C, et H le symétrique de F par rapport à la droite (AB).

L'intégrale  $\int_0^{+\infty} f(t) dt$  est convergente

$$\int_0^1 f(t) dt = \int_0^1 \frac{x^4}{x^4 - 16} dx$$

$$\int_0^1 \frac{x^4}{x^4 - 16} = 1 + \frac{2}{x^2 - 4} - \frac{2}{x^2 + 4}$$

$$\int_0^1 \frac{x^4}{x^4 - 16} = 1 + \frac{1}{2(x+2)} + \frac{1}{2(x-2)} - \frac{1}{x^2 + 4}$$

$$\int_0^1 f(t) dt = 2 - \ln 3 - 2 \operatorname{Arctan} \frac{1}{2}$$

# Options



## Intitulés des Options

Code	Intitulé	Responsable
<i>ETE</i>	<b>Energie, Transports et Environnement</b>	G. Cabodevila
<i>INNOV</i>	<b>Ingénierie de l'Innovation</b>	N. Bodin
<i>MAT</i>	<b>Matériaux et Surfaces</b>	J. Takadoum
<i>MCT</i>	<b>Mécatronique</b>	N. Piat
<i>MENV</i>	<b>Mécanique, Ingénierie, Environnement</b>	J.C. Gelin
<i>MMP</i>	<b>Mécanique, Matériaux, Procédés</b>	N. Boudeau
<i>MSE</i>	<b>Microtechniques et Systèmes Embarqués</b>	E. Bigler
<i>PROD</i>	<b>Ingénierie des Systèmes de Production</b>	C. Varnier
<i>SANTE</i>	<b>Microsystèmes et Santé</b>	P. Vairac

2/78

## Architecture des options

Module	Intitulé	Caractéristiques	Volume horaire	Nombre ECTS
<i>M1</i>	<b>Economie – Gestion – Communication</b>	<b>Obligatoire et commun à toutes les options</b>	56	3
<i>M2</i>	<b>Anglais – LV2</b>		56	3
<i>M3</i>	<b>Projet</b>	<b>En rapport avec l'option choisie</b>	56	4
<i>M4</i>	<b>Module transverse (MT)</b>	<b>Choix de l'élève parmi 9 cours de la liste 1</b>	56	4
<i>M5</i>	<b>Module transverse (MT)</b>	<b>Choix de l'élève parmi 9 cours de la liste 2</b>	56	4
<i>M6</i>	<b>Module spécifique (MS)</b>	<b>Groupe de 3 cours propres à chaque option</b>	56	4
<i>M7</i>	<b>Module spécifique (MS)</b>		56	4
<i>M8</i>	<b>Module spécifique (MS)</b>		56	4
<b>Total :</b>			<b>448 h</b>	<b>30 ECTS</b>

## Modules transverses (M4)

### Liste 1 (9 cours)

<b>Code</b>	<b>Intitulé</b>	<b>Responsable</b>	<b>C/C onf</b>	<b>TD</b>	<b>TP</b>	<b>T</b>
ACI4	Amélioration continue industrielle	C. Dielemans	52	0	4	56
ACOUS4	Acoustique/Vibroacoustique <b>1 partiel + évaluation TP</b>	M. Ouisse	27	5	24	56
CAO4	Capteurs, actionneurs et CAO <b>4 partiels</b>	E. Bigler	56	0	0	56
C3M4	Conception Mécanique, Microsystèmes, Microfabrication	N. Boudeau	56	0	0	56
INST4	Instrumentation pour les transports	P. Vairac	56	0	0	56
MEMI4	Mécanique expérimentale, mesure, instrumentation	N. Boudeau	56	0	0	56
PS4	Physique des surfaces	M. Devel	52	0	4	56
ROBOT4	Robotique et Vision	N. Piat	34	0	24	56
SIW4	Systèmes d'informations et application Web	C. Varnier	18	6	32	56

3/78

## Modules transverses (M5)

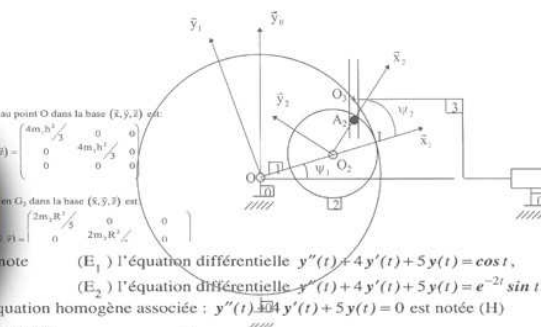
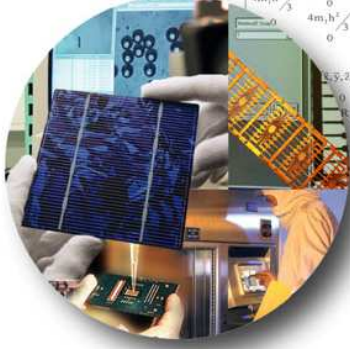
### Liste 2 (8 cours)

<b>Code</b>	<b>Intitulé</b>	<b>Responsable</b>	<b>C/C onf</b>	<b>TD</b>	<b>TP</b>	<b>T</b>
BIO5	Biomécanique, biomatériaux et matériaux issus de la biomasse	G. Monteil	38	10	8	56
CSEF5	Calculs et simulation par éléments finis	R. Laydi	38	18	0	56
EEER5	Efficacité Energétique & Energies Renouvelables	B. Cavallier N. Ratier	36	20	0	56
FAB5	Procédés de fabrication avancés	M. Fontaine	38	10	8	56
FTM5	Fabrication et Technologies des Microsystèmes <b>Partiel sur les conférences</b>	E. Bigler	56	0	0	56
MAENV5	Matériaux et Environnement	D. Teyssieux P. Stempflié	56	0	0	56
MOD5	Méthodes d'Optimisation et de Décision	G. Laurent	36	10	10	56
PLM5	Approche PLM et Ingénierie des Procédés	N. Bodin	4	52	0	56

## Modules spécifiques (M6 - M7 - M8)

Code		C	TD	TP	Conf	Heures	
ETE	<b>Energie, Transports et Environnement</b>		<b>72</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>24</b>	<b>168</b>
	ETE6	Systèmes énergétiques et machines	24	12	12	8	56
	ETE7	Transports et systèmes de propulsion	24	12	12	8	56
	ETE8	Commande et contrôle des systèmes énergétiques et de propulsion	24	12	12	8	56
INNOV	<b>Ingénierie de l'Innovation</b>		<b>168</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>168</b>
	INNOV6	Marketing et création de valeur	56	0	0	0	56
	INNOV7	Management et mise en œuvre de l'innovation	56	0	0	0	56
	INNOV8	Intelligence économique	56	0	0	0	56
MAT	<b>Matériaux et Surfaces</b>		<b>124</b>	<b>0</b>	<b>44</b>	<b>0</b>	<b>168</b>
	MAT6	Mécanique et physicochimie des surfaces	36	0	20	0	56
	MAT7	Corrosion, traitement et fonctionnalisation de surfaces	36	0	20	0	56
	MAT8	Les nouveaux matériaux	52	0	4	0	56
MCT	<b>Mécatronique</b>		<b>98</b>	<b>46</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>168</b>
	MCT6	Ingénierie mécatronique	28	8	12	8	56
	MCT7	Automatique avancée et traitement du signal	34	18	4	0	56
	MCT8	Systèmes mécatroniques et micromécatronique	36	20	0	0	56
MENV	<b>Mécanique, Ingénierie, Environnement</b>		<b>84</b>	<b>16</b>	<b>40</b>	<b>28</b>	<b>168</b>
	MENV6	Ingénierie de conception et écoconception	28	0	16	12	56
	MENV7	Modélisation et simulation en mécanique	28	8	12	8	56
	MENV8	Couplages calculs-essais en dynamique des structures et procédés de fabrication	28	8	12	8	56
MMP	<b>Mécanique, Matériaux, Procédés</b>		<b>102</b>	<b>30</b>	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>168</b>
	MMP6	Matériaux pour l'industrie : élaboration, propriétés, applications	46	0	0	10	56
	MMP7	Procédés industriels : technologies, applications, dimensionnement	36	0	16	4	56
	MMP8	Maquette numérique : conception, modélisation, optimisation	20	30	0	6	56
MSE	<b>Microtechniques et Systèmes Embarqués</b>		<b>108</b>	<b>0</b>	<b>42</b>	<b>0</b>	<b>168</b>
	MSE6	Microtechnologies <b>Examen + Compte-rendu TP</b>	34	0	24	0	56
	MSE7	Microsystèmes et interfaces <b>Examen + Compte-rendu TP</b>	38	0	18	0	56
	MSE8	Navigation et positionnement <b>Moyenne de 4 partiels</b>	56	0	0	0	56
PROD	<b>Ingénierie des systèmes de production</b>		<b>98</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>6</b>	<b>168</b>
	PROD6	Organisation des systèmes de production	22	8	20	6	56
	PROD7	Pilotage des systèmes industriels	26	18	12	0	56
	PROD8	Ingénierie de la maintenance	50	6	0	0	56
SANTE	<b>Microsystèmes et Santé</b>		<b>104</b>	<b>0</b>	<b>28</b>	<b>24</b>	<b>168</b>
	SANTE6	Microsystèmes	36	0	16	4	56
	SANTE7	Instrumentation biomédicale	36	0	12	8	56
	SANTE8	Biotechnologies	32	0	0	12	56

4/78



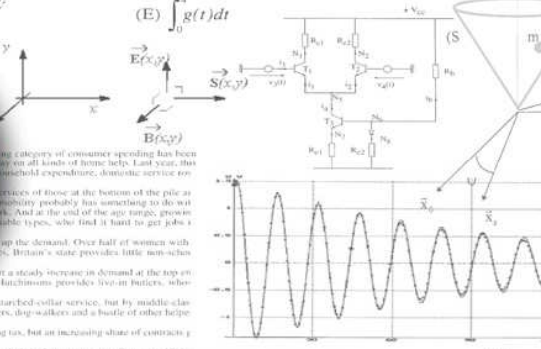
de S, au point O dans la base  $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$  est :

$$S = \begin{pmatrix} 4m, h^2/\sqrt{3} & 0 & 0 \\ 0 & 4m, h^2/\sqrt{3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

en  $O_1$ , dans la base  $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$  est :

$$S = \begin{pmatrix} 2m, R^2/\sqrt{3} & 0 & 0 \\ 0 & 2m, R^2/\sqrt{3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

On note (E<sub>1</sub>) l'équation différentielle  $y''(t) + 4y'(t) + 5y(t) = \cos t$ , et (E<sub>2</sub>) l'équation différentielle  $y''(t) + 4y'(t) + 5y(t) = e^{-2t} \sin t$ . L'équation homogène associée :  $y''(t) + 4y'(t) + 5y(t) = 0$  est notée (H).



(A)  $\int_0^1 g(t) dt$  est une intégrale divergente  
 (B)  $\int_0^1 g(t) dt = 0$   
 (C)  $\int_0^2 g(t) dt = 4 \int_0^{\pi/3} \sin u du$   
 (D)  $\int_0^2 g(t) dt = 4 - 2\sqrt{3}$   
 (E)  $\int_0^2 g(t) dt$

La sortie RCO n'évolue pas de façon synchrone mais est liée de manière directe aux entrées ENT, (0,1) et à Q<sub>0</sub>, Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub>, par l'expression combinatoire suivante : RCO = ENT [(0/1)Q<sub>0</sub>, Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub>, (0/1)Q<sub>0</sub>, Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub>].

On considère les quatre compteurs suivants. On suppose que pour chacun des compteurs on part de l'état initial Q<sub>0</sub>Q<sub>1</sub>Q<sub>2</sub>Q<sub>3</sub> = 0010.

(A) La famille  $(\vec{i}, \vec{j}, -\vec{k}, \vec{j} + \vec{k})$  est liée.  
 (B) La matrice de  $\vec{t}$  dans la base  $(\vec{i}, \vec{j}, -\vec{k}, \vec{j} + \vec{k})$  est  $\begin{pmatrix} 1 & 4 & 0 \\ 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$   
 (C) La matrice de  $\vec{t}$  dans la base  $(\vec{i}, \vec{j}, -\vec{k}, \vec{j} - \vec{k})$  est  $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$   
 (D) Pour tout entier naturel non nul n,  $A^n = I + nB + \frac{n(n-1)}{2}B^2$   
 (E)  $A^n = \begin{pmatrix} 1 & -200 & -200 \\ 0 & -9 & -10 \\ 0 & 10 & 11 \end{pmatrix}$

On se propose de trouver quelques propriétés de la courbe C dont la représentation dans un repère du plan est :  $\begin{cases} x(t) = \frac{1+p}{1-p} \\ y(t) = \frac{1-p}{1+p} \end{cases}$ , avec t réel.

On considère trois points du plan A, B, S non alignés. On suppose que A est d'affixe -1, B d'affixe +1, et l'on note  $s = u + iv$  l'affixe de S. Ainsi  $v \neq 0$ . On note C le cercle circonscrit au triangle (A, B, S), Ω son centre et ω l'affixe de Ω. F est le point où la droite orthogonale à (AB) issue de S recoupe C, et H le symétrique de F par rapport à la droite (AB).

La matrice d'inertie de S<sub>1</sub> au point O dans la base  $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$  est :

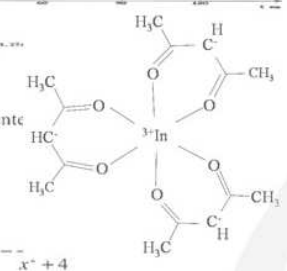
$$S_1 = \begin{pmatrix} 4m, h^2/\sqrt{3} & 0 & 0 \\ 0 & 4m, h^2/\sqrt{3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

L'intégrale  $\int_0^{+\infty} f(t) dt$  est convergente

$$\int_0^1 f(t) dt = \int_0^1 \frac{x^4}{x^4 - 16} dx$$

$$= \frac{1}{16} \left( \frac{x^4}{x^4 - 16} = 1 + \frac{2}{x^2 - 4} - \frac{2}{x^2 + 4} \right)$$

$$= 1 + \frac{1}{2(x+2)} + \frac{1}{2(x-2)} - \frac{1}{x^2 + 4}$$

$$\int_0^1 f(t) dt = 2 - \ln 3 - 2 \operatorname{Arctan} \frac{1}{2}$$


## Energie, Transports et Environnement



## ► ETE : Energie, Transports et Environnement (G. Cabodevila)

### Objectif :

L'option Energie et Transports vise à fournir aux futurs Ingénieurs les connaissances et ouvertures thématiques et méthodologiques, pour analyser, concevoir, modéliser, dimensionner et développer des solutions et systèmes énergétiques, en particulier utilisés dans les transports, mais aussi pour les systèmes nomades et les microsystèmes en prenant en compte les contraintes environnementales.

La formation aborde naturellement les éléments de base concernant la thermodynamique appliquée aux machines ou micromachines thermiques, thermomécaniques, fluidiques, hydrauliques, électriques, piezo-électriques, électromagnétiques...

La théorie des machines ainsi que le dimensionnement de celles-ci sont abordés, incluant notamment les aspects conception, dimensionnement, commande et contrôle et naturellement l'analyse des rendements et consommations énergétiques.

L'intégration des machines et systèmes de transformation d'énergie est abordée avec des applications à la motorisation hybride thermique-électrique ou encore aux systèmes à piles à combustibles.

Les contraintes environnementales associées à la génération de puissance sont analysées et les moyens de limiter les pollutions et respecter les contraintes environnementales sont présentés ; tant des points de vue scientifiques et technologiques que méthodologiques et économiques.

Les systèmes et méthodologies de stockage d'énergie sont également analysés, pour permettre le développement de solutions éco-respectueuses.

Les débouchés naturels et l'employabilité associés à cette option, venant compléter le tronc commun des formations ENSMM, concernent naturellement le secteur des transports automobiles et aéronautiques en particulier, mais aussi les systèmes et microsystèmes embarqués permettant la mobilité et le positionnement dans les secteurs de la santé et de l'environnement.

6/78

## Architecture de l'option

Module	Intitulé	Caractéristiques	Volume horaire	Nombre ECTS
M1	<b>Economie – Gestion – Communication</b>	<b>Obligatoire et commun à toutes les options</b>	56	3
M2	<b>Anglais – LV2</b>		56	3
M3	<b>Projet</b>	<b>En rapport avec l'option choisie</b>	56	4
M4	<b>Module transverse (MT)</b>	<b>Choix de l'élève parmi 9 cours de la liste 1</b>	56	4
M5	<b>Module transverse (MT)</b>	<b>Choix de l'élève parmi 9 cours de la liste 2</b>	56	4
M6	<b>Module spécifique (MS)</b>	<b>Groupe de 3 cours propres à chaque option</b>	56	4
M7	<b>Module spécifique (MS)</b>		56	4
M8	<b>Module spécifique (MS)</b>		56	4
<b>Total :</b>			<b>448 h</b>	<b>30 ECTS</b>

# Module SEHS - LV (M1 – M2)

## **Module M1 : Sciences Economiques Humaines et Sociales (56h)**

---

### **Economie**

**Comprendre l'économie : principes de micro-économie :** Le comportement du producteur : la fonction d'offre – la structure des coûts - Le comportement du consommateur : la fonction de demande - L'équilibre dans le système de marché - L'altération du modèle de concurrence parfaite - L'Etat et le calcul économique - La micro-économie appliquée : les choix d'investissement

**Comprendre la Société :** Les modèles d'équilibre : le modèle "classique" - le modèle "keynésien" - Régulation sociale et inégalités sociales - Risque industriel et risque pour la société - Gestion de l'environnement

**Comprendre le Monde :** La mondialisation - Le Système Monétaire International - Développement et commerce mondial

### **Gestion**

**Groupes de sociétés :** Regroupements d'entreprises – Holding et pouvoir de contrôle – Gouvernance d'entreprise – Les comptes de groupe - Etude de cas : le groupe Peugeot

**Les marchés financiers :** Marchés financiers et monétaires : la fixation du taux d'intérêt - Marché des actions : fixation d'un cours d'équilibre – principes de la bourse - Méthodes de couverture du risque financier : opérations à terme - options - Etude de cas : couverture du risque de change

**Coûts et indicateurs de performance :** L'optimum de production - La démarche des coûts-cibles - Le Surplus de Productivité Globale - Les Prix de Cession Interne - Etude de cas

### **Management des hommes et des équipes**

Cours n°1 (4h) : Processus et organisation de l'entreprise - Présentation des éléments d'histoire du management - Méthode d'analyse de la performance des organisations.

7/78

Cours n°2 (4h) : Processus et organisation de l'entreprise (suite) - Approche globale - Analyse systémique - Le schéma de l'action stratégique - Module : Management et communication.

Cours n°3 (4h) : Les outils de base - Bien se connaître pour identifier ses capacités à communiquer et ses modalités de relation - Connaître les 5 « pilotes » qui nous conditionnent. Se donner des solutions-permissions de changement pour améliorer sa propre communication. La communication: schéma de base pour développer une écoute de qualité. La déperdition de l'information – La subjectivité dans la relation. Comment mieux communiquer: la matrice de résolution de problèmes. - Module: Principes et outils du management

Cours n°4 (4h) : Pratique du management - Système de management - Le leadership - L'autorité sur le groupe. Management et influence. Management de situation - Les différents styles. Carte des partenaires. Stratégie des alliés.

TD par option

Cas PRP : Changements organisationnel et stratégique – Tableau de bord prospectif – dans une PME.

Séance n°1 : Séance préparatoire - Présentation du cas - Présentation du travail préparatoire - Travail demandé - Organisation des groupes.

Séance n°2 : Problématique générale.

Séance n°3 : Convergence entre stratégie et organisation.

Séance n°4 : Tableau de bord de pilotage – Proposition de solutions.

Le management de proximité (TD : 2h) (I. Rougeot) : Moyens - Devoirs - Droits – Règles - Management de recadrage.

Le management de proximité (TD : 2h) (V. Mollier) : Management et éthique.

## **Module M2 : Anglais – Langue vivante 2 (56h)**

---

### **Anglais**

Anglais commercial : CV - lettre de motivation - entretiens d'embauche - échanges professionnels (réunions en anglais, déplacements professionnels à l'étranger) - communiquer par téléphone, fax, mail, courrier – Logiciel Tell Me More e-learning avec tuteur.

### **Langue vivante 2**

Allemand – Chinois - Espagnol – Italien – Japonais.

Certification BULATS (Business Language Testing Service) en Allemand ou Espagnol.

## **Module projet (M3)**

### **Module M3 : Projet**

---

**Objectif** : Fournir aux futurs ingénieurs les moyens méthodologiques pour concevoir, analyser et développer des solutions et systèmes énergétiques, en particulier utilisés dans les transports, mais aussi dans les microsystèmes, en prenant en compte les contraintes environnementales.

Développement d'une analyse complète (incluant modélisation, dimensionnement, évaluation et mesure de performances) d'un système énergétique utilisé par la motorisation, la propulsion ou l'alimentation énergétique de systèmes ou microsystèmes, dans le domaine des transports en particulier, mais aussi dans le domaine des microsystèmes.

## **Modules transverses (M4 – M5)**

### **Module M4 : Module transverse à choisir parmi 9 cours (56h)**

---

8/78

#### **Liste 1 (9 cours)**

<b>Code</b>	<b>Intitulé</b>	<b>Responsable</b>	<b>C/C onf</b>	<b>TD</b>	<b>TP</b>	<b>T</b>
ACI4	Amélioration continue industrielle	C. Dielemans	52	0	4	56
ACOUS4	Acoustique/Vibroacoustique	M. Ouisse	27	5	24	56
CAO4	Capteurs, actionneurs et CAO	E. Bigler	56	0	0	56
C3M4	Conception Mécanique, Microsystèmes, Microfabrication	N. Boudeau	56	0	0	56
INST4	Instrumentation pour les transports	P. Vairac	56	0	0	56
MEMI4	Mécanique expérimentale, mesure, instrumentation	N. Boudeau	56	0	0	56
PS4	Physique des surfaces	M. Devel	52	0	4	56
ROBOT4	Robotique et Vision	N. Piat	34	0	24	56
SIW4	Systèmes d'informations et application Web	C. Varnier	18	6	32	56

### **Module M5 : Module transverse à choisir parmi 10 cours (56h)**

---

#### **Liste 2 (8 cours)**

<b>Code</b>	<b>Intitulé</b>	<b>Responsable</b>	<b>C/C onf</b>	<b>TD</b>	<b>TP</b>	<b>T</b>
BIO5	Biomécanique, biomatériaux et matériaux issus de la biomasse	G. Monteil	38	10	8	56



<i>CSEF5</i>	Calculs et simulation par éléments finis	R. Laydi	<b>38</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>56</b>
<i>EEER5</i>	Efficacité Energétique & Energies Renouvelables	B. Cavallier N. Ratier	<b>36</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>56</b>
<i>FAB5</i>	Procédés de fabrication avancés	M. Fontaine	<b>38</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>56</b>
<i>FTM5</i>	Fabrication et Technologies des Microsystèmes <b>Partiel sur les conférences</b>	E. Bigler	<b>56</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>56</b>
<i>MAENV5</i>	Matériaux et Environnement	D. Teyssieux P. Stempflé	<b>56</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>56</b>
<i>MOD5</i>	Méthodes d'Optimisation et de Décision	G. Laurent	<b>36</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>56</b>
<i>PLM5</i>	Approche PLM et Ingénierie des Procédés	N. Bodin	<b>4</b>	<b>52</b>	<b>0</b>	<b>56</b>

## Modules spécifiques (M6 – M7 – M8)

### **Module ET6 : Energie et Environnement**

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Energie et Environnement</b>	48	8	0	0	
<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>56</b>

**Objectifs :** Connaissance, analyse, modélisation et simulation dans le domaine de l'énergie. Impact environnemental des énergies.

#### **Programme**

Rappel de thermodynamique des systèmes et théorie des machines - Théorie des machines thermiques ou thermomécaniques - Stockage d'énergie et systèmes énergétiques - Stockage électrochimique de l'énergie - Systèmes de Pile à Combustible - Microsystèmes et sources d'énergie (micro-pile à combustible, micro-convertisseurs, éolien, biomasse, photovoltaïque) - Ressources et consommation, Production d'énergie à partir des renouvelables.

9/78

### **Module ET7 : Transports et systèmes de propulsion**

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Transports et systèmes de propulsion</b>	26	6	12	12	
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>56</b>

**Objectifs :** Présenter, analyser et dimensionner des systèmes mécaniques, thermiques, électriques, électro-chimiques utilisés en propulsion. Analyser et concevoir les systèmes hybrides. Intégration des systèmes de production aux systèmes embarqués et véhiculés.

#### **Programme**

Dynamique des véhicules et systèmes de propulsion - Bilan énergétique des véhicules et systèmes (automobile, ferroviaire, aéronautique) - Moteurs électriques et électromagnétiques, synchrones et asynchrones - Aspects technologiques ; choix des moteurs - Véhicules à moteurs thermiques et propulsion hybride (thermique et électrique) - Propulsion électrique et systèmes pile à combustible (automobile et ferroviaire) -

**Conférences :** Intervenants des secteurs du ferroviaire (Alstom Transports), de l'automobile (PSA), et de l'aéronautique (Snecma).

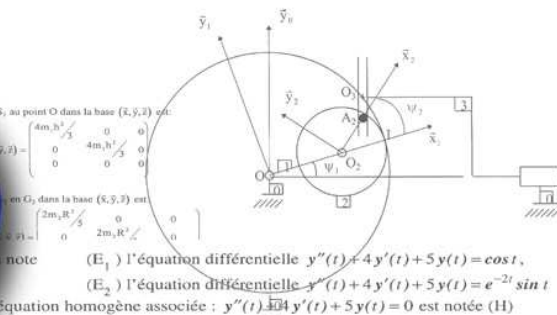
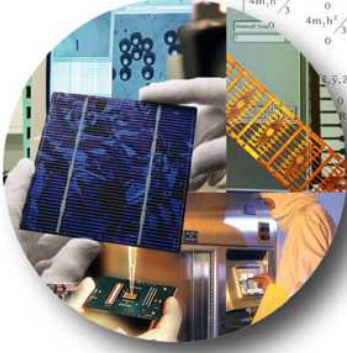
### **Module ET8 : Commande et contrôle des systèmes énergétiques**

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Commande et contrôle des systèmes énergétiques</b>	24	12	12	8	
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>56</b>

**Objectifs** : présenter, analyser et implanter les systèmes de commande de contrôle, pour l'utilisation des systèmes énergétiques

**Programme**

Capteurs et actionneurs utilisés pour la mesure, la commande et le contrôle des systèmes -  
Modélisation et identification des systèmes et contrôlabilité - Systèmes électroniques et numériques embarqués : capteurs, réseaux, bus et logiciels de surveillance, commande et contrôle  
- Maintenance et télémaintenance des systèmes de traction et propulsion.



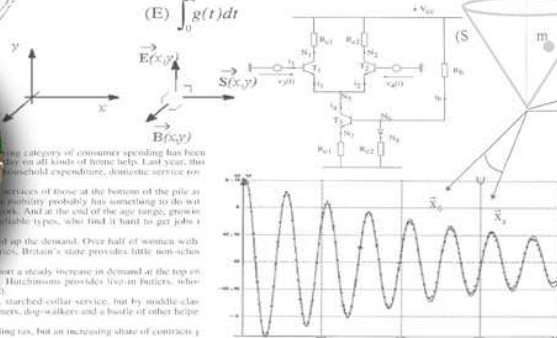
La matrice d'inertie de  $S_1$  au point O dans la base  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$  est :

$$I_{S_1}(O) = \begin{pmatrix} 4m, h^2/3 & 0 & 0 \\ 0 & 4m, h^2/3 & 0 \\ 0 & 0 & 2m, R^2/2 \end{pmatrix}$$

en  $G_1$  dans la base  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$  est :

$$I_{S_1}(G_1) = \begin{pmatrix} 4m, h^2/3 & 0 & 0 \\ 0 & 4m, h^2/3 & 0 \\ 0 & 0 & 2m, R^2/2 \end{pmatrix}$$

on note  $(E_1)$  l'équation différentielle  $y''(t) + 4y'(t) + 5y(t) = \cos t$ ,  
 et  $(E_2)$  l'équation différentielle  $y''(t) + 4y'(t) + 5y(t) = e^{-2t} \sin t$   
 L'équation homogène associée :  $y''(t) + 4y'(t) + 5y(t) = 0$  est notée (H)



On considère les quatre compteurs suivants. On suppose que pour chacun des compteurs on part de l'état initial  $Q_0, Q_1, Q_2, Q_3 = 0010$ .

(A) La famille  $(i, j - k, j + k)$  est liée.  
 (B) La matrice de  $f$  dans la base  $(i, j - k, j + k)$  est  $\begin{pmatrix} 1 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$   
 (C) La matrice de  $f$  dans la base  $(i, j - k, -j - k)$  est  $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$   
 (D) Pour tout entier naturel non nul  $n$ ,  $A^n = I + nB + \frac{n(n-1)}{2}B^2$   
 (E)  $A^n = \begin{pmatrix} 1 & -200 & -200 \\ 0 & -9 & -10 \\ 0 & 10 & 11 \end{pmatrix}$

L'intégrale  $\int_0^{+\infty} f(t) dt$  est convergente

$$\int_0^1 f(t) dt = \int_0^1 \frac{x^3}{x^4 - 16} dx$$

$$\int_0^1 \frac{x^3}{x^4 - 16} dx = 1 + \frac{2}{x^2 - 4} - \frac{2}{x^2 + 4}$$

$$\int_0^1 \frac{x^3}{x^4 - 16} dx = 1 + \frac{1}{2(x+2)} + \frac{1}{2(x-2)} - \frac{1}{x^2 + 4}$$

$$\int_0^1 f(t) dt = 2 - \ln 3 - 2 \operatorname{Arctan} \frac{1}{2}$$

$$[B(x, t)]^T = \frac{[E(x, t)]^T}{\sqrt{2}} = \mu_0 \cos [E(x, t)]^T$$

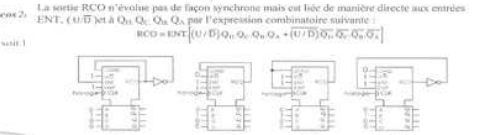
$$u(x, t) = \frac{1}{2} \cos [E(x, t)]^T + \frac{1}{2} \mu_0 \cos [E(x, t)]^T$$

$$= \frac{1}{2} \cos [E(x, t)]^T + \frac{1}{2} \cos [E(x, t)]^T = \cos [E(x, t)]^T$$

$$[E(x, t)]^T = \sqrt{2} [B(x, t)]^T = \frac{[B(x, t)]^T}{\mu_0 \cos}$$

$$u(x, t) = \frac{1}{2} \frac{[B(x, t)]^T}{\mu_0 \cos} + \frac{1}{2} \frac{[B(x, t)]^T}{\mu_0}$$

$$= \frac{1}{2} \frac{[B(x, t)]^T}{\mu_0} + \frac{1}{2} \frac{[B(x, t)]^T}{\mu_0} = \frac{[B(x, t)]^T}{\mu_0}$$



On considère les quatre compteurs suivants. On suppose que pour chacun des compteurs on part de l'état initial  $Q_0, Q_1, Q_2, Q_3 = 0010$ .

(A) La famille  $(i, j - k, j + k)$  est liée.  
 (B) La matrice de  $f$  dans la base  $(i, j - k, j + k)$  est  $\begin{pmatrix} 1 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$   
 (C) La matrice de  $f$  dans la base  $(i, j - k, -j - k)$  est  $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$   
 (D) Pour tout entier naturel non nul  $n$ ,  $A^n = I + nB + \frac{n(n-1)}{2}B^2$   
 (E)  $A^n = \begin{pmatrix} 1 & -200 & -200 \\ 0 & -9 & -10 \\ 0 & 10 & 11 \end{pmatrix}$

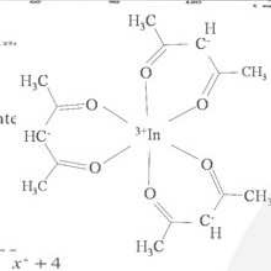
On se propose de trouver quelques propriétés de la courbe  $C'$  dont la représentation dans un repère du plan est :

$$\begin{cases} x(t) = \frac{1+t^2}{1-t^2} \\ y(t) = \frac{1+t^2}{1-t^2} \end{cases}$$
 avec  $t \in \mathbb{R}$ 

On considère trois points du plan A, B, S non alignés. On suppose que A est d'affixe -1, B d'affixe +1, et l'on note  $s = u + iv$  l'affixe de S.

Ainsi  $v \neq 0$ . On note  $C$  le cercle circonscrit au triangle (A, B, S),  $\Omega$  son centre et  $\omega$  l'affixe de  $\Omega$ .

F est le point où la droite orthogonale à (AB) issue de S recoupe  $C$ , et H le symétrique de F par rapport à la droite (AB).



## ► INNOV : Ingénierie de l'innovation (N. Bodin)

### Objectif :

L'option Ingénierie de l'Innovation a pour objectif de former les élèves ingénieurs à l'accompagnement méthodologique des processus d'innovation dans les entreprises ; conduisant à la création de systèmes, produits, activités ou services nouveaux, dans le contexte de la mutualisation entre les entreprises et de l'internationalisation.

Les enseignements associés à l'option Ingénierie et Innovation se situent à l'interface entre les méthodologies et technologies développées au sein de l'entreprise, et le management de celle-ci.

Les modules de formation comprennent notamment des aspects concernant les processus d'innovation et de création associés à des produits ou services. Sont également abordés, les aspects associés à la gestion des connaissances et des compétences, au management des processus innovants ; ainsi qu'aux méthodes innovantes de recherches et d'enquêtes, de gestion de projets, de conduite du changement et de gestion d'équipes.

L'ingénierie de conception innovante est également abordée, avec pour objectifs la formation aux méthodologies d'analyse et de recherche de solutions alternatives, permettant d'accroître l'efficacité et la fonctionnalité des composants et systèmes, à coûts maîtrisés. Les approches intégrées "de l'idée au prototype", en utilisant les technologies de prototypage rapide sont également abordés.

## Architecture de l'option

12/78

Module	Intitulé	Caractéristiques	Volume horaire	Nombre ECTS
M1	<b>Economie – Gestion – Communication</b>	<b>Obligatoire et commun à toutes les options</b>	56	3
M2	<b>Anglais – LV2</b>		56	3
M3	<b>Projet</b>	<b>En rapport avec l'option choisie</b>	56	4
M4	<b>Module transverse (MT)</b>	<b>Choix de l'élève parmi 9 cours de la liste 1</b>	56	4
M5	<b>Module transverse (MT)</b>	<b>Choix de l'élève parmi 9 cours de la liste 2</b>	56	4
M6	<b>Module spécifique (MS)</b>	<b>Groupe de 3 cours propres à chaque option</b>	56	4
M7	<b>Module spécifique (MS)</b>		56	4
M8	<b>Module spécifique (MS)</b>		56	4
<b>Total :</b>			<b>448 h</b>	<b>30 ECTS</b>

## Module SEHS - LV (M1 – M2)

### **Module M1 : Sciences Economiques Humaines et Sociales (56h)**

## **Economie (Gilbert Parrang)**

### **Comprendre l'économie : Economie du changement technique**

Problématique : dynamique classique et néo-classique – théorie évolutionniste (Schumpeter) – la croissance endogène

Déterminants : sources de l'innovation – rôle des structures industrielles – problématique financière de l'investissement technologique – systèmes nationaux d'innovation, politiques scientifique et technologique

Impact : changement technique, croissance et productivité – changements techniques, organisationnels, flexibilité et emploi. – les cycles technico économiques – changement technique et relations économiques internationales – technologie et développement économique

### **Comprendre la Société : Gestion de l'innovation dans l'entreprise**

Innovation et Société : innovation : synthèse de l'état des connaissances et des attentes sociales – pourquoi et comment on innove – innovation : de la révolution industrielle à nos jours – enchaînement : création, invention, innovation et industrialisation – dynamique d'innovation dans quelques secteurs : TIC, santé, matériaux,....

Innover et entreprendre : entreprise : vecteur du processus d'innovation – création de valeur par l'innovation – recueil et traitement des idées créatrices – processus de rejet et d'acceptation des innovations par la Société – innovations de rupture – marketing amont et aval de l'innovation

**Comprendre le Monde** : La mondialisation - Le Système Monétaire International - Développement et commerce mondial

## **Gestion (Gilbert Parrang)**

**Groupes de sociétés** : Regroupements d'entreprises – Holding et pouvoir de contrôle – Gouvernance d'entreprise – Les comptes de groupe - Etude de cas : le groupe Peugeot.

**Les marchés financiers** : Marchés financiers et monétaires : la fixation du taux d'intérêt - Marché des actions : fixation d'un cours d'équilibre – principes de la bourse - Méthodes de couverture du risque financier : opérations à terme - options - Etude de cas : couverture du risque de change.

13/78

**Coûts et indicateurs de performance** : L'optimum de production - La démarche des coûts-cibles - Le Surplus de Productivité Globale - Les Prix de Cession Interne - Etude de cas

## **Management des hommes et des équipes (Serge Pierlot)**

Cours n°1 (4h) : Processus et organisation de l'entreprise - Présentation des éléments d'histoire du management - Méthode d'analyse de la performance des organisations.

Cours n°2 (4h) : Processus et organisation de l'entreprise (suite) - Approche globale - Analyse systémique - Le schéma de l'action stratégique - Module : Management et communication.

Cours n°3 (4h) : Les outils de base - Bien se connaître pour identifier ses capacités à communiquer et ses modalités de relation - Connaître les 5 « pilotes » qui nous conditionnent. Se donner des solutions-permissions de changement pour améliorer sa propre communication. La communication: schéma de base pour développer une écoute de qualité. La déperdition de l'information – La subjectivité dans la relation. Comment mieux communiquer: la matrice de résolution de problèmes. - Module: Principes et outils du management

Cours n°4 (4h) : Pratique du management - Système de management - Le leadership - L'autorité sur le groupe. Management et influence. Management de situation - Les différents styles. Carte des partenaires. Stratégie des alliés.

TD par option

Cas PRP : Changements organisationnel et stratégique – Tableau de bord prospectif – dans une PME.

Séance n°1 : Séance préparatoire - Présentation du cas - Présentation du travail préparatoire - Travail demandé - Organisation des groupes.

Séance n°2 : Problématique générale.

Séance n°3 : Convergence entre stratégie et organisation.

Séance n°4 : Tableau de bord de pilotage – Proposition de solutions.

Le management de proximité (TD : 2h) (I. Rougeot) : Moyens - Devoirs - Droits – Règles - Management de recadrage.

Le management de proximité (TD : 2h) (V. Mollier) : Management et éthique.

## **Module M2 : Anglais – Langue vivante 2 (56h)**

---

### **Anglais**

Anglais commercial : CV - lettre de motivation - entretiens d'embauche - échanges professionnels (réunions en anglais, déplacements professionnels à l'étranger) - communiquer par téléphone, fax, mail, courrier – Logiciel Tell Me More e-learning avec tuteur.

### **Langue vivante 2**

Allemand – Chinois - Espagnol – Italien – Japonais.

Certification BULATS (Business Language Testing Service) en Allemand ou Espagnol.

## **Module projet (M3)**

### **Module M3 : Projet**

---

#### **Objectif**

Dans le cadre d'un partenariat entre une entreprise franc-comtoise et un binôme d'étudiants, le module projet, de l'option de 3<sup>ème</sup> année Ingénierie de l'innovation, de l'ENSMM a pour objectif de mettre en pratique les outils et méthodes d'Intelligence Economique.

14/78

#### **Contexte : L'écoute, une attitude payante.**

La plupart des entreprises doivent faire face à une problématique nouvelle, celle de pro-agir. En effet, l'immobilisme dans un monde de plus en plus complexe et mouvant ne peut plus être la solution. Il s'agit maintenant pour l'entreprise d'évoluer dans un monde incertain fait d'émergence de nouveaux marchés, d'ouverture à la concurrence, d'évolutions technologiques et réglementaires... et de se repositionner régulièrement.

L'entreprise doit donc être capable de décrypter son environnement concurrentiel mais aussi d'évaluer les risques pesant sur elle.

Le projet s'inscrit dans ce cadre, en accompagnant une entreprise ou un groupement d'entreprises dans sa démarche d'Intelligence Economique.

#### **Corps de l'option**

Le cœur du projet reposera sur la visite d'un salon professionnel **ComPaMED** (jeudi 19 novembre 2008 à Düsseldorf) dans le domaine **biomédical**. Les entreprises partenaires seront des **sous-traitants** réels ou potentiels sur ce marché. Chaque entreprise se verra attribuer un binôme ou trinôme d'élèves ingénieurs avec lesquels elle collaborera tout au long du projet.

L'objectif est double :

- Pour les entreprises, cette collaboration devrait leur permettre d'améliorer la compréhension de leur environnement.
- Pour les étudiants, le contact direct avec le monde de l'entreprise devrait être très enrichissant tant sur le plan professionnel que personnel.

Le module se composera d'une phase préliminaire et de 4 étapes principales.

#### **Phase préliminaire : Rappels théoriques & établissement des partenariats**

Quelques rappels théoriques et méthodologiques seront présentés aux étudiants par des 'praticiens' de la stratégie, du marketing, de l'IE... . Ces rappels seront illustrés par des exemples concrets tirés de l'expérience professionnelle des intervenants.

De plus, dès le début de l'année scolaire (septembre), une présentation globale du projet et de la liste des entreprises partenaires sera faite. Les élèves se répartiront alors en binôme et/ou trinôme. Au cours d'entretiens très courts (7 minutes) bloqués sur deux heures, chefs d'entreprise et binômes candidats se rencontreront.

Une liste définitive des partenaires (chef d'entreprise – binôme d'élèves ingénieurs) sera alors constituée en essayant de respecter au mieux les vœux de chacun. En cas de choix multiples, le classement général des binômes d'élèves servira à les départager.

### **Etape 1 : Le diagnostic industriel**

Avant la fin du mois d'octobre, l'industriel accueillera sur le site de son entreprise le binôme d'élèves afin de lui faire visiter les lieux mais également et surtout pour leur présenter l'entreprise en général (produits, technologies disponibles, concurrents potentiels, perspectives de développement...).

Le binôme sera aussi chargé d'effectuer un diagnostic industriel de l'entreprise portant sur les aspects marchés, concurrence et savoir-faire de l'entreprise. Ce diagnostic devra servir à positionner l'entreprise dans son environnement mais aussi à faire émerger les besoins informationnels dans ces domaines.

Les élèves seront accompagnés durant cette phase par l'AIEFC et l'ARIST.

### **Etape 2 : Phase préparatoire à la visite**

Les élèves devront préalablement préparer la visite du salon. Les points suivants devront notamment être obligatoirement traités :

- Recueil d'informations sur les marchés, la concurrence, les technologies et la réglementation du secteur dans lequel évolue l'entreprise ou le groupement d'entreprises.
- Recueil d'informations économiques et technologiques sur les participants au salon.
- Première analyse de l'information.
- Préparation de la visite du salon avec l'identification des sources d'informations potentiellement intéressantes pouvant être collectées sur le salon.

### **Etape 3 : Visite du salon**

Les étudiants, accompagnés par l'AIEFC et le service 'salons' de la CRCI, visiteront sur un jour le salon ciblé avec un programme bien défini de collecte d'informations. Des collaborateurs des entreprises partenaires pourront, dans la mesure du possible, se joindre à la visite.

15/78

### **Etape 4 : Analyse, synthèse et restitution**

Les étudiants, avec l'assistance de l'AIEFC et de l'ARIST, analyseront et synthétiseront l'ensemble des informations collectées durant la phase préparatoire et la visite du salon. Il s'agira de mettre en évidence les **opportunités** mais aussi les **menaces** pesant sur l'activité de l'entreprise ou du groupement d'entreprises.

A l'issue de la visite, les élèves disposeront d'un mois pour préparer la restitution de leurs observations et autres conclusions.

Les étudiants devront restituer leurs travaux aux représentants de l'entreprise ou du groupement d'entreprises avec synthèse, précision et clarté. Ils devront aussi faire preuve d'imagination en proposant quelques pistes de réflexion ou de développement...

Cette restitution se fera sous forme orale au début du mois de janvier en présence de l'industriel, du responsable de l'option Ingénierie et Innovation de l'ENSMM et d'un représentant de la CRCI.

Un rapport écrit sera transmis aux différents membres du jury pour le 20 décembre. Une soutenance orale (20' d'exposé, 10' de questions) incluant obligatoirement une présentation type power point sera organisée dans les locaux de l'ENSMM.

Les différents membres du jury signeront **un engagement de confidentialité** quant aux informations lues, entendues ou présentées. Les rapports écrits seront remis à l'industriel à l'issue de la soutenance.

La notation des élèves prendra en compte la qualité du rapport écrit (coeff. 0,25), la soutenance orale (coeff. 0,25) et l'appréciation portée par l'industriel sur le travail réalisé par les élèves (coeff. 0,50). Cette appréciation prendra en compte un certain nombre de critères prédéfinis (qualité et quantité de travail, résultats obtenus, initiative – autonomie, facultés d'adaptation, relations humaines).

## **Logistique et organisation**

### **Outils mis à disposition**

L'AIEFC et l'ARIST mettront à disposition des étudiants différentes sources d'informations : revues professionnelles, presse généraliste, études et bases de données, outils et méthode d'analyse de l'information...

## Frais

Les frais de déplacement des élèves sur le salon ComPaMED seront pris en charge par la l'Agence d'Intelligence Economique de la CRCI de Franche-Comté.

Les industriels présents sur ce salon seront accompagnés par le service 'Salons' de la Chambre Régionale de Commerce et d'Industrie. Les frais de déplacement seront remboursés à hauteur de 50% plafonnés à 400 € HT.

## Salon Medica - ComPaMED



**Düsseldorf - Allemagne - du 19 au 22 novembre**



Plus de 300 exposants issus de 25 pays présentent une gamme étoffée de matières premières, de préproduits, de composants, de pièces, d'équipements et de technologies destinés aux appareils et aux systèmes médicaux, qui s'étend jusqu'aux emballages et aux services offerts au secteur de la technique médicale.

Visiter MEDICA – ComPaMED, c'est avoir une vision parlante et exhaustive du marché de la filière santé, très innovatrice et dont le développement soutenu reflète une dynamique de croissance soutenue.

## Calendrier

Lundi 6 septembre : rentrée scolaire – présentation du projet aux élèves ingénieurs – présentation des entreprises partenaires

Jeudi 16 septembre : Rencontre industriels – élèves.

Fin septembre : Visite test du salon Micronora (Besançon).

Mi-septembre à mi-octobre : Diagnostic de l'entreprise partenaire par le binôme d'élèves ingénieurs.

Jeudi 18 novembre : Visite du salon ComPaMED (Düsseldorf - Allemagne).

Vendredi 17 décembre : Dépôt des rapports écrits à l'industriel, à la CRCI, à l'ENSMM.

Mardi 11 janvier (8h – 12h) – Vendredi 14 janvier (8h – 12h) : Restitution orale du travail des élèves en présence de l'industriel.

## Contacts

### Pierre VIVIEN

Directeur de l'Agence  
d'Intelligence Economique  
CRCI - Valparc ZAC Valentin  
25043 BESANCON Cedex  
[pvivien@franche-comte.cci.fr](mailto:pvivien@franche-comte.cci.fr)  
Tél 03 81 47 80 44

### Nicolas BODIN

Directeur des Etudes  
ENSMM  
26 chemin de l'Épitaphe  
25030 BESANCON Cedex  
[Nicolas.bodin@ens2m.fr](mailto:Nicolas.bodin@ens2m.fr)  
Tél 03 81 40 27 30

16/78

## Modules transverses (M4 – M5)

### Module M4 : Module transverse à choisir parmi 9 cours (56h)

#### Liste 1 (9 cours)

Code	Intitulé	Responsable	C/C onf	TD	TP	T
ACI4	Amélioration continue industrielle	C. Dielemans	52	0	4	56
ACOUS4	Acoustique/Vibroacoustique	M. Ouisse	27	5	24	56
CAO4	Capteurs, actionneurs et CAO	E. Bigler	56	0	0	56
C3M4	Conception Mécanique, Microsystèmes, Microfabrication	N. Boudeau	56	0	0	56
INST4	Instrumentation pour les transports	P. Vairac	56	0	0	56
MEMI4	Mécanique expérimentale, mesure, instrumentation	N. Boudeau	56	0	0	56



PS4	Physique des surfaces	M. Devel	52	0	4	56
ROBOT4	Robotique et Vision	N. Piat	34	0	24	56
SIW4	Systèmes d'informations et application Web	C. Varnier	18	6	32	56

**Module M5 : Module transverse à choisir parmi 10 cours (56h)**

**Liste 2 (8 cours)**

Code	Intitulé	Responsable	C/C onf	TD	TP	T
BIO5	Biomécanique, biomatériaux et matériaux issus de la biomasse	G. Monteil	38	10	8	56
CSEF5	Calculs et simulation par éléments finis	R. Laydi	38	18	0	56
EEER5	Efficacité Energétique & Energies Renouvelables	B. Cavallier N. Ratier	36	20	0	56
FAB5	Procédés de fabrication avancés	M. Fontaine	38	10	8	56
FTM5	Fabrication et Technologies des Microsystèmes <b>Partiel sur les conférences</b>	E. Bigler	56	0	0	56
MAENV5	Matériaux et Environnement	D. Teyssieux P. Stempflié	56	0	0	56
MOD5	Méthodes d'Optimisation et de Décision	G. Laurent	36	10	10	56
PLM5	Approche PLM et Ingénierie des Procédés	N. Bodin	4	52	0	56

17/78

**Modules spécifiques (M6 – M7 – M8)**

**Module INNOV6 : Marketing et création de valeur (55h)**

Objectif : former les étudiants à développer la réflexion stratégique de l'innovation et le marketing de l'innovation.

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Pourquoi faut-il innover ? (9h)</b>	9				9
<b>Marketing de l'innovation (22h)</b>	22				22
<b>Managing innovation and technology transfer (20h)</b>	20				20
<b>Total</b>	<b>51</b>				<b>51</b>

**Pourquoi faut-il innover ? (9h) (J.C. Villain)**

Enjeu et démarche : l'innovation, levier de croissance interne, innovation transformatrice de réalité - L'entreprise et son marché : le couple fertile en matière d'innovation - le pari de l'innovation : évaluer les risques - les différents types d'innovation : du repositionnement à l'innovation de rupture - Deux approches innovation : marché et savoir-faire - la courbe d'adoption des produits nouveaux : détecte le moment propice à l'innovation. Processus de transformation "idée-produit" : positionner le développement dans une démarche d'innovation - cadrez le développement de produit par des étapes clés - clarifier la phase amont du développement - situer les acteurs clés du développement et leurs rôles - définir la mission et les responsabilités du chef de projet.

Jean-Christophe Villain : Directeur de l'innovation C&K Dole, Président de la Commission Innovation et Prospective Technologique du Pôle des Microtechniques de Franche-Comté.

## **Marketing de l'innovation (22h) (H. Tran)**

---

**La création de valeur et les facteurs critiques de compétitivité = le marketing stratégique (2h) :** La chaîne de valeur (L'arène de compétition, La Création de valeur) - Les Facteurs Clés de Succès - Les avantages concurrentiels - Recherche d'idées de création de valeur - utilisation d'outils de créativité Triz pour la résolution de problèmes scientifiques.

**Le Marketing de l'Innovation (2h) :** Les nouvelles données de la mondialisation - Le marketing des nouvelles technologies, des produits et de services nouveaux - L'intensité de l'activité ou le degré d'importance - Les différents types de projets d'innovation - La dynamique technologique ou les courbes en S - Le cycle de vie du produit.

### **Etudes de cas par groupe de trois étudiants (6h) :**

Objectif : Partager un cas concret de l'innovation, vivre et animer une réflexion stratégique et la présenter.

Quelques études de cas : Les pressions exercées par les fournisseurs et les clients - Les menaces externes - L'offre de substitution - L'optimisation pour obtenir l'avantage compétitif - La stratégie de différenciation - L'innovation : la création d'un nouvel espace de marché.

**Le Management de l'Innovation (4h) :** Les processus dans le management de la R&D - Les conditions de viabilité (La viabilité technique, La viabilité économique, La viabilité commerciale, La viabilité financière) - Les risques associés de l'innovation : Check-liste des risques - Le diagnostic de projet innovant - Etude de cas VELOTHAN.

**La veille technologique (4h) :** Les technologies clés 2010 - Les informations et les signaux faibles - Approche systématique de la veille technologique - Approche pragmatique de la veille technologique - Les brevets en veille technologique - L'exploitation de l'information brevet - Intelligence compétitive.

**Le plan marketing industriel (4h) :** Les acheteurs industriels et leurs motivations - Le processus d'achat international : "The Marketplace" - La communication et la promotion industrielle en milieu industriel via la "TIC (Technologie de l'Information et de la Communication).

18/78

*Hung TRAN : (ingénieur Ensmm – mu81), Consultant en Management de l'innovation et de l'Intelligence compétitive. Il dirige actuellement une société de conseils et de services pour la conduite de projets innovants et le management des ressources technologiques. Il enseigne également à l'Ecole Centrale de Marseille pour le "Master Spécialisé Intelligence Compétitive et Management des connaissances".*

## **Managing innovation and technology transfer (20h) (M. Saad)**

---

*(enseignement en anglais)*

### **Introduction**

Each session is designed to introduce a range of major topic areas through lectures and student-led sessions. Students will be requested to work in groups, prepare each session, carry out presentations and lead discussions.

### **Learning outcomes**

On completion successful students will be able to:

- critically review the complex nature and process of innovation and technology transfer;
- identify and analyse the main determinants of innovation
- evaluate the major channels and determinants of technology transfer and the role of key stakeholders from the perspective of transferee and transferor;
- identify and analyse the relationships between international business and technology transfer;
- critically review the role of learning and culture on the process of innovation and technology transfer.

### **Assessment**

Students will be assessed through the means of either an end-of-year exam or a research based essay (2000 words). This essay is based on research and readings. Although it has an essential theoretical underpinning, you will be required to illustrate your discussion through the use of examples and case studies. It is intended to provide the student with an opportunity to conduct

his/her research and to apply the appropriate concepts, frameworks and perspectives in his/her analysis of the selected topic. You will also be required to give evidence of a critical review of relevant literature and an analysis regarding the application of the selected issue. The topic should allow a practical and theoretical deployment of the main strands of the course content. The assignment must therefore demonstrate the linkage between theoretical models and practical applications of these models. Students should ensure that their research objectives are very clearly formulated and adequately addressed throughout the whole assignment.

Examples of issues which you can investigate in your assignment :

- The key enablers and inhibitors to innovation
- The critical stages of the innovation process
- The importance of the implementation stage of innovation
- Managing and promoting innovation
- Innovation as the main foundation of a sustainable competitive advantage
- Knowledge as a key innovation
- New form of learning and innovation
- Technology transfer through joint ventures
- The role of the state to promote technology transfer
- Japanese versus European approach to technology transfer
- Assessment of the main channels of international technology transfer
- Managing the process of technology transfer
- A critical analysis of the main determinants of technology transfer to developing countries
- The relevance of the main policies toward foreign direct investment (FDI) policies and their impact on the process of technology transfer
- International technology transfer by Small and Medium-Sized Enterprises
- The role of trust in international technology transfer
- International technology transfer and knowledge acquisition
- The impact of cultural differences upon the process of the international technology transfer
- Technology transfer and sustainable development

It is very important that the title and the objectives of your assignment are discussed with the tutor. All students are required to submit an assignment proposal.

19/78

### **Assessment criteria**

Introduction to the topic and aims of the inquiry and statement of assumptions adopted in the study and the reasons behind the choice of the topic.

Ability to critically appraise and discuss relevant literature.

The approach used to analyse and synthesise information from examples in developing the argument.

Relevance of the examples used and ability to integrate them within the whole discussion

Ability to formulate conclusions and recommendations

Proper use of references

Style, structure, and presentation of the report

### **Marking scheme**

(80% - 100%) Excellent; all key points (and some others) met; strong evidence of analysis and very well structured

(70% - 79%) Very good covers all key points clearly and thoughtfully, good analysis, generally accurate and very well structured

(60%- 69%) Good; meets many of the key points often well with a satisfactory level of analysis, although some points could be developed and well structured

(50% -59%) Average; meets many of the key points but rather sketchy at times; arguments require development and well structured

(40% -49%) Meets sufficient of the key points but material very thin or given limited consideration, at times muddled and not well structured

(30% - 39%) Addresses few of the key points, inadequate understanding; insufficient development of material and poorly structured

Less than 30% Addresses very few of the key points, insufficient development of material, poor understanding; inclusion of irrelevant material and poorly structured

### **Teaching programme**

Session 1

1. My approach
2. Assignment
3. Introducing the course
4. Innovation and technology transfer as a means to acquire technological development, growth and competitive advantage.
5. Key theories underpinning this course: Resources Based Value, Social Capital and Dynamic capabilities

#### Session 3

1. Definitions of innovation,
2. Main models of innovation,
3. Key determinants (enablers and inhibitors) and motives for innovation and technology transfer.
4. Innovation and technology transfer as a process, main stages and importance of the implementation stage
5. Discussion based on:
  - 'Johannessen J.-A., Olsen B. and Lumpkin G.T., Innovation as newness: what is new, how new, and new to whom?', European Journal of Innovation Management, Vol. 4No 1, 2001 **(Read from page 2 to page 5)**
  - Avermaete T., Viaene J. Morgan E. J. and Crawfords N. 'Determinants of Innovation in Small Food Firms', European Journal of Innovation Management, Vol 6, Issue 1, 2003, **(Read from page 1 to page 4)**
6. Managing innovation and resistance to change

#### Session 4

1. Knowledge: the foundation for innovation and sustainable development
2. Learning process
3. Learning as a social process
4. Organisational learning
- 5 Absorptive capacity
5. Forms of learning
7. Discussion based on :
  - Tacit knowledge transfer and firm innovation capability, The Journal of Business and Industrial Marketing, Vol. 18, No 1, 2003, pp 6-21.
  - Effects of Technology Absorptive Capacity and Technology Proactivity on Organisational Learning, Innovation and Performance, Technology Analysis and Strategic Management, Vol 19, pp 527-558, July 2007
  - The critical factors for technology absorptive capacity, Industrial Management & Data Systems, Vol. 102, Issue 6, 2002, pp 300-308

20/78

#### Session 5

1. The main factors affecting the transfer, the control, the management and the implementation of technology transfer from the recipient and user's perspective
2. Comparative national models of technology acquisition: migrant model, hardware model, software model and capital model.
3. Policies towards acquisition of technology through foreign direct investment (FDI)
4. Review of the main mechanisms/channels of technology transfer
5. Discussion based on:
  - M. Saad, Development through Technology Transfer: Innovation process and influential factors, Intellect, 2000, **(Read introduction and chapter 1)**
  - M. Saad, 'Development through Technology Transfer': Chapter 2 – technology Transfer and Development, Intellect, 2000, **(Read from page 32 to page 39)**

#### Session 6

1. Innovation, learning and technology transfer through strategic alliances;
2. The motives for alliances;
3. The forms of alliances;
4. The process of alliances;
5. The role of trust;
6. Discussion based on:
  - Anthony F. Buono, 'Technology transfer through acquisition', Management Decision, Vol 35, Issue 3, 1997, (Read from 3 to page 9: the acquisition process)

Håkan Linarsson and Andreas Werr, 'Overcoming the innovation – alliance paradox: a case study of an explorative alliance', *European journal of innovation Management*, Vol. 7 No 1, 2004, (Read from page 1 to page 4)

#### Session 7

1. Cultural differences and international technology transfer

2. Reading discussion based on:

3. Discussion based on:

Shabbir Hussain 'Technology transfer models across cultures Brunei-Japan joint ventures' *International Journal of Social Economics*, Vol 25, Issue6/7/8, 1998, (Read all article)

#### Session 8

1 Transfer of technology to developing countries – issues and challenges

2. Technology transfer through triple helix

3. The role of small and medium enterprises (SME) in the development of innovation

3. Discussion based on:

- Farhang M 'Managing technology transfer to China – Conceptual framework and operational guidelines', *International Marketing Review*, Vol. 14, No2, (Read from page 93 to page 95)

- A new strategy of technology transfer to china, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.19, Issue 5/6, 1999, pp 527-538

- Rajneesh Narula, 'R&D Collaboration by SMEs: new opportunities and limitations in the face of globalisation', *Technovation*, Vol 24, Issue 2, 2004, pp. 153-161

Saad M and Zawdie G. 'From Technology Transfer to the Emergence of a Triple Helix Culture: the Experience of Algeria in Innovation and Technological Capability Development' *Technology Analysis and Strategic Management*, Vol 17, No 1, pp. 1-15, march 2005

#### Reading list

- Anthony F. Buono, 'Technology transfer through acquisition', *Management Decision*, Vol 35, Issue 3, 1997, **(Read from 3 to page 9: the acquisition process)**

- Avermaete T., Viaene J. Morgan E. J. and Crawford N. 'Determinants of Innovation in Small Food Firms', *European Journal of Innovation Management*, Vol 6, Issue 1, 2003.

- Agmon T. and Von Glinow M. A., 1991, *Technology Transfer in International Business*, Oxford University

- Buckley P. J., Campos J. Mirza H. and White E., 1997, *International Technology Transfer by Small and Medium-Sized Enterprises*, MacMillan

- Chen M, 1996, *Managing International Technology Transfer*, Thomson Business Press

- Gannon M. J and Newman K. L., 2002, *Handbook of Cross-Cultural Management*, Blackwell

- Farhang M 'Managing technology transfer to China – Conceptual framework and operational guidelines', *International Marketing Review*, Vol. 14, No2

- Håkan Linarsson and Andreas Werr, 'Overcoming the innovation – alliance paradox: a case study of an explorative alliance', *European journal of innovation Management*, Vol. 7 No 1, 2004, **(Read from page 1 to page 4)**

- Johannessen J.-A., Olsen B. and Lumpkin G.T., *Innovation as newness: what is new, how new, and new to whom?*, *European Journal of Innovation Management*, Vol. 4No 1, 2001

- Jones M. and Saad M., 2003, *Managing Innovation in Construction*, Thomas Telford

- Ouma-Onyango R., 1997, *Information Resources and Technology Transfer Management in Developing Countries*, Routledge

- Rajneesh Narula, 'R&D Collaboration by SMEs : new opportunities and limitations in the face of globalisation', *Technovation*, Vol 24, Issue 2, 2004, pp. 153-161

- Saad M., 2000, *Development through Technology Transfer – Creating New Organisations and Cultural Understanding*, Intellect

- Saad M. and ZawdieG., 'From Technology Transfer to the Emergence of a Triple Helix Culture: the Experience of Algeria in Innovation and Technological Capability Development' *Special issue: The Management of Innovation revisited. Strategy, Control and the Culture of Innovation*, *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 17, No1, 1-15, March 2005.

- Shabbir Hussain 'Technology transfer models across cultures Brunei-Japan joint ventures' *International Journal of Social Economics*, Vol 25, Issue6/7/8, 1998

- Trott P. , 2002, *Innovation Management and New Product Development*, Paut Trott, 2<sup>nd</sup> Edition, Financial Times Prentice Hall

- Tidd J., Bessant J. and Pavit K., 1997. *Managing Innovation: Integrating Technological Market and Organisational Change*. Wiley, Chichester

**Module INNOV7 : Management et mise en œuvre de l'innovation (56h)**

Objectif : former à manager les affaires avec les approches intégrées de l'idée au prototype, la conduite de projets innovants.

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Managing business performance</b>	20				20
<b>Shadow manager</b>	17				17
<b>Gestion et conduite de réunion</b>	10				10
<b>Application : l'innovation dans le domaine des produits agroalimentaires</b>	6				6
<b>Total</b>	<b>53</b>				<b>53</b>

**Managing business performance (24h) (I. Finlayson)**

(enseignement en anglais)

**Introduction**

This module draws on the tutor's thirty years experience of managing performance improvement programmes in large and small organisations and is the third year that the module has been run at IMEA.

A much broader perspective of performance management is taken in this module than the customary narrow HR emphasis on 'performance appraisal'. This aspect certainly won't be overlooked, indeed it forms the centrepiece of students' practical work during the week, but this alone, it will be argued, is insufficient to produce high performance. Managers must consider many other issues if an organisation is to perform well. The nature of these issues, and their impact on organisational performance, will be a prominent theme of the module.

Conceptually robust, yet highly practical, the module will explore the basics of managing business performance and more recent developments in the field.

22/78

**Aims**

Managing Business Performance covers the implementation of a customer-focused business strategy in a strategic and global context and, specifically, how to link people strategy with business strategy in order to gain competitive advantage.

It aims to provide participants with an understanding of the processes and skills required to develop a high performance organisation.

Its emphasis is on facilitating change in the organisation towards a stronger market orientation and a committed workforce.

**Learning outcomes**

As a result of attending this module participants will:

- Understand the concept of 'high performance organisation'.
- Understand the principles, processes and actions for building and sustaining a high performance organisation.
- Critically evaluate the techniques available for integrating teams and activities across the organisation, specifically relating to customer-facing processes, and instilling learning within the organisation.
- Know how to conduct a professional performance appraisal meeting, both as an appraiser and appraisee.

**Module Structure**

An outline of the structure and sessions for the module is shown in the figure below. Some adjustment may be made to this programme during the week to reflect students' interests. The sequence of taught sessions will give students a route map for the module, as well as a practical process for improving performance in their own workplace when they graduate from IMEA.

**Learning and Teaching Methods**

Topic briefings ('lectures') will be supplemented by structured classroom discussions and a series of relatively short group-based exercises. These interactive exercises will serve to re-enforce the learning on the module.

Roughly two thirds of the way through the module students will practice the skills of performance appraisal in a longer practical exercise.

### **Assessment of Students' Learning**

Assessment of students' learning and application will be by a combination of continuous assessment (40%) and final examination (60%).

### **Further Details**

The course will be delivered over class contact 20 hours. The module will be conducted by Ian Finlayson

### **Reading**

- Aguinis, H. (2006) *Performance Management*, Prentice Hall
- Armstrong, M. and Baron, A. (2004), *Managing Performance: Performance Management in Action*: CIPD, London
- Bacal, R. *Performance Management*, McGraw Hill
- Boddy, D. *Management: an Introduction*. 2nd Revised Edition. London, FT/Prentice Hall.
- Collins, J. (2001) *Good to Great*, Random House Business Books
- Paladino, B. (2007) *Five Key Principles of Corporate Performance Management*, John Wiley & Sons, London
- Parmenter, D. (2007) *Key Performance Indicators (KPI): Developing, Implementing and Using Winning KPIs*, John Wiley & Sons, London
- Watson, G. and Gallagher, K. (2005) *Managing for Results*, Prentice Hall, London
- Various (1998) *Harvard Business Review on Measuring Corporate Performance*, Harvard Business School Press

### **Managing Change & learning**

1. What is 'performance management' ?
2. Doing the right thing – objectives & strategy
3. Management vs. leadership
4. Getting the right organisation & culture
5. Getting the right teams & teams right
6. Performance Management system
7. Managing change & learning
8. Measurement, evaluation and control

23/78

*Ian Finlayson : University of Herfordshire*

## **Shadow manager (17h) (P. Mattes – D. Gallet - IMEA)**

### **Méthodes**

Il s'agit essentiellement de simulateurs pédagogiques de gestion, sur le principe du jeu d'entreprise ("business game").

Le concept a largement fait la preuve de son efficacité. La simulation de gestion est devenue l'outil incontournable de la formation à la gestion d'entreprise, tant en formation initiale qu'en formation continue.

Avec Shadow Manager :

- des produits logiciels dont la richesse fonctionnelle, l'ergonomie et l'adaptabilité à des cibles pédagogiques variées ont fait la réputation,
- des services associés : formation de formateurs, animation de sessions de formation, etc..

### **Axes de développement**

Nos produits et services déclinent ce principe d'adaptabilité sur notre offre de formation aux grands domaines de la gestion de l'entreprise :

- Gestion générale, marketing, finance, management et stratégie d'entreprise, etc.. avec Shadow Manager
- Commerce International, avec Mondial Manager
- Distribution, avec Megastore Manager
- Analyse Stratégique, avec LaStraDA

- etc...

### **Gestion et conduite de réunion (10h) (S. Pierlot)**

Les Préalables à la conduite de réunion - La communication - Les règles de base de la communication - Les quatre grands principes de la communication - Les éléments fondateurs - L'approche de Palo Alto - Le modèle de Rogers - Communiquer par l'analyse transactionnelle - Les processus : verbal, non verbal, niveaux, référents, attitudes et comportements ...

La Conduite de réunion - Introduction - Les différents types de réunions - Quand et pourquoi organiser une réunion ? - Les questions à se poser avant de faire une réunion - Cinq objectifs dominants pour organiser une réunion - La définition rigoureuse de l'objectif à atteindre - Acquérir une maîtrise des groupes - Agir sur les différentes peurs éprouvées à l'intérieur d'un groupe - Comprendre le phénomène de leadership et les différents rôles adoptés dans un groupe - Traiter la résistance au changement - Préparer la réunion pour en décupler l'efficacité - Comment formuler de manière opérationnelle l'objectif que l'on veut atteindre - Elaborer un plan de travail - Comment motiver les participants - L'organisation matérielle - Animer efficacement une réunion - Démarrer de façon constructive une réunion

Gérer la production du groupe : exploiter les bonnes idées - faire rebondir la discussion - recentrer la discussion ou orienter la réflexion - faire converger les points de vue pour aboutir à une solution - et à une décision - faire des synthèses et maintenir la dynamique du groupe

### **Application – l'innovation dans le secteur des produits agroalimentaires (S. Roustel) (6h)**

Le module s'articule autour de trois objectifs :

**Les concepts d'innovation dans le secteur des produits alimentaires :** Comprendre des mécanismes permettant la mise en œuvre d'innovations dans le secteur des produits alimentaires et les concepts associés : le consommateur et ses besoins au regard de l'innovation dans le secteur des produits laitiers : besoins physiologiques, de sécurité, d'appartenance, d'estime de soi, d'accomplissement - les axes d'innovations et leur contexte spécifique dans le cas des produits alimentaires - analyse des cycles de vie stratégique d'un produit, des cycles de vie fonctionnels - le marketing mix et ses applications.

24/78

**La conduite et gestion de projets d'innovation :** Les étapes clé d'un projet d'innovation dans le cas de produits alimentaires (avec illustrations) - L'analyse de valeur.

**Etude cas d'innovation dans le secteur des produits alimentaires :** Etudier quelques exemples concrets d'innovations fondées sur des concepts, des besoins et des technologiques / process.

**Evaluations :** L'évaluation écrite (1h) portera sur une étude de cas et permettra d'apprécier l'appropriation des concepts et connaissances liées à l'innovation alimentaires.

*Sébastien Roustel : Ingénieur d'agronomie / Ingénieur du Génie Rural, des Eaux et des Forêt, Chef de projet R&D et partenariat au sein de l'ISBA (Institut des Sciences et des Biotechnologies Alimentaires de Franche-Comté).*

### **Module INNOV8 : Intelligence économique (59h)**

*Objectif : former à manager l'entreprise innovante dans un environnement complexifié par la mondialisation et par l'évolution rapide des technologies de l'information. Pratiquer la maîtrise de son environnement (menaces et opportunités). Anticiper la protection industrielle. Comprendre les organisations.*

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Intelligence économique – Gestion de crise</b>	12				12



<b>Protection industrielle et intellectuelle</b>	12	12
<b>Sociologie des Organisations &amp; formes structurelles -</b>	25	25
<b>Développement stratégique - Bases du marketing</b>		
<b>Total</b>		<b>59</b>

### **Intelligence économique (12h) (A. Bazaou – C. Bouafia)**

Définition, apports pour l'entreprise, aspect offensif et défensif - Comprendre la stratégie de ses clients et décrypter les ambitions des concurrents - Appréhender les marchés : comportement du consommateur - Etudes des marchés spécifiques - Contextes internationaux : environnement, droit et culture - Comprendre les marchés industriels internationaux : spécificités des marchés industriels - processus d'achat industriel - la sous-traitance - Veille stratégique pour l'innovation - Maîtriser les marchés : marketing approfondi et marchés spécifiques - marketing international - E-business.

Gestion de crise : organisé sur 35 heures, cet examen sera l'occasion pour les étudiants répartis en équipe de se trouver confrontés au traitement en temps réel de la gestion d'une crise. Cette mise en situation doit permettre d'apprécier le professionnalisme, l'autonomie, le sens des responsabilités ou bien encore la gestion du stress des candidats.

*Adil Bazaou : Diplômé du Ceram, Agence d'intelligence Economique (Chambre Régionale de Commerce et d'Industrie de Franche-Comté).*

### **Sensibilisation aux pratiques de renseignement d'intelligence économique, de sécurité et de leur impact pour un manager (4h) (F. Caramello)**

Développement stratégique (6h) : Eléments théoriques - Terminologie et définitions de base - Notion de management décisionnel - Principes du renseignement humain, technique et internet - Notions d'actions de communication et d'influence - Eléments sur la sécurité (malveillance).

*Frédéric Caramello : ancien officier supérieur des forces spéciales, diplômé de l'Ecole d'Etat-major, consultant tourné vers le monde de l'intelligence économique et de la sécurité en entreprise.*

25/78

### **Protection industrielle et intellectuelle (normes et brevets, protection des données) (12h) (C. Mulenet)**

**--- Module 1 : 28 septembre 2010 14h/18h ---**

#### **Introduction (00h30)**

Qu'est-ce que la propriété intellectuelle ? - La protection des idées ? - Principes généraux de la propriété intellectuelle - Principes généraux de la propriété industrielle - Les acteurs de la propriété industrielle.

#### **I – La protection de l'aspect marketing des créations**

**I-1 La marque (01h00) :** Quels sont les différents signes distinctifs ? (dénomination sociale / nom commercial / enseigne / nom de domaine / marque) - Pourquoi protéger ces signes distinctifs ? - Quelle marque peut-on déposer ? (forme / validité) - Comment obtenir et défendre une marque ? - Vérifier la disponibilité d'un signe - Comment étendre sa protection à l'étranger ?

**I-2 Le design (01h00) :** Pourquoi protéger ces créations esthétiques ? - Quels sont les outils de protection ? (droit d'auteur / dessin & modèle) - Qu'est-ce qu'un dessin ou un modèle ? - Que peut-on protéger par un dessin ou un modèle ? - Comment déposer un dessin ou un modèle ? - Comment étendre sa protection à l'étranger ?

#### **II – La protection de l'innovation technique**

**II-1 Le brevet (01h00) :** Qu'est-ce qu'un brevet - Que peut-on breveter ? (invention / condition de validité) - Comment lire un brevet ?

**--- Module 2 : 14 octobre 2010 14h/18h ---**

Comment obtenir un brevet ? (procédure de délivrance) (00h30) - Quel droit confère un brevet ? (00h30) - Liberté d'exploitation d'une invention (00h30) - Comment rechercher des brevets dans les bases de données ? (00h30) - Comment étendre sa protection à l'étranger ? (droit de priorité / brevet européen / PCT) (01h00)

## **II-2 Les logiciels et bases de données (00h30)**

**II-3 Le savoir-faire (00h30) :** Qu'est-ce que le savoir-faire ? - Comment formaliser le savoir-faire (cahiers de laboratoire)

**--- Module 3 : 14 octobre 2010 14h/18h ---**

## **III – La stratégie de protection de l'innovation (02h00)**

Définition de l'innovation - Stratégies de protection de l'innovation (secret / brevet / divulgation) - Fonctions stratégiques d'un brevet - Stratégie de valorisation interne (interdire) et externe (autoriser) - Processus d'innovation et décisions en matière de PI (idée / R&D / lancement / exploitation) - Budget PI

## **IV – La titularité des droits de propriété intellectuelle (01h00)**

Le régime des inventions de salariés - Le régime du droit d'auteur (œuvre collective ou collaborative) - Le régime des logiciels - La gestion des droits avec les prestataires / sous-traitants - La gestion des droits avec les partenaires dans les programmes de recherche collaborative

## **V – La défense des droits (01h00)**

Qu'est-ce que la contrefaçon ? - Les actes de contrefaçon - L'appréciation de la contrefaçon - L'exception à la contrefaçon - Règlement amiable et arbitrage - Action en contrefaçon

*Christian MULENET, responsable de l'antenne INPI Franche-Comté*

## **Sociologie des Organisations - Développement stratégique - Financement de l'innovation - Bases du marketing (25h) (B. Belorgey)**

26/78

Un tel module peut apparaître, à première vue, assez hétérogène... En fait, il pose le problème de la mise en œuvre de la stratégie (par une entreprise, donc une organisation) dans un univers où la concurrence (mondiale) passe essentiellement par l'innovation, vecteur dans lequel la puissance publique (UE, Etat, Collectivités) joue un rôle très important, aussi bien en termes de financement que d'infrastructures.

**Sociologie des Organisations & Formes structurelles (3h) :** Le courant classique - Le courant des relations humaines - Les théories de la contingence - Quelques auteurs divers et inclassables - Structure fonctionnelle - Structure divisionnelle - Structure matricielle et par projets.

**Développement stratégique (6h) :** Les deux niveaux de la stratégie (corporate et business) - L'approche globale par les matrices de portefeuille - Les stratégies génériques - Les voies du développement stratégique - Les partenariats.

**Bases du marketing (16h) :** Introduction : Historique, Démarche et Marketing de l'Offre, Marketing stratégique et opérationnel - Approche du marché - Politique de produit - Politique de prix - Politique de communication - Politique de distribution - Conclusion : Marketing et développement durable - Introduction au marketing stratégique - Développement des partenariats stratégiques.

*Bernard Belorgey : Maître de Conférences en Sciences de gestion à l'Université de Franche-Comté (Economie d'entreprise, Management de projet, Stratégie d'entreprise, Marketing). Président de la Boutique de Gestion de Franche-Comté, association d'aide à la création et reprise d'entreprise, gestionnaire de deux pépinières d'entreprises (dont une spécialisée dans l'accompagnement des entreprises innovantes) et d'un hôtel d'entreprises.*

**Visite de l'Incubateur d'Entreprises Innovantes de Franche-Comté IEI.FC**



de  $S_1$  au point O dans la base  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$  est :

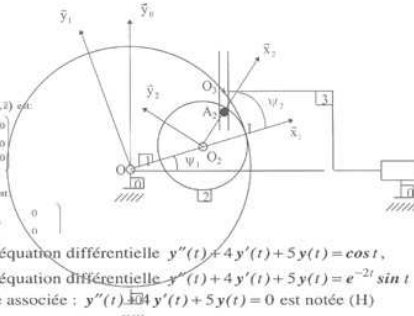
$$I_{S_1} = \begin{pmatrix} 4m, h^4/5 & 0 & 0 \\ 0 & 4m, h^4/5 & 0 \\ 0 & 0 & 2m, R^2/5 \end{pmatrix}$$

en  $G_2$  dans la base  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$  est :

$$I_{G_2} = \begin{pmatrix} 2m, R^2/5 & 0 & 0 \\ 0 & 2m, R^2/5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

On note :

(E<sub>1</sub>) l'équation différentielle  $y''(t) + 4y'(t) + 5y(t) = \cos t$ ,  
 (E<sub>2</sub>) l'équation différentielle  $y''(t) + 4y'(t) + 5y(t) = e^{-2t} \sin t$   
 L'équation homogène associée :  $y''(t) + 4y'(t) + 5y(t) = 0$  est notée (H)



$$[B(x,t)] = \frac{[E(x,t)]^T}{y^2} = \mu_0 \omega_0 [E(x,t)]^T$$

$$\begin{cases} u(x,t) = \frac{1}{2} \omega_0 [E(x,t)]^T + \frac{1}{2} \mu_0 \omega_0 \frac{[E(x,t)]^T}{\mu_0} \\ = \frac{1}{2} \omega_0 [E(x,t)]^T + \frac{1}{2} \omega_0 [E(x,t)]^T = \omega_0 [E(x,t)]^T \end{cases}$$

$$[E(x,t)]^T = \sqrt{2} [B(x,t)]^T = \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0 \omega_0}$$

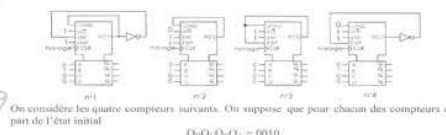
$$\begin{cases} u(x,t) = \frac{1}{2} \omega_0 \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0 \omega_0} + \frac{1}{2} \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} \\ = \frac{1}{2} \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} + \frac{1}{2} \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} = \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} \end{cases}$$

- (A)  $\int_0^1 g(t) dt$  est une intégrale divergente
- (B)  $\int_{-1}^1 g(t) dt = 0$
- (C)  $\int_0^2 g(t) dt = 4 \int_0^{\pi} \sin u du$
- (D)  $\int_0^2 g(t) dt = 4 - 2\sqrt{3}$
- (E)  $\int_0^1 g(t) dt$

La série  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{4n^2-1}$  converge quel que soit  $x$ .

$$S(x) = \frac{1}{\pi} + \frac{1}{2} \cos x + 2 \sum_{n=2}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{4n^2-1} \cos nx$$

La sortie RCO n'évalue pas de façon synchrone mais est liée de manière directe aux entrées ENT, (U) et (Q) par l'expression combinatoire suivante :



...category of consumer spending has been ... on all kinds of home help. Last year, this ... household expenditure, domestic service ...

...of those at the bottom of the pile as ... probably has something to do with ... work. And at the end of the age range, grown ... reliable types, who find it hard to get jobs ...

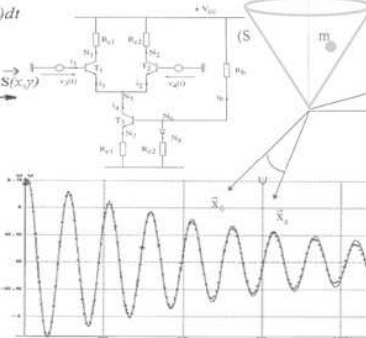
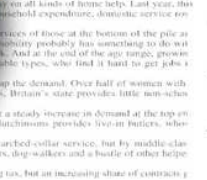
...ed up the demand. Over half of women with ... in the ... state provides little non-schoo ...

... report a steady increase in demand at the top en ... of the ... Household provides live-in help, who ... annual ... of £18,000.

... most ... of the ... double-collar service, but by middle-class ... gardeners, dog-walkers and a host of other help ... are taking over the ... of the ...

... of the work ... find it hard to get jobs ... through agencies.

... up an agency, has become more since ... requirements were abolished two years ago. Some ... firms complain that deregulation has led to fly-by-night operators peddling illegal immigrant and exploitative contracts. Certainly, there have been a few horrible cases of Eilatopians made imprisoned by employers, but most ... agencies exemplify the steady professionalisation of domestic-service jobs that has already made a clean sweep of off ...

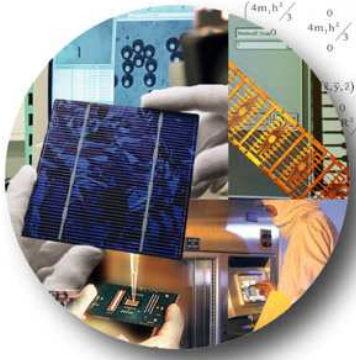


- (A) La famille  $(i, j - k, j + k)$  est liée.
- (B) La matrice de  $f$  dans la base  $(i, j - k, j + k)$  est  $\begin{pmatrix} 1 & 4 & 0 \\ 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$
- (C) La matrice de  $f$  dans la base  $(i, \frac{j-k}{4}, \frac{j+k}{8})$  est  $\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$
- (D) Pour tout entier naturel non nul  $n$ ,  $A^n = I + nB + \frac{n(n-1)}{2} B^2$
- (E)  $A^n = \begin{pmatrix} 1 & -2n & -200 \\ 0 & -n & -10 \\ 0 & 10 & 11 \end{pmatrix}$

On se propose de trouver quelques propriétés de la courbe  $C$  dont la représentation dans un repère du plan est :

$$\begin{cases} x(t) = \frac{1+t^2}{1-t^2} \\ y(t) = \frac{1-t^2}{1+t^2} \end{cases}, \text{ avec } t \text{ réel.}$$

On considère trois points du plan A,B,S non alignés. On suppose que A est d'affixe -1, B d'affixe +1, et l'on note  $s = u+iv$  l'affixe de S. Ainsi  $v \neq 0$ . On note  $C$  le cercle circonscrit au triangle (A,B,S),  $\Omega$  son centre et  $O$  l'affixe de  $\Omega$ . F est le point où la droite orthogonale à (AB) issue de S recoupe  $C$ , et H le symétrique de F par rapport à la droite (AB).

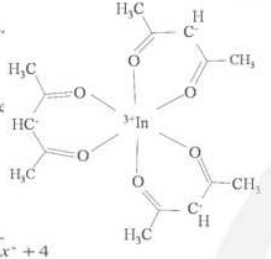


L'intégrale  $\int_0^{+\infty} f(t) dt$  est convergente

$$\int_0^1 f(t) dt = \int_0^1 \frac{x^4}{x^4-16} dx$$

$$\frac{1}{x^4-16} = 1 + \frac{2}{x^2-4} - \frac{2}{x^2+4}$$

$$\frac{1}{x^4-16} = 1 + \frac{1}{2(x+2)} + \frac{1}{2(x-2)} - \frac{1}{x^2+4}$$

$$\int_0^1 f(t) dt = 2 - \ln 3 - 2 \operatorname{Arctan} \frac{1}{2}$$


## ► MAT : Matériaux et Surfaces (J. Takadoum)

<b>Matériaux et Surfaces</b>		<b>124</b>	<b>0</b>	<b>44</b>	<b>0</b>	<b>168</b>	
MAT	MAT6	Mécanique et physicochimie des surfaces	36	0	20	0	56
	MAT7	Corrosion, traitement et fonctionnalisation des surfaces	36	0	20	0	56
	MAT8	Les nouveaux matériaux	52	0	4	0	56

### Objectifs

Consolider les connaissances des futurs ingénieurs dans les domaines de la science des matériaux et des surfaces. L'accent est mis sur trois points clefs qui forment ce module spécifique :

- Les nouveaux matériaux : Présenter différentes familles de nouveaux matériaux dont les propriétés et les performances révolutionnent aujourd'hui de nombreux secteurs industriels (automobile, électronique, biomédical, spatial, bâtiment,...). L'objet de ce cours est de permettre aux futurs ingénieurs de choisir certains matériaux de pointe pour des applications spécifiques.
- Mécanique et physicochimie des surfaces : Ce cours fait le point sur le problème crucial de la fiabilité et la résistance à la dégradation des surfaces des matériaux. Il pose les bases de la tribologie (science du frottement, de l'usure et de la lubrification), présente les principaux outils mathématiques pour décrire une surface ainsi que le contact entre deux surfaces et aborde enfin les techniques de lubrification. Les domaines concernés par cette problématique sont vastes et vont des moteurs (lubrification, durée de vie) à l'usure des outils de coupe ou des rails des chemins de fer en passant par la qualité de la semelle d'un ski ou encore la fiabilité des matériaux de freinage.
- Corrosion, traitement et fonctionnalisation des surfaces : On présente le phénomène de corrosion des matériaux et des structures (corrosion humide, corrosion sèche). L'accent est particulièrement mis sur le choix des matériaux et les applications industriels (enjeux économiques, exemples d'applications, données sur la sécurité et la fiabilité des systèmes). La seconde partie du cours est consacrée à la protection des surfaces contre la corrosion notamment à l'aide de techniques de traitements de surfaces. Ces techniques peuvent également être mises en œuvre pour fonctionnaliser les surfaces en vue d'autres d'applications (surfaces intelligentes, surface hydrophile, surface hydrophobe, surface collante, ...). Des exemples seront donnés et commentés.

28/78

Les compétences acquises dans le cadre de cet enseignement permettront aux ingénieurs d'être capables de choisir et de mettre en œuvre des matériaux performants destinés à des applications spécifiques. Ils pourront également faire face aux problèmes liés à la dégradation des matériaux et des mécanismes (usure, vieillissement, corrosion). Ils sauront analyser les dysfonctionnements des systèmes d'un point de vue mécanique et apporter des solutions en termes de choix des matériaux, traitement et fonctionnalisation des surfaces. Les débouchés sont vastes: ils vont du transport, à l'industrie mécanique et l'horlogerie en passant par l'ingénierie biomédicale ou encore les micro et nanotechnologies.

Consolider les connaissances du futur ingénieur en science des matériaux et des surfaces et permettre, à travers le choix des modules transverses, de compléter sa formation dans des domaines connexes ou d'approfondir les connaissances acquises dans le cadre des modules spécifiques

Les modules spécifiques permettent de :

- Connaître les différentes familles de nouveaux matériaux qui révolutionnent aujourd'hui de nombreux secteurs industriels (automobile, électronique, biomédical, spatial, bâtiment,...).
- Faire le point sur le problème crucial de la fiabilité et de la résistance à la dégradation des surfaces des matériaux. Approche double : mécanique du contact (tribologie) et matériaux.
- Acquérir de larges connaissances dans le domaine de la corrosion et du traitement de surface des matériaux: caractériser le type de corrosion, tester les matériaux et choisir les techniques de protection, en termes de traitement de surfaces, choix de matériaux.

Les modules transverses permettent :

- Un vaste choix de cours d'ouverture sur de nombreux champs de compétences en sciences pour l'ingénieur (voir page précédente)
- Une option qui se différencie des autres options par la spécificité « surfaces ».
- Une bonne connaissance des propriétés des matériaux et des phénomènes de surface, alliée à une grande ouverture vers les matériaux de pointe et complétée par un vaste choix de cours optionnels.

Une option qui allie approche fondamentale et applications et qui ouvre la voie vers une multitude de secteurs industriels.

## Architecture de l'option

Module	Intitulé	Caractéristiques	Volume horaire	Nombre ECTS
M1	<b>Economie – Gestion – Communication</b>	<b>Obligatoire et commun à toutes les options</b>	56	3
M2	<b>Anglais – LV2</b>		56	3
M3	<b>Projet</b>	<b>En rapport avec l'option choisie</b>	56	4
M4	<b>Module transverse (MT)</b>	<b>Choix de l'élève parmi 9 cours de la liste 1</b>	56	4
M5	<b>Module transverse (MT)</b>	<b>Choix de l'élève parmi 9 cours de la liste 2</b>	56	4
M6	<b>Module spécifique (MS)</b>	<b>Groupe de 3 cours propres à chaque option</b>	56	4
M7	<b>Module spécifique (MS)</b>		56	4
M8	<b>Module spécifique (MS)</b>		56	4
<b>Total :</b>			<b>448 h</b>	<b>30 ECTS</b>

29/78

## Module SEHS - LV (M1 – M2)

### **Module M1 : Sciences Economiques Humaines et Sociales (56h)**

#### **Economie**

**Comprendre l'économie : principes de micro-économie :** Le comportement du producteur : la fonction d'offre – la structure des coûts - Le comportement du consommateur : la fonction de demande - L'équilibre dans le système de marché - L'altération du modèle de concurrence parfaite - L'Etat et le calcul économique - La micro-économie appliquée : les choix d'investissement

**Comprendre la Société :** Les modèles d'équilibre : le modèle "classique" - le modèle "keynésien" - Régulation sociale et inégalités sociales - Risque industriel et risque pour la société - Gestion de l'environnement

**Comprendre le Monde :** La mondialisation - Le Système Monétaire International - Développement et commerce mondial

#### **Gestion**

**Groupes de sociétés :** Regroupements d'entreprises – Holding et pouvoir de contrôle – Gouvernance d'entreprise – Les comptes de groupe - Etude de cas : le groupe Peugeot

**Les marchés financiers :** Marchés financiers et monétaires : la fixation du taux d'intérêt - Marché des actions : fixation d'un cours d'équilibre – principes de la bourse - Méthodes de

couverture du risque financier : opérations à terme - options - Etude de cas : couverture du risque de change

**Coûts et indicateurs de performance :** L'optimum de production - La démarche des coûts-cibles - Le Surplus de Productivité Globale - Les Prix de Cession Interne - Etude de cas

### **Management des hommes et des équipes**

Cours n°1 (4h) : Processus et organisation de l'entreprise - Présentation des éléments d'histoire du management - Méthode d'analyse de la performance des organisations.

Cours n°2 (4h) : Processus et organisation de l'entreprise (suite) - Approche globale - Analyse systémique - Le schéma de l'action stratégique - Module : Management et communication.

Cours n°3 (4h) : Les outils de base - Bien se connaître pour identifier ses capacités à communiquer et ses modalités de relation - Connaître les 5 « pilotes » qui nous conditionnent. Se donner des solutions-permissions de changement pour améliorer sa propre communication. La communication: schéma de base pour développer une écoute de qualité. La déperdition de l'information - La subjectivité dans la relation. Comment mieux communiquer: la matrice de résolution de problèmes. - Module: Principes et outils du management

Cours n°4 (4h) : Pratique du management - Système de management - Le leadership - L'autorité sur le groupe. Management et influence. Management de situation - Les différents styles. Carte des partenaires. Stratégie des alliés.

TD par option

Cas PRP : Changements organisationnel et stratégique - Tableau de bord prospectif - dans une PME.

Séance n°1 : Séance préparatoire - Présentation du cas - Présentation du travail préparatoire - Travail demandé - Organisation des groupes.

Séance n°2 : Problématique générale.

Séance n°3 : Convergence entre stratégie et organisation.

Séance n°4 : Tableau de bord de pilotage - Proposition de solutions.

Le management de proximité (TD : 2h) (I. Rougeot) : Moyens - Devoirs - Droits - Règles - Management de recadrage.

Le management de proximité (TD : 2h) (V. Mollier) : Management et éthique.

### **Module M2 : Anglais – Langue vivante 2 (56h)**

---

#### **Anglais**

Anglais commercial : CV - lettre de motivation - entretiens d'embauche - échanges professionnels (réunions en anglais, déplacements professionnels à l'étranger) - communiquer par téléphone, fax, mail, courrier - Logiciel Tell Me More e-learning avec tuteur.

#### **Langue vivante 2**

Allemand - Chinois - Espagnol - Italien - Japonais.

Certification BULATS (Business Language Testing Service) en Allemand ou Espagnol.

30/78

## **Module projet (M3)**

### **Module M3 : Projet**

---

Matériaux et surfaces dans les domaines de l'automobile, l'outillage/usinage, les capteurs, les actionneurs, les microscopies à champ proche, le biomédical.

## Modules transverses (M4 – M5)

### Module M4 : Module transverse à choisir parmi 9 cours (56h)

#### Liste 1 (9 cours)

<b>Code</b>	<b>Intitulé</b>	<b>Responsable</b>	<b>C/C onf</b>	<b>TD</b>	<b>TP</b>	<b>T</b>
ACI4	Amélioration continue industrielle	C. Dielemans	52	0	4	56
ACOUS4	Acoustique/Vibroacoustique	M. Ouisse	27	5	24	56
CAO4	Capteurs, actionneurs et CAO	E. Bigler	56	0	0	56
C3M4	Conception Mécanique, Microsystèmes, Microfabrication	N. Boudeau	56	0	0	56
INST4	Instrumentation pour les transports	P. Vairac	56	0	0	56
MEMI4	Mécanique expérimentale, mesure, instrumentation	N. Boudeau	56	0	0	56
PS4	Physique des surfaces	M. Devel	52	0	4	56
ROBOT4	Robotique et Vision	N. Piat	34	0	24	56
SIW4	Systèmes d'informations et application Web	C. Varnier	18	6	32	56

### Module M5 : Module transverse à choisir parmi 10 cours (56h)

#### Liste 2 (8 cours)

<b>Code</b>	<b>Intitulé</b>	<b>Responsable</b>	<b>C/C onf</b>	<b>TD</b>	<b>TP</b>	<b>T</b>
BIO5	Biomécanique, biomatériaux et matériaux issus de la biomasse	G. Monteil	38	10	8	56
CSEF5	Calculs et simulation par éléments finis	R. Laydi	38	18	0	56
EEER5	Efficacité Energétique & Energies Renouvelables	B. Cavallier N. Ratier	36	20	0	56
FAB5	Procédés de fabrication avancés	M. Fontaine	38	10	8	56
FTM5	Fabrication et Technologies des Microsystèmes <b>Partiel sur les conférences</b>	E. Bigler	56	0	0	56
MAENV5	Matériaux et Environnement	D. Teyssieux P. Stempflé	56	0	0	56
MOD5	Méthodes d'Optimisation et de Décision	G. Laurent	36	10	10	56
PLM5	Approche PLM et Ingénierie des Procédés	N. Bodin	4	52	0	56

31/78

## Modules spécifiques (M6 – M7 – M8)

### Module MAT6 : Mécanique et physicochimie des surfaces (56 heures)

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Mécanique du contact</b>	18	0	12	0	
<b>Physico-chimie des surfaces</b>	18	0	8	0	
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>56</b>

**Mécanique du contact (cours : 18h - TP : 12h)**

Critères énergétique et mécanique - Contact Hertzien simplifié - Contacts élastiques modèles - Contacts adhésifs (théorie JKR) - Tests d'adhérence (pelage, DCB, pégoité,...) - Méthodes générales de résolution - Chargement linéique - Chargement ponctuel - Répartition des pressions dans l'aire de contact - Théorie de Hertz généralisée - La rugosité des surfaces - Les contacts rugueux - Frottement - Usure

Cours : Guy Monteil - TP : Philippe Stempfélé

### **Physico-chimie des surfaces (cours : 18h - TP : 8h)**

Énergie de surface des phases condensées - Composantes de l'énergie de surface - Paramètres de solubilité - Métrologie des énergies de surface - Rhéologie viscosité des fluides- Les équations de la lubrification.

Cours : Guy Monteil - TP : Philippe Stempfélé

### **Module MAT7 : Corrosion, traitement et fonctionnalisation de surfaces (56 heures)**

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Traitement et fonctionnalisation de surfaces</b>	12	0	12	0	
<b>Corrosion et réactivité des surfaces</b>	24	0	8	0	
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>56</b>

### **Traitement et fonctionnalisation des surfaces (cours : 12h - TP : 12h)**

Traitements de surface et revêtements chimiques, électrolytiques ou de conversion.

Cours + TP : Patrice Bercot

### **Corrosion et réactivité des surfaces (cours : 24h - TP : 8h)**

Généralités sur la corrosion, aspect électrochimique - Différents types de corrosion en relation avec les matériaux métalliques et leur mode d'assemblage (corrosion généralisée, corrosion galvanique, localisée, corrosion sous contrainte, corrosion par fatigue, fragilisation par l'hydrogène) - La corrosion sèche - Calcul des vitesses de corrosion - Moyens de lutte contre la corrosion : protection par des inhibiteurs de corrosion, protections électriques (cathodique et anodique), protection par des revêtements

Cours : Patrice Bercot et Jamal Takadoum - TP : Patrice Bercot

32/78

### **Module MAT8 : Les nouveaux matériaux (56 heures)**

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Matériaux composites et céramiques</b>	24	0	0	0	
<b>Matériaux pour applications spécifiques</b>	12	0	0	0	
<b>Matériaux adaptatifs</b>	16	0	0	0	
		0	4	0	
<b>Salle blanche</b>					
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>56</b>

### **Matériaux composites et céramiques (Cours 24 heures)**

*Matériaux composites (12h : Frédéric Thiébaud)*

Généralités sur les matériaux composites - Origine des propriétés élastiques d'une monocouche - Propriétés élastiques des matériaux composites - Relations contraintes - déformations dans les multicouches - La rupture : prévisions et critères - Analyse statistique de la rupture - Détermination expérimentale des différents paramètres mécaniques - L'endommagement des composites - Les effets de bords et les contraintes interlaminaires - Calcul des plaques et des poutres en composites - Mise en œuvre des composites - Bibliographie succincte.

*Matériaux céramiques (12h : Nicolas Martin)*

Définition des matériaux céramiques - Modes d'élaboration : Le frittage (matériaux massifs). PVD et CVD (les céramiques en couche mince) - Principales céramiques techniques : propriétés et domaines d'utilisation

### **Matériaux pour applications spécifiques (Cours 12 h : Jamal Takadoum)**

Matériaux encapsulés - Les nanomatériaux - Les matériaux thermochrome - Les matériaux anti-usure ou anti-corrosion. La zircone - Le dioxyde de titane.



**Matériaux adaptatifs (Cours 16 heures)**

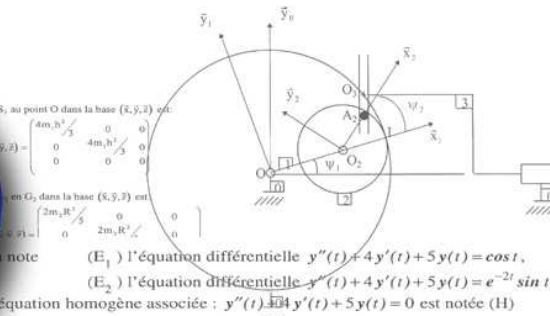
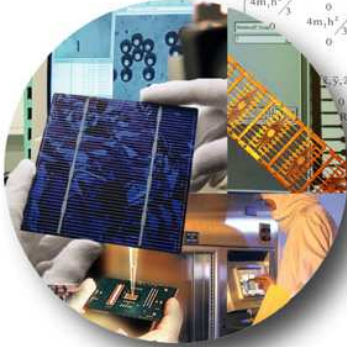
*Alliages à mémoire de forme (10h : Christian LExcellent)*

Comportement thermomécanique - Mécanisme et thermodynamique de la transformation martensitique : modèles phénoménologiques macroscopiques - Traitement thermique des alliages à mémoire de forme - Quelques applications utilisant les alliages à mémoire de forme comme actionneurs.

*Matériaux piézo-électriques, électro-strictifs et magnétostrictifs (6h : Laurent Hirsinger)*

Principe et applications

**TP salle blanche (4h : Joseph Gavaille)**



- (A)  $\int_0^1 g(t)dt$  est une intégrale divergente
- (B)  $\int_{-1}^1 g(t)dt = 0$
- (C)  $\int_0^2 g(t)dt = 4 \int_0^{\pi} \sin u du$
- (D)  $\int_0^2 g(t)dt = 4 - 2\sqrt{3}$
- (E)  $\int_0^4 g(t)dt$

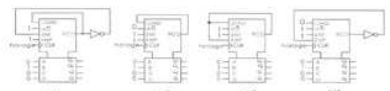
$$[E(x,t)]^T = \frac{[E(x,t)]^T}{v^2} = \mu_0 \epsilon_0 [E(x,t)]^T$$

$$\begin{cases} u(x,t) = \frac{1}{2} \epsilon_0 [E(x,t)]^T + \frac{1}{2} \frac{\mu_0 \epsilon_0 [E(x,t)]^T}{\mu_0} \\ = \frac{1}{2} \epsilon_0 [E(x,t)]^T + \frac{1}{2} \epsilon_0 [E(x,t)]^T = \epsilon_0 [E(x,t)]^T \end{cases}$$

$$[E(x,t)]^T = v^2 [B(x,t)]^T = \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0 \epsilon_0}$$

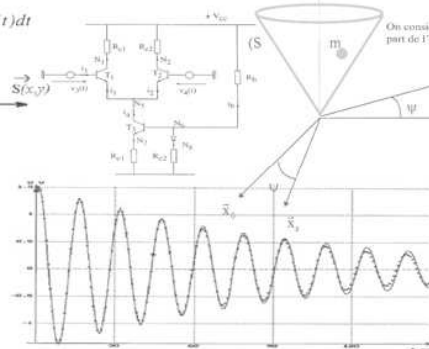
$$\begin{cases} u(x,t) = \frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 [B(x,t)]^T}{\mu_0 \epsilon_0} + \frac{1}{2} \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} \\ = \frac{1}{2} \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} + \frac{1}{2} \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} = \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} \end{cases}$$

La sortie RCO n'évolue pas de façon synchrone mais est liée de manière directe aux entrées ENT. (U;B) est à Q<sub>0</sub>, Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub> par l'expression combinatoire suivante :



On considère les quatre compteurs suivants. On suppose que pour chacun des compteurs on part de l'état initial Q<sub>0</sub>Q<sub>1</sub>Q<sub>2</sub>Q<sub>3</sub> = 0010

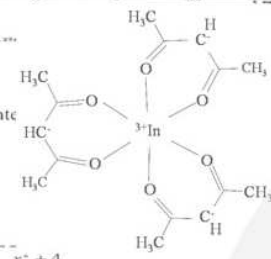
- (A) La famille  $(i, j, k, l) = (j, i, k, l)$  est liée.
- (B) La matrice de f dans la base  $(i, j, k, l)$  est  $\begin{pmatrix} 1 & 4 & 0 \\ 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$
- (C) La matrice de f dans la base  $(i, j, k, l)$  est  $\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$
- (D) Pour tout entier naturel non nul n,  $A^n = I + nB + \frac{n(n-1)}{2} B^2$
- (E)  $A^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & -200 & -200 \\ 0 & -9 & -10 \\ 0 & 10 & 11 \end{pmatrix}$



On se propose de trouver quelques propriétés de la courbe C dont la représentation dans un repère du plan est :

$$\begin{cases} x(t) = \frac{1+t^2}{1-t^2} \\ y(t) = \frac{1-t^2}{1+t^2} \end{cases}$$
 avec t réel.

On considère trois points du plan A, B, S non alignés. On suppose que A est d'affixe -1, B d'affixe +1, et l'on note  $s = u + iv$  l'affixe de S. Ainsi  $v \neq 0$ . On note C le cercle circonscrit au triangle (A,B,S),  $\Omega$  son centre et  $\omega$  l'affixe de  $\Omega$ . F est le point où la droite orthogonale à (AB) issue de S recoupe C, et H le symétrique de F par rapport à la droite (AB).



L'intégrale  $\int_0^{+\infty} f(t)dt$  est convergente

$$\int_0^1 f(t)dt = \int_0^1 \frac{x^4}{x^4 - 16} dx$$

$$\int_0^1 \frac{x^4}{x^4 - 16} = 1 + \frac{2}{x^2 - 4} - \frac{2}{x^2 + 4}$$

$$\int_0^1 \frac{x^4}{x^4 - 16} = 1 + \frac{1}{2(x+2)} + \frac{1}{2(x-2)} - \frac{1}{x^2 + 4}$$

$$\int_0^1 f(t)dt = 2 - \ln 3 - 2 \operatorname{Arctan} \frac{1}{2}$$

La matrice d'inertie de S<sub>1</sub> au point O dans la base  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$  est :

$$\begin{pmatrix} 4m, h^2/5 & 0 & 0 \\ 0 & 4m, h^2/3 & 0 \\ 0 & 0 & 2m, R^2/4 \end{pmatrix}$$

## Mécanique, Ingénierie, Environnement



## ► MENV : Mécanique, Ingénierie, Environnement (J.C. Gelin)

### Objectifs et Débouchés

Les préoccupations environnementales prennent de plus en plus d'importance dans les démarches associées à la conception, la production, la commercialisation et au cycle de vie des composants et systèmes, en particulier mécaniques. Parallèlement, l'ingénierie des systèmes et microsystèmes mécaniques a largement évolué ces dernières années, avec le développement des approches intégrées associant l'ensemble des étapes d'études, conception, modélisation et simulation, prototypage et fabrication, contrôle et implémentation, grâce notamment au développement de la chaîne numérique complète, ou encore de l'approche PLM. Il est ainsi possible de concevoir, modéliser, fabriquer et tester virtuellement des composants et systèmes, de les assembler, pour produire des appareils ou équipements (capteurs, actionneurs, véhicules automobiles, avions...).

Les enseignements proposés dans l'option "Mécanique, Ingénierie et Environnement", se situent dans cette démarche, et comprennent trois aspects principaux :

- l'ingénierie de conception et éco-conception, visant à développer la démarche de conception-production, en y incluant les aspects économiques et environnementaux, ainsi que la pratique des méthodologies d'ingénierie modernes,
- la Modélisation et Simulation en Mécanique, visant à fournir aux élèves les outils méthodologiques pour aborder et pratiquer la modélisation, simulation et optimisation des systèmes complexes, multiphysiques et multitechnologiques,
- les couplages calculs-essais, visant à pratiquer les corrélations simulations-essais, afin de conforter et valider les approches méthodologiques de conception, simulation et fabrication.

35/78

La formation est construite, autour d'une approche pédagogique intégrée, dans le cadre de la méthodologie PLM, et largement basée sur les outils de conception, modélisation et simulation.

L'option correspond au profil type des ingénieurs « Recherche, Développement et Ingénierie » dans les entreprises concernées par les secteurs de l'aéronautique, de l'automobile, du biomédical et des biotechnologies, de l'énergie et environnement, des microtechniques et microtechnologies...

## Architecture de l'option

Module	Intitulé	Caractéristiques	Volume horaire	Nombre ECTS
M1	<b>Economie – Gestion – Communication</b>	<b>Obligatoire et commun à toutes les options</b>	56	3
M2	<b>Anglais – LV2</b>		56	3
M3	<b>Projet</b>	<b>En rapport avec l'option choisie</b>	56	4
M4	<b>Module transverse (MT)</b>	<b>Choix de l'élève parmi 9 cours de la liste 1</b>	56	4
M5	<b>Module transverse (MT)</b>	<b>Choix de l'élève parmi 9 cours de la liste 2</b>	56	4
M6	<b>Module spécifique (MS)</b>	<b>Groupe de 3 cours propres à chaque option</b>	56	4
M7	<b>Module spécifique (MS)</b>		56	4
M8	<b>Module spécifique (MS)</b>		56	4
<b>Total :</b>			<b>448 h</b>	<b>30 ECTS</b>

## Module SEHS - LV (M1 – M2)

### **Module M1 : Sciences Economiques Humaines et Sociales (56h)**

36/78

#### **Economie**

**Comprendre l'économie : principes de micro-économie :** Le comportement du producteur : la fonction d'offre – la structure des coûts – Le comportement du consommateur : la fonction de demande – L'équilibre dans le système de marché – L'altération du modèle de concurrence parfaite – L'Etat et le calcul économique – La micro-économie appliquée : les choix d'investissement

**Comprendre la Société :** Les modèles d'équilibre : le modèle "classique" – le modèle "keynésien" – Régulation sociale et inégalités sociales – Risque industriel et risque pour la société – Gestion de l'environnement

**Comprendre le Monde :** La mondialisation – Le Système Monétaire International – Développement et commerce mondial

#### **Gestion**

**Groupes de sociétés :** Regroupements d'entreprises – Holding et pouvoir de contrôle – Gouvernance d'entreprise – Les comptes de groupe – Etude de cas : le groupe Peugeot

**Les marchés financiers :** Marchés financiers et monétaires : la fixation du taux d'intérêt – Marché des actions : fixation d'un cours d'équilibre – principes de la bourse – Méthodes de couverture du risque financier : opérations à terme – options – Etude de cas : couverture du risque de change

**Coûts et indicateurs de performance :** L'optimum de production – La démarche des coûts-cibles – Le Surplus de Productivité Globale – Les Prix de Cession Interne – Etude de cas

#### **Management des hommes et des équipes**

Cours n°1 (4h) : Processus et organisation de l'entreprise – Présentation des éléments d'histoire du management – Méthode d'analyse de la performance des organisations.

Cours n°2 (4h) : Processus et organisation de l'entreprise (suite) - Approche globale - Analyse systémique - Le schéma de l'action stratégique - Module : Management et communication.

Cours n°3 (4h) : Les outils de base - Bien se connaître pour identifier ses capacités à communiquer et ses modalités de relation - Connaître les 5 « pilotes » qui nous conditionnent. Se donner des solutions-permissions de changement pour améliorer sa propre communication. La communication: schéma de base pour développer une écoute de qualité. La déperdition de l'information - La subjectivité dans la relation. Comment mieux communiquer: la matrice de résolution de problèmes. - Module: Principes et outils du management

Cours n°4 (4h) : Pratique du management - Système de management - Le leadership - L'autorité sur le groupe. Management et influence. Management de situation - Les différents styles. Carte des partenaires. Stratégie des alliés.

TD par option

Cas PRP : Changements organisationnel et stratégique - Tableau de bord prospectif - dans une PME.

Séance n°1 : Séance préparatoire - Présentation du cas - Présentation du travail préparatoire - Travail demandé - Organisation des groupes.

Séance n°2 : Problématique générale.

Séance n°3 : Convergence entre stratégie et organisation.

Séance n°4 : Tableau de bord de pilotage - Proposition de solutions.

Le management de proximité (TD : 2h) (I. Rougeot) : Moyens - Devoirs - Droits - Règles - Management de recadrage.

Le management de proximité (TD : 2h) (V. Mollier) : Management et éthique.

---

## **Module M2 : Anglais – Langue vivante 2 (56h)**

37/78

### **Anglais**

Anglais commercial : CV - lettre de motivation - entretiens d'embauche - échanges professionnels (réunions en anglais, déplacements professionnels à l'étranger) - communiquer par téléphone, fax, mail, courrier - Logiciel Tell Me More e-learning avec tuteur.

### **Langue vivante 2**

Allemand - Chinois - Espagnol - Italien - Japonais.

Certification BULATS (Business Language Testing Service) en Allemand ou Espagnol.

## **Module projet (M3)**

---

### **Module M3 : Projet**

#### **Projet d'Eco conception et production**

Réalisation d'une étude complète d'un système mécanique, micromécanique ou mécatronique, à partir d'un cahier des charges de type industriel, dans une démarche de gestion de projet impliquant conception-dimensionnement-tests-fabrication, avec intégration des aspects économiques et environnementaux : calcul du coût et évaluation des répercussions environnementales (durée de vie, démontabilité, recyclabilité, pollution...).

## **Modules transverses (M4 – M5)**

---

### **Module M4 : Module transverse à choisir parmi 9 cours (56h)**

#### **Liste 1 (9 cours)**

<b>Code</b>	<b>Intitulé</b>	<b>Responsable</b>	<b>C/C onf</b>	<b>TD</b>	<b>TP</b>	<b>T</b>
ACI4	Amélioration continue industrielle	C. Dielemans	52	0	4	56
ACOUS4	Acoustique/Vibroacoustique	M. Ouisse	27	5	24	56
CAO4	Capteurs, actionneurs et CAO	E. Bigler	56	0	0	56
C3M4	Conception Mécanique, Microsystèmes, Microfabrication	N. Boudeau	56	0	0	56
INST4	Instrumentation pour les transports	P. Vairac	56	0	0	56
MEMI4	Mécanique expérimentale, mesure, instrumentation	N. Boudeau	56	0	0	56
PS4	Physique des surfaces	M. Devel	52	0	4	56
ROBOT4	Robotique et Vision	N. Piat	34	0	24	56
SIW4	Systèmes d'informations et application Web	C. Varnier	18	6	32	56

**Module M5 : Module transverse à choisir parmi 10 cours (56h)**

**Liste 2 (8 cours)**

<b>Code</b>	<b>Intitulé</b>	<b>Responsable</b>	<b>C/C onf</b>	<b>TD</b>	<b>TP</b>	<b>T</b>
BIO5	Biomécanique, biomatériaux et matériaux issus de la biomasse	G. Monteil	38	10	8	56
CSEF5	Calculs et simulation par éléments finis	R. Laydi	38	18	0	56
EEER5	Efficacité Energétique & Energies Renouvelables	B. Cavallier N. Ratier	36	20	0	56
FAB5	Procédés de fabrication avancés	M. Fontaine	38	10	8	56
FTM5	Fabrication et Technologies des Microsystèmes <b>Partiel sur les conférences</b>	E. Bigler	56	0	0	56
MAENV5	Matériaux et Environnement	D. Teyssieux P. Stempflié	56	0	0	56
MOD5	Méthodes d'Optimisation et de Décision	G. Laurent	36	10	10	56
PLM5	Approche PLM et Ingénierie des Procédés	N. Bodin	4	52	0	56

38/78

**Modules spécifiques (M6 – M7 – M8)**

**Module MENV6 : Ingénierie de Conception et éco-conception**

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Ingénierie de Conception et éco-conception</b>	28	0	16	12	
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>56</b>

**Objectifs :** Apporter aux élèves un ensemble de connaissances leur permettant de développer une ingénierie de conception-production complète, partant d'une définition de besoins jusqu'à la réalisation du système, en respectant les contraintes environnementales et économiques.

**Programme :**

Contraintes environnementales et économiques pour les produits et systèmes mécaniques : bruit, pollution, maintenabilité, recyclabilité, coûts et délais, durée de vie. Démarche intégrée de

conception de produits et systèmes : des matériaux aux systèmes et à leur recyclabilité. Apports de l'ingénierie intégrée et simultanée pour la conception-production des systèmes et microsystèmes mécaniques - Modèles, logiciels et outils pour l'éco-conception / écofabrication collaborative - Contrôle du processus de conception-production et gestion de projet.

**Conférences** : Intervenants de l'ADEME, EDF/GDF, CEA, PSA.

**Module MENV7 : Modélisation et Simulation en Mécanique**

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Modélisation et Simulation en Mécanique</b>	28	8	12	8	
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>56</b>

**Objectifs** : Fournir aux élèves les connaissances complémentaires en mécanique des structures, des fluides et des systèmes énergétiques, pour pouvoir aborder la modélisation et la simulation des systèmes complexes intégrés ; avec application au dimensionnement statique et dynamique, à la prévision de tenue de service et durée de vie et aux procédés de fabrication.

**Programme** :

- Modélisation et Simulation en Mécanique des Structures, des Fluides et des Systèmes : développements et applications industrielles.
- Modélisation et Simulation en Mécanique des Solides et des Structures : Mécanique et dynamique non linéaire des Solides et des Structures, Application au dimensionnement en statique et dynamique, Applications à la simulation des systèmes et procédés.
- Modélisation et Simulation en Mécanique des Fluides et Dynamique des gaz compressibles : Ecoulements de fluides visqueux newtoniens et non newtoniens, dynamique des fluides non newtoniens. Ecoulements des gaz parfaits et des gaz réels.
- Application au dimensionnement des machines et des systèmes, aux procédés d'élaboration et de fabrication.

**Conférences** : Intervenants du secteur de l'Ingénierie (ALTRAN), de l'Automobile (PSA) et de l'Aéronautique (Airbus)

39/78

**Module MENV8 : Couplages Calculs-Essais en dynamique des Structures et Procédés de fabrication**

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Corrélation calculs – essais en dynamique des structures</b>	16	0	12	0	
<b>Simulation des procédés et mesures</b>					
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>56</b>

**Objectifs** : Fournir aux élèves les moyens d'appréhender une démarche calculs-essais en mécanique ou micromécanique, en analysant à partir d'essais, les corrections à apporter à la conception pour satisfaire un cahier des charges donné.

**Corrélation Calculs-Essais en Dynamique des Structures**

- Vibration des Structures : Rappels et Compléments,
- Modélisation en dynamique des Structures : Eléments finis, calculs de fréquences et modes, réponses transitoires,
- Validation des modèles et recalage de modèles,
- Utilisation des méthodes et méthodologies dans différents domaines industriels : automobile, aéronautique, MEMS.

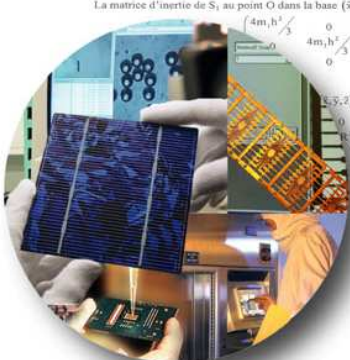
**Simulation des Procédés et Mesures**

- Procédés de fabrication : Rappels et Compléments
- Modélisation et Simulation des Procédés : éléments finis, calculs des écoulements et déformations, compléments de mécanique non linéaire des solides et des fluides, défauts de fabrication
- Validation des modèles numériques et comparaisons calculs-essais pour identification et optimisation

- Applications aux procédés industriels utilisés dans l'automobile, l'aéronautique, le biomédical et les microtechnologies.

**Conférences** : Intervenants du secteur Automobile (PSA ou Renault), Aéronautique (Airbus), Biomédical (Sophysa, Imasonic, Statice Santé).





de  $S_1$  au point  $O$  dans la base  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$  est :

$$G_1 = \begin{pmatrix} 4m, h^2/3 & 0 & 0 \\ 0 & 4m, h^2/3 & 0 \\ 0 & 0 & 2m, R^2/2 \end{pmatrix}$$

en  $G_2$ , dans la base  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$  est :

$$G_2 = \begin{pmatrix} 2m, R^2/2 & 0 & 0 \\ 0 & 2m, R^2/2 & 0 \\ 0 & 0 & 4m, h^2/3 \end{pmatrix}$$

On note  $(E_1)$  l'équation différentielle  $y''(t) + 4y'(t) + 5y(t) = \cos t$ ,  
 et  $(E_2)$  l'équation différentielle  $y''(t) + 4y'(t) + 5y(t) = e^{-2t} \sin t$   
 L'équation homogène associée :  $y''(t) + 4y'(t) + 5y(t) = 0$  est notée (H)

$[B(x,t)]^T = \frac{[E(x,t)]^T}{y^2} = \mu_0 \omega_0 [E(x,t)]^T$

$$\begin{cases} u(x,t) = \frac{1}{2} \omega_0 [E(x,t)]^T + \frac{1}{2} \frac{\mu_0 \omega_0 [E(x,t)]^T}{\mu_0} \\ = \frac{1}{2} \omega_0 [E(x,t)]^T + \frac{1}{2} \omega_0 [E(x,t)]^T = \omega_0 [E(x,t)]^T \end{cases}$$

$[E(x,t)]^T = \sqrt{2} [B(x,t)]^T = \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0 \omega_0}$

$$\begin{cases} u(x,t) = \frac{1}{2} \frac{\omega_0 [B(x,t)]^T}{\mu_0 \omega_0} + \frac{1}{2} \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} \\ = \frac{1}{2} \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} + \frac{1}{2} \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} = \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} \end{cases}$$

(A)  $\int_0^4 g(t) dt$  est une intégrale divergente  
 (B)  $\int_0^2 g(t) dt = 0$   
 (C)  $\int_0^2 g(t) dt = 4 \int_0^{\pi/3} \sin u du$   
 (D)  $\int_0^2 g(t) dt = 4 - 2\sqrt{3}$   
 (E)  $\int_0^2 g(t) dt$

$S(x) = \frac{1}{2} \cos x + 2 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^k}{4k^2 - 1} \cos 2kx$ . La sortie RCO n'évoque pas de façon synchrone mais est liée de manière directe aux entrées ENT. (U, E) jet à  $Q_0, Q_1, Q_2, Q_3, Q_4$ , par l'expression combinatoire suivante :  
 RCO = ENT [(U)  $Q_0, Q_1, Q_2, Q_3, Q_4$  + (U)  $Q_0, Q_1, Q_2, Q_3, Q_4$ ]

On considère les quatre compteurs suivants. On suppose que pour chacun des compteurs on part de l'état initial  $Q_0 Q_1 Q_2 Q_3 = 0010$

(A) La famille  $(\bar{i}, \bar{j}, -\bar{k}, \bar{j} + \bar{k})$  est liée.  
 (B) La matrice de  $f$  dans la base  $(\bar{i}, \bar{j}, -\bar{k}, \bar{j} + \bar{k})$  est  $\begin{pmatrix} 1 & 4 & 0 \\ 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$   
 (C) La matrice de  $f$  dans la base  $(\bar{i}, \bar{j}, -\bar{k}, \frac{-\bar{j}-\bar{k}}{R})$  est  $\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$   
 (D) Pour tout entier naturel non nul  $n$ ,  $A^n = I + nB + \frac{n(n-1)}{2} B^2$   
 (E)  $A^n = \begin{pmatrix} 1 & -200 & -2000 \\ 0 & -9 & -10 \\ 0 & 10 & 11 \end{pmatrix}$

On se propose de trouver quelques propriétés de la courbe  $C'$  dans la représentation dans un repère du plan est :  $\begin{cases} x(t) = \frac{1+t^2}{1-t^2} \\ y(t) = \frac{1-t^2}{1+t^2} \end{cases}$ , avec  $t$  réel.

THE ECONOMIST, 14.12.96

La matrice d'inertie de  $S_1$  au point  $O$  dans la base  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$  est :

$$G_1 = \begin{pmatrix} 4m, h^2/3 & 0 & 0 \\ 0 & 4m, h^2/3 & 0 \\ 0 & 0 & 2m, R^2/2 \end{pmatrix}$$

L'intégrale  $\int_0^5 f(t) dt$  est convergente

$$\int_0^1 f(t) dt = \int_0^1 \frac{x^4}{x^4 - 16} dx$$

$$\frac{1}{x^4 - 16} = 1 + \frac{2}{x^2 - 4} - \frac{2}{x^2 + 4}$$

$$\frac{1}{x^4 - 16} = 1 + \frac{1}{2(x+2)} + \frac{1}{2(x-2)} - \frac{1}{x^2 + 4}$$

$$\int_0^1 f(t) dt = 2 - \ln 3 - 2 \operatorname{Arctan} \frac{1}{2}$$

Cc1c(C)c(C)c(C)c1

# Mécanique, Matériaux, Procédés



## ► MMP : Mécanique, Matériaux, Procédés (N. Boudeau)

### Objectifs et débouchés

Dans le contexte de la globalisation des marchés, on remarque que :

- les productions traditionnelles sont de plus en plus externalisées ;
- les entreprises françaises et européennes doivent faire preuve d'innovation tant au niveau de la conception qu'au niveau des procédés de fabrication de leurs produits.

D'autre part, il est nécessaire d'intégrer les contraintes environnementales dès la conception de nouveaux produits, tout en visant la satisfaction du client.

Pour cela, il est nécessaire de posséder de solides connaissances des procédés de fabrication et être capable d'en tenir compte dès la conception afin de pouvoir mener des expertises fiables : choisir les matériaux les mieux adaptés, optimiser la conception, évaluer la sous-traitance, concevoir et optimiser les processus de fabrication et de contrôle.

Pour ce faire, il est indispensable de bénéficier d'une formation la plus complète possible en matériaux, mécanique et procédés. En effet, les matériaux sont en constante évolution et leurs possibilités de mise en oeuvre sont de plus en plus vastes. Afin de concevoir de façon innovante, il est nécessaire de posséder d'excellentes bases de mécanique pour concevoir des produits optimisés. Il est également indispensable de connaître les possibilités des procédés qu'ils soient classiques ou plus innovants et d'être capable d'adapter des procédés existants ou d'en développer de nouveaux.

Les personnes formées sont destinées à travailler en R&D, Bureau d'Etudes ou Bureau des Méthodes pour l'industrie mécanique dans des domaines variés tels que, par exemple, l'aéronautique, l'automobile, le biomédical. Elles posséderont également des bases scientifiques solides leur permettant de continuer, si elles le désirent, en thèse de Doctorat, dans le domaine de la modélisation mécanique des matériaux et des procédés.

42/78

## Architecture de l'option

Module	Intitulé	Caractéristiques	Volume horaire	Nombre ECTS
M1	<b>Economie – Gestion – Communication</b>	<b>Obligatoire et commun à toutes les options</b>	56	3
M2	<b>Anglais – LV2</b>		56	3
M3	<b>Projet</b>	<b>En rapport avec l'option choisie</b>	56	4
M4	<b>Module transverse (MT)</b>	<b>Choix de l'élève parmi 9 cours de la liste 1</b>	56	4
M5	<b>Module transverse (MT)</b>	<b>Choix de l'élève parmi 9 cours de la liste 2</b>	56	4

M6	<b>Module spécifique (MS)</b>	<b>Groupe de 3 cours propres à chaque option</b>	56	4
M7	<b>Module spécifique (MS)</b>		56	4
M8	<b>Module spécifique (MS)</b>		56	4
<b>Total :</b>			<b>448 h</b>	<b>30 ECTS</b>

## Module SEHS - LV (M1 – M2)

### Module M1 : Sciences Economiques Humaines et Sociales (56h)

#### Economie

**Comprendre l'économie : principes de micro-économie :** Le comportement du producteur : la fonction d'offre – la structure des coûts – Le comportement du consommateur : la fonction de demande – L'équilibre dans le système de marché – L'altération du modèle de concurrence parfaite – L'Etat et le calcul économique – La micro-économie appliquée : les choix d'investissement

**Comprendre la Société :** Les modèles d'équilibre : le modèle "classique" – le modèle "keynésien" – Régulation sociale et inégalités sociales – Risque industriel et risque pour la société – Gestion de l'environnement

**Comprendre le Monde :** La mondialisation – Le Système Monétaire International – Développement et commerce mondial

#### Gestion

**Groupes de sociétés :** Regroupements d'entreprises – Holding et pouvoir de contrôle – Gouvernance d'entreprise – Les comptes de groupe – Etude de cas : le groupe Peugeot

**Les marchés financiers :** Marchés financiers et monétaires : la fixation du taux d'intérêt – Marché des actions : fixation d'un cours d'équilibre – principes de la bourse – Méthodes de couverture du risque financier : opérations à terme – options – Etude de cas : couverture du risque de change

**Coûts et indicateurs de performance :** L'optimum de production – La démarche des coûts-cibles – Le Surplus de Productivité Globale – Les Prix de Cession Interne – Etude de cas

#### Management des hommes et des équipes

Cours n°1 (4h) : Processus et organisation de l'entreprise – Présentation des éléments d'histoire du management – Méthode d'analyse de la performance des organisations.

Cours n°2 (4h) : Processus et organisation de l'entreprise (suite) – Approche globale – Analyse systémique – Le schéma de l'action stratégique – Module : Management et communication.

Cours n°3 (4h) : Les outils de base – Bien se connaître pour identifier ses capacités à communiquer et ses modalités de relation – Connaître les 5 « pilotes » qui nous conditionnent. Se donner des solutions-permissions de changement pour améliorer sa propre communication. La communication: schéma de base pour développer une écoute de qualité. La déperdition de l'information – La subjectivité dans la relation. Comment mieux communiquer: la matrice de résolution de problèmes. – Module: Principes et outils du management

Cours n°4 (4h) : Pratique du management – Système de management – Le leadership – L'autorité sur le groupe. Management et influence. Management de situation – Les différents styles. Carte des partenaires. Stratégie des alliés.

TD par option

Cas PRP : Changements organisationnel et stratégique – Tableau de bord prospectif – dans une PME.

Séance n°1 : Séance préparatoire – Présentation du cas – Présentation du travail préparatoire – Travail demandé – Organisation des groupes.

43/78

Séance n°2 : Problématique générale.  
Séance n°3 : Convergence entre stratégie et organisation.  
Séance n°4 : Tableau de bord de pilotage – Proposition de solutions.

Le management de proximité (TD : 2h) (I. Rougeot) : Moyens - Devoirs - Droits – Règles - Management de recadrage.

Le management de proximité (TD : 2h) (V. Mollier) : Management et éthique.

### **Module M2 : Anglais – Langue vivante 2 (56h)**

---

#### **Anglais**

Anglais commercial : CV - lettre de motivation - entretiens d'embauche - échanges professionnels (réunions en anglais, déplacements professionnels à l'étranger) - communiquer par téléphone, fax, mail, courrier – Logiciel Tell Me More e-learning avec tuteur.

#### **Langue vivante 2**

Allemand – Chinois - Espagnol – Italien – Japonais.  
Certification BULATS (Business Language Testing Service) en Allemand ou Espagnol.

## **Module projet (M3)**

### **Module M3 : Projet**

---

**Objectifs :** Former des ingénieurs orientés Bureau d'Etudes, Bureau des Méthodes, R&D pour l'industrie mécanique dans de nombreux domaines (dont l'aéronautique, l'automobile, le biomédical) mais également former des ingénieurs possédant un bon niveau d'expertise en matériaux, procédés, conception et modélisation.

44/78

#### **Projet de la maquette numérique au prototype (56h)**

Travail en groupe de 2 à 8 étudiants en fonction du sujet.

Il pourra s'agir :

- de concevoir ou reconcevoir un composant de petite taille et de mettre en œuvre le procédé de fabrication le plus adapté ;
- de concevoir ou reconcevoir un outillage dédié à la réalisation d'un composant ;
- de concevoir ou reconcevoir un dispositif expérimental de mesure, de contrôle ;
- de mettre en place des moyens de contrôles ;
- etc.

Ce sera l'occasion pour les élèves de mettre en œuvre sur un cas pratique les connaissances et les méthodes acquises au cours des modules M6, M7 et M8.

Les sujets pourront être d'origine industrielle ou émaner d'un laboratoire.

Lorsque les moyens seront disponibles, la réalisation d'un prototype pourra être envisagée.

Le travail de projet fera l'objet :

- d'un rapport écrit en français accompagné d'un résumé en anglais,
- d'une soutenance orale devant un jury composé d'universitaires et d'industriels.

## **Modules transverses (M4 – M5)**

### **Module M4 : Module transverse à choisir parmi 9 cours (56h)**

---

#### **Liste 1 (9 cours)**

Code	Intitulé	Responsable	C/C onf	TD	TP	T
ACI4	Amélioration continue industrielle	C. Dielemans	52	0	4	56
ACOUS4	Acoustique/Vibroacoustique	M. Ouisse	27	5	24	56
CAO4	Capteurs, actionneurs et CAO	E. Bigler	56	0	0	56
C3M4	Conception Mécanique, Microsystèmes, Microfabrication	N. Boudeau	56	0	0	56
INST4	Instrumentation pour les transports	P. Vairac	56	0	0	56
MEMI4	Mécanique expérimentale, mesure, instrumentation	N. Boudeau	56	0	0	56
PS4	Physique des surfaces	M. Devel	52	0	4	56
ROBOT4	Robotique et Vision	N. Piat	34	0	24	56
SIW4	Systèmes d'informations et application Web	C. Varnier	18	6	32	56

**Module M5 : Module transverse à choisir parmi 10 cours (56h)**

**Liste 2 (8 cours)**

Code	Intitulé	Responsable	C/C onf	TD	TP	T
BIO5	Biomécanique, biomatériaux et matériaux issus de la biomasse	G. Monteil	38	10	8	56
CSEF5	Calculs et simulation par éléments finis	R. Laydi	38	18	0	56
EEER5	Efficacité Energétique & Energies Renouvelables	B. Cavallier N. Ratier	36	20	0	56
FAB5	Procédés de fabrication avancés	M. Fontaine	38	10	8	56
FTM5	Fabrication et Technologies des Microsystèmes <b>Partiel sur les conférences</b>	E. Bigler	56	0	0	56
MAENV5	Matériaux et Environnement	D. Teyssieux P. Stempflié	56	0	0	56
MOD5	Méthodes d'Optimisation et de Décision	G. Laurent	36	10	10	56
PLM5	Approche PLM et Ingénierie des Procédés	N. Bodin	4	52	0	56

45/78

**Modules spécifiques (M6 – M7 – M8)**

**Module MMP6 : Matériaux pour l'ingénieur : propriétés, caractérisation, choix pour la conception mécanique (56h)**

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Propriétés mécaniques des matériaux</b>	16	4	0		16
<b>Mécanique du contact et tribologie</b>	8	2	0		8
<b>Méthodes de caractérisation</b>	8	0	4		8
<b>Choix des matériaux pour la conception</b>	16	6	0		16
<b>Cycle de conférences</b>	0	0	0	8	8
<b>Total</b>	<b>56</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>56</b>

**Propriétés mécaniques des matériaux (Ch. L'excellent)**

Rappel d'élasticité – Critères de limite d'élasticité – Plasticité parfaite – Plasticité avec écrouissage – Viscoplasticité – Modèles rhéologiques – Modélisation thermo-mécanique des matériaux.

### Mécanique du contact et tribologie (G. Monteil)

Notions de base sur la mécanique du contact – Introduction du glissement – Tribologie (frottement et usure) – Métrologie et maîtrise du frottement et de l'usure.

### Méthodes de caractérisation (P. Malécot)

Extensométrie, méthodes optiques, composites : fatigue et amorce de fissures, essais de gonflement de flans et de tubes, essai de cisaillement.

### Choix des matériaux pour la conception (N. Boudeau)

Les grandes phases de la conception – Classification des matériaux, des géométries et des procédés – Principe du choix des matériaux – Principe de choix des procédés - Calcul du coût de fabrication - Choix des matériaux et des géométries - Concevoir des matériaux composites – Conception multi-objectifs et multi-contraintes – Eco-conception.

### Cycle de conférences

Les polymères et la problématique du recyclage – Les biomatériaux – Les composites dans l'industrie du sport

### ***Module MMP7 : Procédés industriels : technologie, dimensionnement, applications (56h)***

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Ablation</b>	6	2			8
<b>µRéplication par moulage et métallurgie des poudres</b>	6	2			8
<b>Réplication par déformation</b>	6	2			8
<b>Assemblage</b>	6	4			10
<b>Cotation tridimensionnelle</b>	4	2			6
<b>Tolérancement statistique</b>	2	2			4
<b>Contrôle, plans d'expériences</b>			4		4
<b>Cycle de conférences</b>				8	8
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>56</b>

### Ablation (M. Fontaine)

Technologies : centres multiaxes, multitâches, multifonctions, systèmes automatisés, environnement de production, instrumentation des machines de production, surveillance embarquée, stratégies d'usinage – Les procédés d'ablation : usinage laser, électroérosion, usinage ultrasonore – Rectification et super finition (type voilage).

46/78

### Réplication par moulage et métallurgie des poudres (T. Barriere)

Moulage des polymères : bi-injection, tri-injection, surmoulage – Aspects économiques : détermination du prix d'une pièce, optimisation du nombre de cavité, anticipation du retrait, exemple de calcul – Comparaison des procédés de compactage, MIM, CIM et HIP – Exemples de réalisations de pièces industrielles et aspects économiques associés.

### Réplication par déformation (N. Boudeau)

Laminage – Forgeage – Etirage – Extrusion - Emboutissage – Hydroformage – Technologie des machines - Cadences, séries, coûts – Modélisation analytique et dimensionnement – Applications industrielles

### Assemblage (M. Fontaine et C. Dielemans)

Soudage : soudage à l'arc, soudage acétylène (brasage), soudage ultrason – Collage – Clinchage – Rivetage – Clipsage – Frettage.

### Cotation tridimensionnelle (C. Dielemans)

La cotation fonctionnelle est un problème essentiellement tridimensionnel. Le GPS vu en première année montre que la définition du produit ne se limite plus à un problème plan. Ce cours présente une méthode de cotation fonctionnelle 3D qui permet, de façon rigoureuse, en partant de la condition d'aptitude à l'emploi, à spécifier le produit.

### Tolérancement statistique (C. Dielemans)

Le calcul des tolérances doit conduire à la fabrication la plus économique possible des produits. La répartition des tolérances se doit d'être calculée en prenant en compte les aspects statistiques afin de répondre à cette exigence.

### **Contrôle, plans d'expériences (F. Lamendin – VP PLast - Very Precise Plastics)**

Le moulage par injection est un procédé possédant de nombreux paramètres à régler pour l'obtention d'une pièce bonne. Lors d'un TP, accompagnés d'un industriel spécialiste de la mise au point de ce procédé dans son entreprise, vous déterminerez le jeu de paramètres de procédé optimum permettant de réaliser un petit composant. Pour cela, vous mettrez en oeuvre un plan d'expériences et des méthodes de contrôle.

### **Cycle de conférences**

L'emboutissage dans l'automobile : état de l'art – Les procédés génératifs Lubrification en coupe – Conception d'outillage de découpage fin.

### **Module MMP8 : Outils méthodologiques et numériques en mécanique (56 h)**

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Modélisation des procédés industriels</b>	12	8	0	0	20
<b>Mathématiques appliquées</b>	0	10	0	0	10
<b>Méthodologies de conception et d'innovation</b>	8	4	0	0	12
<b>Chaîne numérique et reconception</b>	0	8	0	0	8
<b>Cycle de conférences</b>	0	0	0	0	6
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>56</b>

### **Modélisation des procédés industriels (Ph. Picart)**

Principe de la modélisation (type et choix d'une modélisation, avantages et inconvénients) – Description des différents aspects de la modélisation et des méthodes associées : Non linéarité, Grandes déformations, Lois de comportements volumiques, Contact et frottement, Résolution numérique (discretisation par éléments finis, schémas de résolution numérique), Couplage – Optimisation et Contrôle des procédés.

### **Mathématiques appliquées (R. Laydi)**

Ce sous-module est intimement lié au cours « Modélisation des procédés industriels » et se consacre, sous forme de TD ou de TDAO, à la résolution numérique de problèmes types.

### **Méthodologies de conception et d'innovation (Ph. Lutz)**

Positionnement de la TRIZ (Théorie de la résolution des problèmes inventifs) par rapport aux méthodes de conception et aux méthodes et outils de la créativité – Présentation de la TRIZ : La TRIZ adopte une démarche scientifique et outillée pour résoudre les problèmes de conception des systèmes techniques en se basant sur quelques notions essentielles (lois d'évolution des systèmes techniques, inertie psychologique, ressources, idéalité, contradictions), sur des outils de modélisation des problèmes (contradictions, vépoles, fonctions) et des outils de résolution des modèles de problèmes (principes de conception, standards de résolution, effets PCG) – Les cours et TD présenteront les principes fondamentaux de cette théorie appliquée aux problèmes d'ingénierie et quelques mises en oeuvre pratiques simples.

### **Chaîne numérique et reconception (C. Dielemans)**

Sous la forme de TDAO, il sera fait une démonstration de scanning 3D (Geomagic et Scan3D), de reconstruction et reconception sous CATIA V5, un prototypage rapide (impression 3D), et un contrôle (Qualify).

### **Cycle de conférences**

Les méthodes numériques sans maillage – Le PLM (Product Life Management).

### Evaluation des modules

- La note de module sera le résultat d'un contrôle continu (30 à 40 %) et d'un examen (60 à 70 %).
- Le contrôle continu sera évalué à partir d'un mini-projet à réaliser en groupe de 2 à 3 étudiants ; les sujets de ces mini-projets porteront sur au moins l'un des cours du module ; ce pourra être une étude bibliographique sur un point peu abordé en cours ou sur un problème à résoudre ; le temps à consacrer à ce travail personnel représentera 1h de travail personnel par étudiant, par semaine et par module ; ce travail donnera lieu à un rapport de 4 à 6 pages et d'une soutenance.
- L'examen sera individuel ; il pourra, suivant les matières, porté sur des connaissances, sur des savoir-faire ou sur les deux ; dans ce dernier cas, la pondération sera de 20 à 30 % pour les connaissances et de 70 à 80 % pour les savoirs faire.

- Les conférences donneront lieu à un examen de connaissances et à un exercice de synthèse.

Emploi du temps prévisionnel

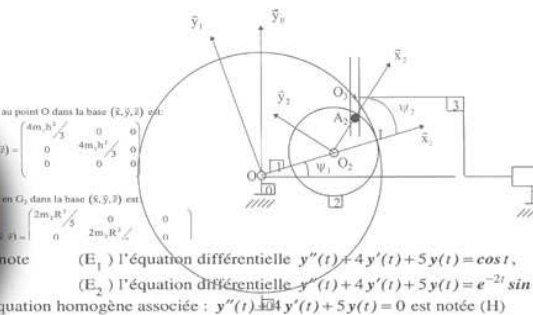
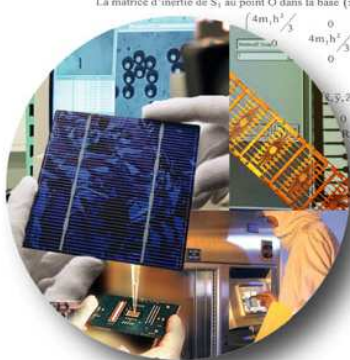
	LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI
08 :00- 10 :00	MMP8a&d	MMP6a&b	M4	ECO	MMP7a&d
10 :00- 12 :00	MMP8b&c	MMP6c&d	M4	LV1	MMP7b&c
14 :00- 16 :00	PROJET	CONFERENCES	M5		MMP7e&f /TP/PROJET
16 :00- 18 :00	PROJET	MINI-PROJET	M5		TP/MINI- PROJET/PROJET

MMP6a Propriétés mécaniques des matériaux  
MMP6b Mécanique du contact et tribologie  
MMP6c Méthodes de caractérisation  
MMP6d Choix des matériaux pour la conception

MMP7a Ablation  
MMP7b Réplication par moulage et métallurgie des poudres  
MMP7c Réplication par déformation  
MMP7d Assemblage  
MMP7e Cotation tridimensionnelle  
MMP7f Tolérancement statistique

MMP8a Modélisation des procédés industriels  
MMP8b Mathématiques appliquées  
MMP8c Méthodologies de conception et d'innovation





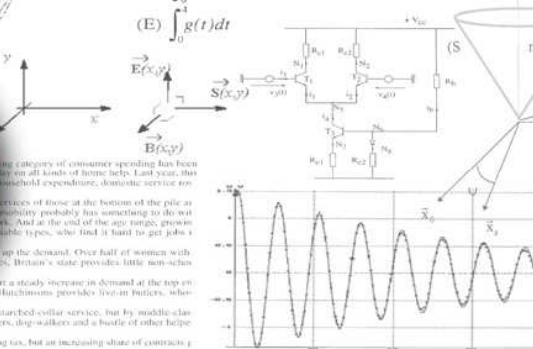
de  $S_1$  au point O dans la base  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$  est :

$$M_{S_1} = \begin{pmatrix} 4m \cdot h^2/5 & 0 & 0 \\ 0 & 4m \cdot h^2/5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

en  $G_2$  dans la base  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$  est :

$$M_{G_2} = \begin{pmatrix} 2m \cdot R^2/5 & 0 & 0 \\ 0 & 2m \cdot R^2/5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

on note  $(E_1)$  l'équation différentielle  $y''(t) + 4y'(t) + 5y(t) = \cos t$ ,  
 et  $(E_2)$  l'équation différentielle  $y''(t) + 4y'(t) + 5y(t) = e^{-2t} \sin t$   
 L'équation homogène associée :  $y''(t) + 4y'(t) + 5y(t) = 0$  est notée (H)



(A)  $\int_0^4 g(t) dt$  est une intégrale divergente  
 (B)  $\int_{-4}^4 g(t) dt = 0$   
 (C)  $\int_0^2 g(t) dt = 4 \int_0^{\pi/3} \sin u du$   
 (D)  $\int_0^2 g(t) dt = 4 - 2\sqrt{3}$   
 (E)  $\int_0^1 g(t) dt$

La matrice d'inertie de  $S_1$  au point O dans la base  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$  est :

L'intégrale  $\int_5^{+\infty} f(t) dt$  est convergente

$$\int_0^1 f(t) dt = \int_0^1 \frac{x^3}{x^4 - 16} dx$$

$$= \int_0^1 \frac{x^3}{(x^2 - 4)(x^2 + 4)} dx$$

$$= \int_0^1 \frac{x^3}{x^4 - 16} dx = 1 + \frac{2}{x^2 - 4} - \frac{2}{x^2 + 4}$$

$$= \int_0^1 \frac{x^3}{x^4 - 16} dx = 1 + \frac{1}{2(x+2)} + \frac{1}{2(x-2)} - \frac{1}{x^2 + 4}$$

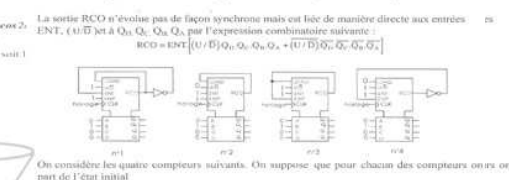
$$\int_0^1 f(t) dt = 2 - \ln 3 - 2 \operatorname{Arctan} \frac{1}{2}$$

$$[B(x,t)]^T = \frac{[E(x,t)]^T}{\sqrt{2}} = \frac{\mu_0 \varepsilon_0 [E(x,t)]^T}{\sqrt{2}}$$

$$\begin{cases} u(x,t) = \frac{1}{2} \varepsilon_0 [E(x,t)]^T + \frac{1}{2} \frac{\mu_0 \varepsilon_0 [E(x,t)]^T}{\mu_0} \\ = \frac{1}{2} \varepsilon_0 [E(x,t)]^T + \frac{1}{2} \varepsilon_0 [E(x,t)]^T = \varepsilon_0 [E(x,t)]^T \end{cases}$$

$$[E(x,t)]^T = \sqrt{2} [B(x,t)]^T = \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0 \varepsilon_0}$$

$$\begin{cases} u(x,t) = \frac{1}{2} \frac{\varepsilon_0 [B(x,t)]^T}{\mu_0 \varepsilon_0} + \frac{1}{2} \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} \\ = \frac{1}{2} \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} + \frac{1}{2} \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} = \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} \end{cases}$$



On considère les quatre compteurs suivants. On suppose que pour chacun des compteurs on est en part de l'état initial  $Q_0 Q_1 Q_2 Q_3 = 0010$

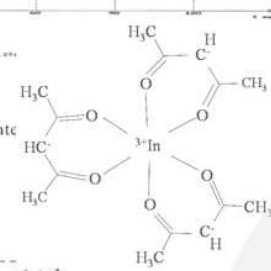
(A) La famille  $(i, j - k, j + k)$  est liée.  
 (B) La matrice de  $f$  dans la base  $(i, j - k, j + k)$  est  $\begin{pmatrix} 1 & 4 & 0 \\ 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$   
 (C) La matrice de  $f$  dans la base  $(i, j - k, -j - k)$  est  $\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$   
 (D) Pour tout entier naturel non nul  $n$ ,  $A^n = I + nB + \frac{n(n-1)}{2} B^2$   
 (E)  $A^n = \begin{pmatrix} 1 & -200 & -200 \\ 0 & -9 & -10 \\ 0 & 10 & 11 \end{pmatrix}$

On se propose de trouver quelques propriétés de la courbe  $C'$  dans la représentation contrainte dans un repère du plan est :  $\begin{cases} x(t) = \frac{1+t^2}{1-t^2} \\ y(t) = \frac{1+t^2}{1-t^2} \end{cases}$  avec  $t \in ]-1; 1[$

On considère trois points du plan A, B, S non alignés. On suppose que A est d'abscisse -1, B d'abscisse +1, et l'on note  $s = u + iv$  l'abscisse de S.

Ainsi  $v \neq 0$ . On note  $C$  le cercle circonscrit au triangle (A, B, S),  $\Omega$  son centre et  $\omega$  l'abscisse de  $\Omega$ .

F est le point où la droite orthogonale à (AB) issue de S recoupe  $C$ , et H le symétrique de F par rapport à la droite (AB).



**Mécatronique**

## ► MCT : Mécatronique (N. Piat)

### Objectifs et débouchés

L'objectif de cette option est de former des ingénieurs mécaniciens et automaticiens qui soient à l'interface entre les domaines de la mécanique et de l'électronique. Au terme de leur formation, ces ingénieurs posséderont les compétences nécessaires pour concevoir et développer des systèmes intelligents mécatroniques et micromécatroniques.

De nombreux systèmes intègrent des composants mécaniques, électroniques et informatiques. La formation vise à donner les connaissances scientifiques et techniques nécessaire à l'analyse, la modélisation, la conception, la gestion des flux d'information et la commande des systèmes mécatroniques et micromécatroniques.

Cette option offre des débouchés vers les métiers d'ingénieurs de la conception et la commande de systèmes mécatroniques, d'ingénieurs produits mécatroniques dans des domaines variés tels que les domaines du transport – automobile, aviation, navale, ferroviaire-, de la production –automatisation et robotique industrielle-, de la défense, du médical, de la robotique de service ou ludique,...

## Architecture de l'option

50/78

Module	Intitulé	Caractéristiques	Volume horaire	Nombre ECTS
M1	<b>Economie – Gestion – Communication</b>	<b>Obligatoire et commun à toutes les options</b>	56	3
M2	<b>Anglais – LV2</b>		56	3
M3	<b>Projet</b>	<b>En rapport avec l'option choisie</b>	56	4
M4	<b>Module transverse (MT)</b>	<b>Choix de l'élève parmi 9 cours de la liste 1</b>	56	4
M5	<b>Module transverse (MT)</b>	<b>Choix de l'élève parmi 9 cours de la liste 2</b>	56	4
M6	<b>Module spécifique (MS)</b>	<b>Groupe de 3 cours propres à chaque option</b>	56	4
M7	<b>Module spécifique (MS)</b>		56	4
M8	<b>Module spécifique (MS)</b>		56	4
<b>Total :</b>			<b>448 h</b>	<b>30 ECTS</b>

## Module SEHS - LV (M1 – M2)

### **Module M1 : Sciences Economiques Humaines et Sociales (56h)**

## **Economie**

**Comprendre l'économie : principes de micro-économie :** Le comportement du producteur : la fonction d'offre – la structure des coûts – Le comportement du consommateur : la fonction de demande – L'équilibre dans le système de marché – L'altération du modèle de concurrence parfaite – L'Etat et le calcul économique – La micro-économie appliquée : les choix d'investissement

**Comprendre la Société :** Les modèles d'équilibre : le modèle "classique" – le modèle "keynésien" – Régulation sociale et inégalités sociales – Risque industriel et risque pour la société – Gestion de l'environnement

**Comprendre le Monde :** La mondialisation – Le Système Monétaire International – Développement et commerce mondial

## **Gestion**

**Groupes de sociétés :** Regroupements d'entreprises – Holding et pouvoir de contrôle – Gouvernance d'entreprise – Les comptes de groupe – Etude de cas : le groupe Peugeot

**Les marchés financiers :** Marchés financiers et monétaires : la fixation du taux d'intérêt – Marché des actions : fixation d'un cours d'équilibre – principes de la bourse – Méthodes de couverture du risque financier : opérations à terme – options – Etude de cas : couverture du risque de change

**Coûts et indicateurs de performance :** L'optimum de production – La démarche des coûts-cibles – Le Surplus de Productivité Globale – Les Prix de Cession Interne – Etude de cas

## **Management des hommes et des équipes**

Cours n°1 (4h) : Processus et organisation de l'entreprise – Présentation des éléments d'histoire du management – Méthode d'analyse de la performance des organisations.

Cours n°2 (4h) : Processus et organisation de l'entreprise (suite) – Approche globale – Analyse systémique – Le schéma de l'action stratégique – Module : Management et communication.

Cours n°3 (4h) : Les outils de base – Bien se connaître pour identifier ses capacités à communiquer et ses modalités de relation – Connaître les 5 « pilotes » qui nous conditionnent. Se donner des solutions-permissions de changement pour améliorer sa propre communication. La communication: schéma de base pour développer une écoute de qualité. La déperdition de l'information – La subjectivité dans la relation. Comment mieux communiquer: la matrice de résolution de problèmes. – Module: Principes et outils du management

Cours n°4 (4h) : Pratique du management – Système de management – Le leadership – L'autorité sur le groupe. Management et influence. Management de situation – Les différents styles. Carte des partenaires. Stratégie des alliés.

TD par option

Cas PRP : Changements organisationnel et stratégique – Tableau de bord prospectif – dans une PME.

Séance n°1 : Séance préparatoire – Présentation du cas – Présentation du travail préparatoire – Travail demandé – Organisation des groupes.

Séance n°2 : Problématique générale.

Séance n°3 : Convergence entre stratégie et organisation.

Séance n°4 : Tableau de bord de pilotage – Proposition de solutions.

Le management de proximité (TD : 2h) (I. Rougeot) : Moyens – Devoirs – Droits – Règles – Management de recadrage.

Le management de proximité (TD : 2h) (V. Mollier) : Management et éthique.

## **Module M2 : Anglais – Langue vivante 2 (56h)**

---

### **Anglais**

Anglais commercial : CV – lettre de motivation – entretiens d'embauche – échanges professionnels (réunions en anglais, déplacements professionnels à l'étranger) –

communiquer par téléphone, fax, mail, courrier – Logiciel Tell Me More e-learning avec tuteur.

### Langue vivante 2

Allemand – Chinois – Espagnol – Italien – Japonais.

Certification BULATS (Business Language Testing Service) en Allemand ou Espagnol.

## Module projet (M3)

### Module M3 : Projet

---

Responsable : Y. Haddab

Module Projet : la conception et la réalisation de projets mécatroniques ou micromécatroniques requièrent la mise en œuvre de connaissances théoriques pluridisciplinaires ainsi que leur adaptation aux spécificités des systèmes réels.

L'objectif du module est de développer et de mettre en œuvre les méthodes et outils étudiés dans l'option sur des maquettes physiques ou logicielles. Il s'agira de développer des méthodes de traitement d'informations issues de capteurs et d'intégrer les lois de commande pour permettre la commande en boucle fermée de systèmes réels mécatroniques ou micromécatroniques.

Ce module projet comporte :

#### Cours (6h)

Conduite de projets (2h) - Conception de systèmes asservis (4h) : illustration de problèmes concrets rencontrés dans les projets

#### Projets (48h)

Les projets porteront sur les thématiques suivantes :

Mesure de microforce - Capteurs asservis - Commande de microsystèmes - Robotique mobile et Vision - Création de bibliothèques modulaires pour l'intégration rapide de lois de commande embarquées (notamment dans des microcontrôleurs) - Programmation de bibliothèques spécialisées pour Matlab/Simulink (vision, commande...) - Commande et mesure via internet.

52/78

## Modules transverses (M4 – M5)

### Module M4 : Module transverse à choisir parmi 9 cours (56h)

---

#### Liste 1 (9 cours)

Code	Intitulé	Responsable	C/C onf	TD	TP	T
ACI4	Amélioration continue industrielle	C. Dielemans	52	0	4	56
ACOUS4	Acoustique/Vibroacoustique	M. Ouisse	27	5	24	56
CAO4	Capteurs, actionneurs et CAO	E. Bigler	56	0	0	56
C3M4	Conception Mécanique, Microsystèmes, Microfabrication	N. Boudeau	56	0	0	56
INST4	Instrumentation pour les transports	P. Vairac	56	0	0	56
MEMI4	Mécanique expérimentale, mesure, instrumentation	N. Boudeau	56	0	0	56
PS4	Physique des surfaces	M. Devel	52	0	4	56
ROBOT4	Robotique et Vision	N. Piat	34	0	24	56

SIW4	Systèmes d'informations et application Web	C. Varnier	18	6	32	56
------	--	------------	----	---	----	----

**Module M5 : Module transverse à choisir parmi 10 cours (56h)**

**Liste 2 (8 cours)**

Code	Intitulé	Responsable	C/C onf	TD	TP	T
BIO5	Biomécanique, biomatériaux et matériaux issus de la biomasse	G. Monteil	38	10	8	56
CSEF5	Calculs et simulation par éléments finis	R. Laydi	38	18	0	56
EEER5	Efficacité Energétique & Energies Renouvelables	B. Cavallier N. Ratier	36	20	0	56
FAB5	Procédés de fabrication avancés	M. Fontaine	38	10	8	56
FTM5	Fabrication et Technologies des Microsystèmes <b>Partiel sur les conférences</b>	E. Bigler	56	0	0	56
MAENV5	Matériaux et Environnement	D. Teyssieux P. Stempflié	56	0	0	56
MOD5	Méthodes d'Optimisation et de Décision	G. Laurent	36	10	10	56
PLM5	Approche PLM et Ingénierie des Procédés	N. Bodin	4	52	0	56

**Modules spécifiques (M6 – M7 – M8)**

53/78

**Module MCT6 : Ingénierie Mécatronique (resp : N.Piat)**

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Ingénierie de conception de systèmes mécatroniques</b>	14	8	0	8	
<b>Robotique Industrielle</b>	14	0	12		
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>56</b>

Intervenant : Kamal Medjaher

**Objectifs :** Apporter aux élèves un ensemble de connaissances leur permettant de développer une ingénierie de conception des systèmes intégrant différentes techniques et technologies (mécanique, électronique, automatique, informatique)

**Ingénierie de conception de systèmes mécatroniques (cours 14 h, TD : 8h)**

Les systèmes mécatroniques sont par définition des systèmes au sein desquels plusieurs phénomènes physiques (mécanique, électrique, etc.) sont mis en jeu. La conception, la modélisation et l'obtention d'un modèle analytique (pour la simulation, l'analyse ou la synthèse), par l'écriture des différentes lois physiques, peuvent s'avérer des tâches fastidieuses et demandent des compétences pluridisciplinaires. Le bond graph, initialement introduit par Paynter, est un outil de modélisation et d'analyse adapté à ce type de systèmes et permet de contourner les difficultés susmentionnées. Le bond graph est un outil graphique qui se situe entre le modèle physique et le modèle mathématique. Sa maîtrise permet de passer d'une description des phénomènes physiques caractérisant un système donné à un modèle analytique sous forme de fonction de transfert ou de représentation d'état. En outre, cet outil s'avère très pratique pour la conception (placement de capteurs et d'actionneurs) et l'analyse structurelle (analyse graphique ne nécessitant pas de calculs numériques : commandabilité, observabilité, ordre, etc.) des systèmes mécatroniques. L'objectif de

ce cours est donc de présenter les connaissances et les outils de base pour la conception, la modélisation et l'analyse des systèmes mécatroniques.

Contenu : Cycle de conception, cycle en V - Analyse système et modélisation - Présentation de l'outil bond graph - Modélisation des systèmes mécatroniques par Bond Graph (BG) - Procédures de construction de modèles BG - Notion de causalité - Modèles mathématiques (fonction de transfert, équation d'état) - Schéma-blocs - Analyse structurelle des systèmes mécatroniques : ordre du système, Commandabilité, observabilité, surveillabilité - Estimation des dynamiques du système

**Conférences : Intervenants industriels (8h)**

**Robotique Industrielle (Cours : 14h, TP : 12h)**

Un système robotique est une machine mécatronique programmable disposant de moyens de perception, d'interprétation et d'action qui lui permettent d'agir sur un environnement physique. Ce module concerne plus particulièrement la robotique manufacturière, c'est à dire les robots manipulateurs destinés à des tâches de soudure, de peinture, de manutention, d'emballage-conditionnement, etc.

L'objectif est de fournir un ensemble minimal de connaissances pour comprendre le fonctionnement d'un robot industriel, son comportement et son implantation.

Contenu :

Définition et typologie des robots industriels (structures série et parallèles). Marché. Types d'applications. Critères de choix, performances. Modélisations géométrique, cinématique et dynamique. Identification, commande et génération de trajectoires. Problème de la précision et de la répétabilité, mesure de l'outil, cellules robotisées, implantation et programmation par apprentissage et hors ligne d'un robot dans une cellule, CAO robotique.

**Module MCT7 : Identification de systèmes complexes (resp : G.Cabodevila)**

54/78

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Identification de systèmes dynamiques</b>	24	12	4	0	
<b>Commande par retour d'état multivariables</b>	10	6	0	0	
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>56</b>

**Objectifs :** Apporter aux élèves un ensemble de méthodes et d'outils de base leur permettant de faire la synthèse de structures de commande de systèmes dynamiques complexes.

**Identification de systèmes dynamiques (cours : 24h, TD : 8h, TP : 8h)**

La problématique abordée concerne la détermination d'un modèle de représentation d'un processus à partir de la connaissance des signaux d'entrée/sortie. On appelle ainsi identification de systèmes dynamiques l'étape de modélisation correspondante. Le comportement dynamique prédit par le modèle doit être le plus voisin possible de celui du processus considéré, au sens d'un critère. On distingue deux grandes classes de méthodes d'identification : les méthodes dites non paramétriques et les approches dites paramétriques. Dans ce cours, nous abordons l'identification des systèmes dynamiques linéaires et non linéaires.

Identification non paramétrique : Méthodes élémentaires, Réponses fréquentielles, Réponses indicielles, Systèmes oscillants, Systèmes apériodiques, méthode de Strejc, Exemples

Méthodes d'optimisation indispensables à l'identification : comment minimiser une fonction multivariable et non linéaire sans calculs analytiques ?

Identification paramétrique : Structure des modèles (ARX, ARMAX), Méthodes de détermination des paramètres. Identification non linéaire NARMAX.

Identification neuronal : réseaux de neurones artificiels, application à la modélisation de systèmes dynamiques non linéaires (pendule inversé, alliage à mémoire de forme, vérin hydraulique, etc.).

**Commande par retour d'état multivariables (cours : 10h, TD : 6h)**

L'objectif de ce cours est de fournir les outils mathématiques indispensables à l'étude des systèmes dynamiques multivariables et à la synthèse des lois de commande pour ces mêmes systèmes.

Contenu : Rappels de calcul matriciel : matrices et vecteurs, opérations sur les matrices, valeurs et vecteurs propres, diagonalisation, exponentielle d'une matrice, norme matricielle, matrice définie positive, matrice Jacobienne, valeurs singulières, ...

Introduction aux systèmes multivariables : définitions, exemples de systèmes, stabilité des systèmes multivariables : stabilité locale, stabilité au sens de Lyapunov - Commande Linéaire Quadratique : introduction, solution du problème LQ, stabilité du système bouclé, robustesse de la commande LQ.

**Module MCT8 : Stratégies de commande avancée (resp : E.Piat)**

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Commande robuste</b>	12	8	0	0	
<b>Traitement numérique du signal</b>	16	8	0	0	
<b>Filtrage optimal</b>	8	4	0	0	
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>56</b>

**Objectifs :** Apporter aux élèves des méthodes avancées de commande et de traitement des données permettant de développer des systèmes intelligents mécatroniques et micromécatroniques

**Commande robuste (Cours : 12h, 8h TD)**

L'élaboration de lois de commande efficaces pour le pilotage de systèmes mécatroniques nécessite souvent l'obtention d'un modèle du système. En pratique, ce modèle est utilisé pour synthétiser le correcteur et les performances obtenues dépendent souvent de la qualité de la modélisation. Cependant, la modélisation de systèmes réels est souvent incertaine (incertitude sur les paramètres identifiés, linéarisation, simplifications, dynamiques négligées, etc.) et le modèle peut varier dans le temps (vieillesse, fonctionnement dans des conditions différentes, etc.). De plus, le système peut être soumis à des perturbations. Tous ces éléments font que les performances recherchées ne sont pas toujours atteintes par des méthodes classiques d'asservissement.

L'objectif de la commande robuste est d'assurer la stabilité du système bouclé et des performances élevées malgré les incertitudes du modèle et les perturbations. Cette approche constitue un outil puissant pour accroître l'efficacité et les performances des systèmes conçus par l'ingénieur et de répondre ainsi aux exigences fortes des produits d'aujourd'hui.

Ce cours, adapté au métier d'ingénieur, a pour objectif de présenter à l'élève une approche pratique de la commande robuste, directement applicable aux systèmes mécatroniques.

Bien que les exemples traités dans ce cours soient essentiellement des systèmes micro-mécatroniques, les méthodes étudiées sont applicables à d'autres domaines (ex. aéronautique, navigation, etc.).

Exemples de problèmes abordés : synthèse d'un correcteur unique pour un ensemble de produits présentant des dispersions de caractéristiques, commande robuste de micro-actionneurs dont le comportement est très sensible à l'environnement (température, pression, taux d'humidité, perturbations).

Concepts abordés : définition de la robustesse, outils pour la caractérisation de la robustesse, normes, incertitudes structurées et non structurées, modélisation incertaine, théorème du petit gain, stabilité robuste, synthèse de correcteurs robustes, synthèse par la méthode  $H_\infty$ , analyse des performances.

**Traitement numérique des signaux (Cours : 16h, TD : 8h)**

L'objectif est de fournir les notions nécessaires à la manipulation des signaux numériques. Ce cours part du principe que vous avez fait une acquisition correcte d'un signal analogique (cf. traitement des informations capteurs) et que vous avez besoin de manipuler le signal numérique obtenu dans le domaine temporel ou fréquentiel. Les nombreux pièges liés à la manipulation d'un nombre fini d'échantillons sont traités car ils correspondent au cas concret de l'utilisation d'un ordinateur

numérique pour effectuer les traitements (mémoire finie). Dans la mesure du possible, les notions abordées sont illustrées à l'aide d'articles issus du magazine « Mesures » (magazine de l'instrumentation et des automatismes industriels) ou de documentations de logiciels commerciaux spécialisés dans le traitement des signaux numériques.

Sans prétendre faire de vous un expert en traitement numérique du signal, ce cours vous permettra d'avoir une culture « signal » suffisante pour dialoguer de manière aisée avec des ingénieurs spécialisés dans ce domaine. Cette culture vous sera donc utile lorsque vous participerez à des projets mécatroniques qui nécessitent de traiter de l'information numérique.

Concepts abordés : signaux discrets, signaux numériques, convolution, convolution circulaire, transformée de fourier discrète, FFT, fenêtrage, signaux aléatoires, analyse spectrale, filtrage numérique RIF et RII.

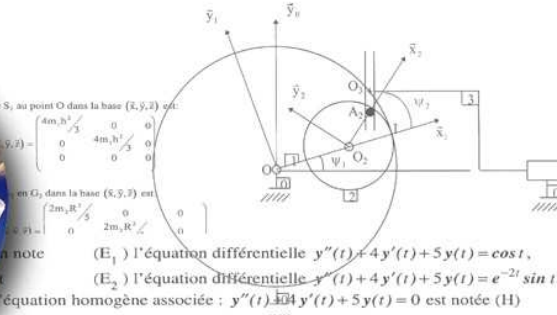
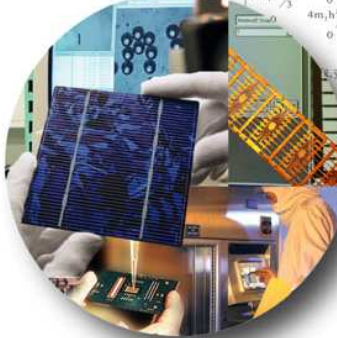
### **Filtrage optimal (cours : 8h , TD : 4h)**

Les capteurs utilisés en mécatronique fournissent souvent de l'information polluées par des bruits large bande qui dégradent l'information. Cette dégradation n'est parfois pas compatible avec le niveau de performance attendu pour le dispositif mécatronique. Dans ce cas, il est nécessaire de débruiter les informations délivrées par les capteurs afin d'obtenir les performances désirées. Ce processus d'estimation de l'information doit donc être compatible avec le cadre générique de la commande par retour d'état utilisé en mécatronique. Elle doit aussi permettre de limiter le nombre de capteurs afin de limiter les coûts. C'est dans cet esprit que ce cours développe l'estimation optimale d'une quantité d'intérêt  $X$  nécessaire au dispositif mécatronique à partir de données bruitées. Deux cas sont traités dans ce cours :

- $X$  est un paramètre constant,
- $X$  est une variable d'état (discrète ou continue) du dispositif mécatronique.

Le cas de bruits gaussiens et non gaussiens est traité. Dans le cas non gaussien, ce cours réutilise les résultats d'analyse spectrale vu en traitement numérique des signaux pour introduire la notion de filtre formeur qui permet de se ramener au cas gaussien.

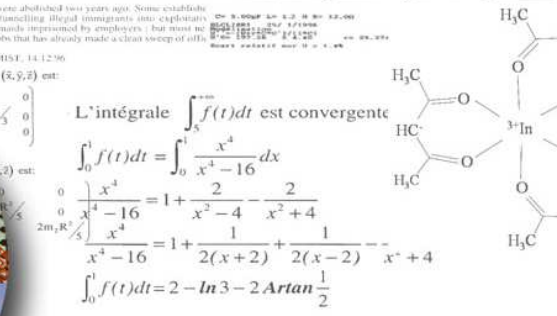
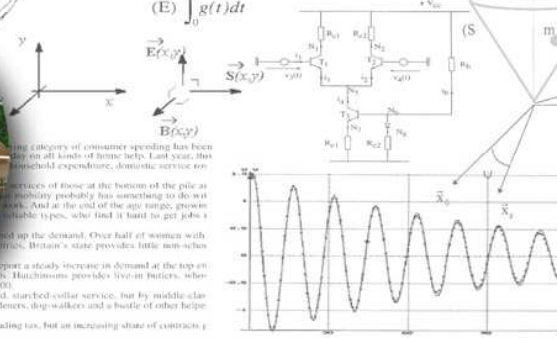




(A)  $\int_0^4 g(t) dt$  est une intégrale divergente  
 (B)  $\int_0^4 g(t) dt = 0$   
 (C)  $\int_0^2 g(t) dt = 4 \int_0^{\pi} \sin u du$   
 (D)  $\int_0^2 g(t) dt = 4 - 2\sqrt{3}$   
 (E)  $\int_0^1 g(t) dt$

La sortie RCO s'évalue pas de façon synchrone mais est liée de manière directe aux entrées ENT, (U, V) et à Q<sub>0</sub>, Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub>, Q<sub>4</sub> par l'expression combinatoire suivante :

$$RCO = ENT[(U \oplus V) Q_0, Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 + (U \oplus V) Q_5, Q_6, Q_7, Q_8, Q_9]$$



# Microtechniques et Systèmes Embarqués



## ► MSE : Microtechniques et Systèmes embarqués (E. Bigler)

### Objectifs et débouchés

Former des ingénieurs pluridisciplinaires capables de concevoir des microdispositifs intégrant des technologies et fonctionnalités complémentaires sur une base mécanique. Familiers avec les techniques de dépôt et de photolithographie, ils peuvent appréhender la mise en oeuvre industrielle de microtechnologies tant au niveau Bureau d'Etudes et R&D qu'à celui de la Production. Les secteurs d'application sont très porteurs puisque capteurs, actionneurs, et systèmes d'instrumentation à base de microsystèmes connaissent un développement universel dans les équipements pour l'automobile, l'aéronautique, le spatial, mais aussi le contrôle environnemental et le biomédical. Le syllabus aborde également les thématiques du positionnement et de la navigation qui jouent un rôle important dans les dispositifs de sécurité et de gestion de trafic désormais indispensables à la vie quotidienne. Qui n'a jamais entendu parler d'airbag, de GPS, d'ESP, de centrales inertielles, de capteurs de pollution ?

### Architecture de l'option

Module	Intitulé	Caractéristiques	Volume horaire	Nombre ECTS
M1	<b>Economie – Gestion – Communication</b>	<b>Obligatoire et commun à toutes les options</b>	56	3
M2	<b>Anglais – LV2</b>		56	3
M3	<b>Projet</b>	<b>En rapport avec l'option choisie</b>	56	4
M4	<b>Module transverse (MT)</b>	<b>Choix de l'élève parmi 9 cours de la liste 1</b>	56	4
M5	<b>Module transverse (MT)</b>	<b>Choix de l'élève parmi 9 cours de la liste 2</b>	56	4
M6	<b>Module spécifique (MS)</b>	<b>Groupe de 3 cours propres à chaque option</b>	56	4
M7	<b>Module spécifique (MS)</b>		56	4
M8	<b>Module spécifique (MS)</b>		56	4
<b>Total :</b>			<b>448 h</b>	<b>30 ECTS</b>

58/78

### Module SEHS - LV (M1 – M2)

#### **Module M1 : Sciences Economiques Humaines et Sociales (56h)**

##### **Economie**

**Comprendre l'économie : principes de micro-économie :** Le comportement du producteur : la fonction d'offre – la structure des coûts - Le comportement du consommateur : la fonction de demande - L'équilibre dans le système de marché - L'altération du modèle de concurrence parfaite - L'Etat et le calcul économique - La micro-économie appliquée : les choix d'investissement

**Comprendre la Société :** Les modèles d'équilibre : le modèle "classique" - le modèle "keynésien" - Régulation sociale et inégalités sociales - Risque industriel et risque pour la société - Gestion de l'environnement

**Comprendre le Monde :** La mondialisation - Le Système Monétaire International - Développement et commerce mondial

### **Gestion**

**Groupes de sociétés :** Regroupements d'entreprises - Holding et pouvoir de contrôle - Gouvernance d'entreprise - Les comptes de groupe - Etude de cas : le groupe Peugeot

**Les marchés financiers :** Marchés financiers et monétaires : la fixation du taux d'intérêt - Marché des actions : fixation d'un cours d'équilibre - principes de la bourse - Méthodes de couverture du risque financier : opérations à terme - options - Etude de cas : couverture du risque de change

**Coûts et indicateurs de performance :** L'optimum de production - La démarche des coûts-cibles - Le Surplus de Productivité Globale - Les Prix de Cession Interne - Etude de cas

### **Management des hommes et des équipes**

Cours n°1 (4h) : Processus et organisation de l'entreprise - Présentation des éléments d'histoire du management - Méthode d'analyse de la performance des organisations.

Cours n°2 (4h) : Processus et organisation de l'entreprise (suite) - Approche globale - Analyse systémique - Le schéma de l'action stratégique - Module : Management et communication.

Cours n°3 (4h) : Les outils de base - Bien se connaître pour identifier ses capacités à communiquer et ses modalités de relation - Connaître les 5 « pilotes » qui nous conditionnent. Se donner des solutions-permissions de changement pour améliorer sa propre communication. La communication: schéma de base pour développer une écoute de qualité. La déperdition de l'information - La subjectivité dans la relation. Comment mieux communiquer: la matrice de résolution de problèmes. - Module: Principes et outils du management

59/78

Cours n°4 (4h) : Pratique du management - Système de management - Le leadership - L'autorité sur le groupe. Management et influence. Management de situation - Les différents styles. Carte des partenaires. Stratégie des alliés.

TD par option

Cas PRP : Changements organisationnel et stratégique - Tableau de bord prospectif - dans une PME.

Séance n°1 : Séance préparatoire - Présentation du cas - Présentation du travail préparatoire - Travail demandé - Organisation des groupes.

Séance n°2 : Problématique générale.

Séance n°3 : Convergence entre stratégie et organisation.

Séance n°4 : Tableau de bord de pilotage - Proposition de solutions.

Le management de proximité (TD : 2h) (I. Rougeot) : Moyens - Devoirs - Droits - Règles - Management de recadrage.

Le management de proximité (TD : 2h) (V. Mollier) : Management et éthique.

## **Module M2 : Anglais - Langue vivante 2 (56h)**

---

### **Anglais**

Anglais commercial : CV - lettre de motivation - entretiens d'embauche - échanges professionnels (réunions en anglais, déplacements professionnels à l'étranger) - communiquer par téléphone, fax, mail, courrier - Logiciel Tell Me More e-learning avec tuteur.

### **Langue vivante 2**

Allemand - Chinois - Espagnol - Italien - Japonais.

Certification BULATS (Business Language Testing Service) en Allemand ou Espagnol.

## Module projet (M3)

### Module M3 : Projet

---

Intervenant : Fabrice Sthal

#### Projets de réalisation et instrumentation de microsystemes embarqués(56h)

Projets intégrant la conception, la simulation et la réalisation en salle blanche de microdispositifs, conjointement ou non à la mise en œuvre des techniques d'acquisition pour les microsystemes, traitement de signal, capteurs, actionneurs pour les systemes embarqués

Ces projets seront centrés sur les thèmes suivants, et devront recouvrir au moins trois d'entre eux. Les étudiants en binôme pourront ainsi opérer un partage des tâches en fonction de leurs compétences dominantes. Les étudiants peuvent coopérer à la définition de leur projet.

#### Thème conception et micro-technologie

Mise en œuvre des technologies de micro-fabrication en salle blanche pour la conception des masques et la réalisation d'une matrice de micro-actionneurs à effet Joule, de capteurs de pression à détection capacitive, de micro-résonateurs à excitation capacitive, au choix.

#### Thème simulation de MEMS

Simulation avec Coventorware / Memcad pour l'analyse et l'optimisation des actionneurs.

#### Thème traitement du signal sous MATLAB

Concrétisation des concepts importants du traitement numérique du signal - Transformée de Fourier discrète - Observation spectrale et filtrage - Utilisation de MATLAB pour un codage rapide et concis des algorithmes de calcul.

#### Thème électronique analogique

Conditionnement des capteurs/actionneurs et microdispositifs réalisés en salle blanche. Conception de l'électronique associée (assistée par la simulation) capable de transformer la grandeur physique d'origine en grandeur électrique au format adapté à l'acquisition.

60/78

#### Thème acquisition, instrumentation

Mise en œuvre de la programmation des systemes embarqués (LabVIEW FPGA, processeur embarqué NIOS Altera) – Caractérisation de microsystemes par l'acquisition de données - Mesure de température par thermocouple - Acquisition à distance par protocole TCP/IP - Reconnaissance vocale - Mesure de fonction de transfert par liaison GPIB ou série.

#### Thème commande Capteurs / Actionneurs

Conversion tension – fréquence et fréquence – tension - Interrupteur analogique et circuits à capacités commutées - Moteur pas à pas et actionneur piézoélectrique - Accéléromètre intégré et capteur inductif.

## Modules transverses (M4 – M5)

### Module M4 : Module transverse à choisir parmi 9 cours (56h)

---

#### Liste 1 (9 cours)

Code	Intitulé	Responsable	C/C onf	TD	TP	T
ACI4	Amélioration continue industrielle	C. Dielemans	52	0	4	56
ACOUS4	Acoustique/Vibroacoustique	M. Ouisse	27	5	24	56
CAO4	Capteurs, actionneurs et CAO	E. Bigler	56	0	0	56

<i>C3M4</i>	Conception Mécanique, Microsystèmes, Microfabrication	N. Boudeau	<b>56</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>56</b>
<i>INST4</i>	Instrumentation pour les transports	P. Vairac	<b>56</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>56</b>
<i>MEMI4</i>	Mécanique expérimentale, mesure, instrumentation	N. Boudeau	<b>56</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>56</b>
<i>PS4</i>	Physique des surfaces	M. Devel	<b>52</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>56</b>
<i>ROBOT4</i>	Robotique et Vision	N. Piat	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>56</b>
<i>SIW4</i>	Systèmes d'informations et application Web	C. Varnier	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>32</b>	<b>56</b>

**Module M5 : Module transverse à choisir parmi 10 cours (56h)**

**Liste 2 (8 cours)**

<b>Code</b>	<b>Intitulé</b>	<b>Responsable</b>	<b>C/C onf</b>	<b>TD</b>	<b>TP</b>	<b>T</b>
<i>BIO5</i>	Biomécanique, biomatériaux et matériaux issus de la biomasse	G. Monteil	<b>38</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>56</b>
<i>CSEF5</i>	Calculs et simulation par éléments finis	R. Laydi	<b>38</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>56</b>
<i>EEER5</i>	Efficacité Energétique & Energies Renouvelables	B. Cavallier N. Ratier	<b>36</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>56</b>
<i>FAB5</i>	Procédés de fabrication avancés	M. Fontaine	<b>38</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>56</b>
<i>FTM5</i>	Fabrication et Technologies des Microsystèmes <b>Partiel sur les conférences</b>	E. Bigler	<b>56</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>56</b>
<i>MAENV5</i>	Matériaux et Environnement	D. Teyssieux P. Stempflé	<b>56</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>56</b>
<i>MOD5</i>	Méthodes d'Optimisation et de Décision	G. Laurent	<b>36</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>56</b>
<i>PLM5</i>	Approche PLM et Ingénierie des Procédés	N. Bodin	<b>4</b>	<b>52</b>	<b>0</b>	<b>56</b>

61/78

**Modules spécifiques (M6 – M7 – M8)**

**Module MSE6 : Microtechnologies (56h)**

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Salle blanche</b>	0	0	12	0	
<b>Microfabrication</b>	14	0	0	0	
<b>Conception et usinage de micro systèmes</b>	14	0	0	0	
<b>Modélisation et Simulation des microsystèmes</b>	6	0	0	0	
<b>CAO de microsystèmes</b>	0	0	12	0	
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>56</b>

Microfabrication, conception usinage, conception / CAO, microsystèmes et TP associés, salle blanche 1 et TP CAO.

Reprend l'essentiel de l'ancien MIC1 avec TP salle blanche 1 ex un cours de 14 heures de B. Dulmet.

**TP Salle blanche 1 : Introduction à la photolithographie (TP : 12h)**

Couches minces : enduction de résine par centrifugation - Photolithographie de contact simple face et double face - Résines positives et inversibles - Dépôt et gravure de couches minces métalliques - Procédés de gravure directe et lift-off.

### **Microfabrication (cours : 14h)**

Introduction sur les notions et les divers types de microsystemes - Intérêt, domaines d'applications et marchés actuels et futurs - Méthodes de prototypage et de microfabrication : laser, électroérosion, ultrasons, microstéréolithographie - Méthodes de microfabrication collective, différentes photolithographies (UV, LIGA, LIGA du pauvre) - Méthodes de dépôts de couches minces et de couches épaisses - Méthodes de gravure ionique, ionique réactive et chimique - Focalisation sur la technique LIGA : photolithographie, électrodéposition, micromoulage - Dopages par implantation et diffusion - Encapsulation et connectique des microsystemes - Tests et caractérisation - Quelques applications typiques bisontines

### **Conception et usinage des microsystemes (cours : 14h)**

Usinage chimique anisotrope : généralités, définitions et problèmes de fabrication des microdispositifs - Modèles cinématiques et moléculaires pour l'attaque chimique anisotrope : méthodes de prédiction des formes usinées - Micro-usinage chimique anisotrope : cristaux de silicium (bains d'attaque KOH, EDP, TMAH), GaAs et quartz - Méthodes d'analyse des formes usinées : conception de microstructures simples

### **Modélisation et Simulation des microsystemes (cours : 6h)**

Facteurs d'échelle, évolution des divers types de forces en fonction des dimensions d'un objet : importance accrue des forces électrostatiques - Rappels d'électrostatique : théorème de Gauss, forces et capacités - Calcul des capacités : méthodes analytiques - Calcul des capacités : exemple de modélisation numérique - Les différentes étapes de l'analyse d'un capteur de force à poutre vibrante - Notions de mécanique des membranes et plaques minces

### **TP CAO de microsystemes (TP : 12h)**

Apprentissage du logiciel MEMCAD (capacité d'un microbarreau silicium) - Design d'une structure monolithique simple (élément sensible de capteur de pression à membrane) - Diapason quartz utilisé en capteur de force : calcul de capacité statique ou de sensibilité aux forces axiales, (au choix)

## **Module MSE7 : Microsystemes et Interfaces (56h)**

62/78

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Salle blanche</b>	0	0	6	0	
<b>Simulation par Eléments finis pour les Microsystemes</b>	14	0	0	0	
<b>Acquisition Labview</b>	0	0	12	0	
<b>Instrumentation informatisée</b>	10	0	0	0	
<b>Electronique des microsystemes</b>	14	0	0	0	
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>56</b>

Intervenant : Fabrice Sthal

Micro systemes et leur environnement, interface électronique des microsystemes, acquisition informatisée et TP associés.

ici nous avons 8 heures de cours à proposer à d'autres intervenants sous réserve que B. Dulmet puisse faire un cours de 14H dans une autre option.

### **TP Salle blanche 2**

Fabrication d'un micro actionneur bilame aluminium sur silicium : photolithographie double face, dépôt de couches métalliques épaisses - Introduction aux couches de protection en silice - Métrologie des couches de silice et d'aluminium - Gravure humide du silicium par bain de potasse - Contrôle et caractérisation du dispositif

### **Simulation par Eléments finis pour les Microsystemes (cours : 14h)**

Contexte des microtechniques : aspects multi-physique - Equations locales d'équilibre (milieu continu) : élasticité, statique et dynamique, thermique, équations de Maxwell - Vision globale des équations de comportement : élasticité linéaire anisotrope, thermoélasticité, diffusion de la chaleur, électromagnétisme, électrostatique, magnétoélasticité, électrocinétique, piézoélectricité, piézorésistivité, rotation des constantes matérielles dans un matériau anisotrope et systèmes d'unités - Méthode des éléments finis pour un milieu continu : formulation intégrale en élasticité, thermoélasticité, thermique linéaire, électrostatique, électrocinétique (Joule), Discrétisation, interpolations, obtention des matrices élémentaires, fonctions de forme - Résolutions multi-

physiques en cascade, exemple d'un actionneur à effet Joule : phase de conduction avec diffusion de la chaleur et thermoélasticité.

### **Acquisition LABVIEW (TP : 12h)**

Initiation à *LABVIEW* - Principes de base : langage G, instruments virtuels (VI) - Structure de programmation, boucles, graphes, tableaux, clusters. Notions de sous-VI. Gestion des fichiers E/S - Mesure de température - Acquisition de signaux sinusoïdaux.

### **Instrumentation informatisée (cours : 10h)**

Conditionnement du signal : linéarisation, amplification, filtrage - Protection vis à vis des parasites, câblage, bruit - Multiplexage, échantillonnage, conversion analogique numérique et CNA - Cartes d'acquisitions : architecture, méthode de choix - Liaisons externes : GPIB, série (RS232, USB), bus de terrain, Wifi - Langage de programmation, instruments virtuels - Labview FPGA pour les systèmes embarqués.

### **Electronique des microsystemes (cours : 14h)**

Technologie de fabrication des circuits CMOS de base, analogiques et numériques - Circuits à capacités commutées - Amplificateurs et filtres - Techniques classiques de linéarisation des signaux de sortie des microcapteurs - Circuits de compensation d'inertie

### **Module MSE8 : Navigation et positionnement (56h)**

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Résonateurs et oscillateurs</b>	14	0	0	0	
<b>Modélisation des oscillateurs</b>	14	0	0	0	
<b>Capteurs résonants hautes performances</b>	7	0	0	0	
<b>Références de fréquence</b>	7	0	0	0	
<b>Sources et navigation</b>	14	0	0	0	
<b>Total</b>	<b>56</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>56</b>

Intervenant : Fabrice Sthal

63/78

Introduction aux micro-dispositifs résonnants et aux oscillateurs de haute performance avec l'instrumentation associée et la métrologie des fréquences et du bruit. Application à la navigation et au positionnement.

### **Résonateurs et oscillateurs (cours : 14h)**

Importance des systèmes temps-fréquence - Notions générales sur les résonateurs et les oscillateurs - Initiation à la piézoélectricité. Quartz, nouveaux matériaux - Présentation sommaire du résonateur à quartz - Structure d'un oscillateur - Différents oscillateurs, paramètres de choix selon application.

### **Modélisation des oscillateurs (cours : 14h)**

Analyse asymptotique des systèmes oscillants - Application de la méthode de la moyenne - Modélisation des oscillateurs par la méthode dipolaire - Simulation comportementale sous *PSPICE* - Résolution des équations différentielles non linéaires sous *PSPICE* - Régime transitoire d'amplitude et de fréquence - Calcul des spectres de bruit d'amplitude et de phase d'un oscillateur.

### **Capteurs résonnants hautes performances (cours : 7h)**

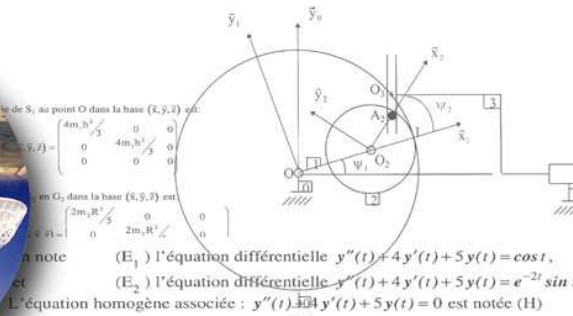
Caractérisation de capteurs piézoélectriques à sortie de fréquence - Instrumentation associée - Influence de l'environnement (Effet de température...) - Mesure des paramètres motionnels (résonateurs ultrastables et capteurs de précision) - Mesure de bruit. Application capteurs de positionnement embarqués : Gyromètres, gyroscopes, centrale inertielle.

### **Références de fréquence (cours : 7h)**

Fonctionnement, caractérisation et métrologie associée des Etalons et Oscillateurs - Horloges et micro-horloges atomiques.

### **Sources et navigation (cours : 14h)**

Saphir cryogénique - Micro-horloge atomique - Atomes froids - Applications : positionnement, navigation, synchronisation des réseaux. GPS.



$$[B(x,t)]^T = \frac{[E(x,t)]^T}{y^2} = \mu_0 \cos [E(x,t)]^T$$

$$\begin{cases} u(x,t) = \frac{1}{2} \cos [E(x,t)]^T + \frac{1}{2} \frac{\mu_0 \cos [E(x,t)]^T}{\mu_0} \\ = \frac{1}{2} \cos [E(x,t)]^T + \frac{1}{2} \cos [E(x,t)]^T = \cos [E(x,t)]^T \end{cases}$$

$$[E(x,t)]^T = \sqrt{2} [B(x,t)]^T = \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0 \cos}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} u(x,t) = \frac{1}{2} \frac{\cos [B(x,t)]^T}{\mu_0 \cos} + \frac{1}{2} \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} \\ = \frac{1}{2} \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} + \frac{1}{2} \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} = \frac{[B(x,t)]^T}{\mu_0} \end{cases}$$

- (A)  $\int_0^4 g(t) dt$  est une intégrale divergente
- (B)  $\int_{-1}^1 g(t) dt = 0$
- (C)  $\int_0^2 g(t) dt = 4 \int_0^{\pi/2} \sin u du$
- (D)  $\int_0^1 g(t) dt = 4 - 2\sqrt{3}$
- (E)  $\int_0^1 g(t) dt$

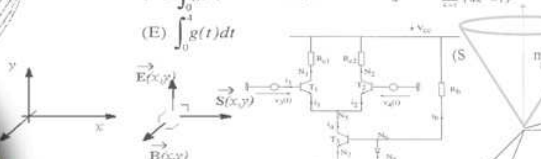
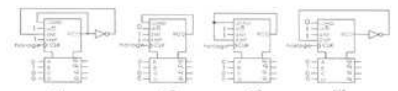
$$S(x,t) = \frac{1}{\pi} \frac{1}{2} \cos x + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{4n^2 - 1} \cos 2nx$$

La série  $S(x,t)$  converge quel que soit  $t$

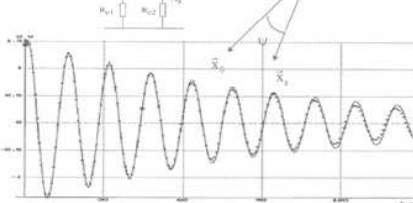
$$\int_{-\pi/2}^{\pi/2} f^2(x) dx = \frac{1}{2}$$

$$\frac{\pi}{4} = 2 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(4n^2 - 1)^2}$$

La sortie RCO n'évolue pas de façon synchrone mais est liée de manière directe aux entrées ENT. (0;0) jet à  $Q_0, Q_1, Q_2, Q_3$  par l'expression combinatoire suivante :

$$RCO = ENT[(0/0)Q_0, Q_1, Q_2, Q_3 + (0/0)Q_1, Q_2, Q_3]$$


- On considère les quatre compteurs suivants. On suppose que pour chacun des compteurs on part de l'état initial  $Q_0, Q_1, Q_2, Q_3 = 0010$
- (A) La famille  $(i, j - k, j + k)$  est tdc.
- (B) La matrice de  $f$  dans la base  $(i, j - k, j + k)$  est  $\begin{pmatrix} 1 & 4 & 0 \\ 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$
- (C) La matrice de  $f$  dans la base  $(i, j - k, -j - k)$  est  $\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$
- (D) Pour tout entier naturel non nul  $n, A^n = I + nB + \frac{n(n-1)}{2} B^2$
- (E)  $A^n = \begin{pmatrix} 1 & -200 & -200 \\ 0 & -9 & -10 \\ 0 & 10 & 11 \end{pmatrix}$



...category of consumer spending has been day on all kinds of home help. Last year, the household expenditure, domestic service for services of those at the bottom of the pile as ordinary probably has something to do with work. And at the end of the age range, grown up children, who find it hard to get jobs i about up the demand. Over half of women with ... Britain's state provides little non-sch ...

...report a steady increase in demand at the top en of the 1990s. Hutchinsom, provides live-in butlers, who- annual salary of £18,000. But most of the ... and fashioned, starched-collar service, but by middle-class double income ... couples. Plenty of the work is in ... paid on each, so evading tax, but an increasing share of contracts y through agencies.

Setting up an agency, has become easy since licensing requirements were abolished two years ago. Some establish- firms complain that deregulation has led to fly-by-night operators lurching illegal immigrants into exploitative contracts. Certainly, there have been a few horrible cases of Filipino maids imprisoned by employers; but most no agencies exemplify the steady professionalisation of domestic-service jobs that has already made a clean sweep of off- clearing.

THE ECONOMIST, 14.12.96

La matrice d'inertie de  $S_1$  au point O dans la base  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$  est :

$$\begin{pmatrix} 4m, h^4/3 & 0 & 0 \\ 0 & 4m, h^4/3 & 0 \\ 0 & 0 & 2m, R^2/3 \end{pmatrix}$$

L'intégrale  $\int_0^1 f(t) dt$  est convergente

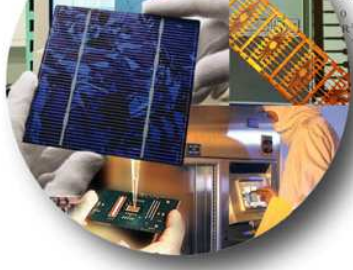
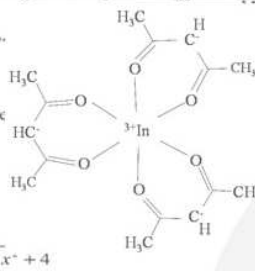
$$\int_0^1 f(t) dt = \int_0^1 \frac{x^4}{x^4 - 16} dx$$

$$\frac{x^4}{x^4 - 16} = 1 + \frac{2}{x^2 - 4} - \frac{2}{x^2 + 4}$$

$$\frac{2}{x^2 - 4} = 1 + \frac{1}{2(x+2)} - \frac{1}{2(x-2)}$$

$$\frac{1}{x^2 + 4} = \frac{1}{x^2 + 4}$$

$$\int_0^1 f(t) dt = 2 - \ln 3 - 2 \text{ Artan } \frac{1}{2}$$



## Ingenierie des Systemes de Production





## ► PROD : Ingénierie des systèmes de production (C. Varnier)

### Objectifs et débouchés

Les entreprises évoluent dans un contexte concurrentiel en perpétuelle évolution et, relativement à l'outil de production et à son pilotage, les exigences en termes de flexibilité, de réactivité, d'adaptabilité, de fiabilité/disponibilité ne faiblissent pas. Aussi, les technologies sont en constante mutation. Tout ceci implique que les ingénieurs et décideurs soient à même d'assurer la maîtrise fonctionnelle, technique et organisationnelle des systèmes. Cela requiert en outre un ensemble de compétences dans le déploiement d'outils d'analyse et de décision adéquats. Ainsi, cette option a pour but de donner aux futurs ingénieurs les capacités à appréhender un système de production dans son environnement, à l'analyser, à en évaluer les performances, et à prendre les décisions en conséquence en vue de sa conception, son pilotage, son exploitation et sa maintenance.

Une première partie des enseignements vise à situer l'activité de production au sein de l'entreprise, à percevoir les interactions avec les autres services et avec les partenaires extérieurs et à dégager les enjeux majeurs émergents depuis quelques années ainsi que les nouvelles formes organisationnelles. L'objectif sous-jacent est de donner aux étudiants les éléments nécessaires à une analyse critique des problèmes auxquels ils peuvent être confrontés dans l'entreprise. A ce niveau, la mise en œuvre de différentes techniques, méthodes et outils (tant organisationnels que techniques et informatiques) nécessaires à une gestion pérenne de l'activité productrice, et cela, à différents horizons décisionnels (du long terme - stratégique au court terme - opérationnel) est également traitée.

65/78

Un deuxième volet propose aux élèves ingénieurs d'étudier un ensemble d'outils leur permettant d'analyser un système, d'en évaluer les performances et de le commander/piloter/modifier en conséquence. Les outils présentés regroupent des méthodes formelles quantitatives et des approches par simulation. Les connaissances acquises apportent les éléments de base pour simuler, dimensionner et optimiser les flux de matière et de pièces dans l'entreprise.

Enfin, au-delà des modes normaux de fonctionnement, la conception, la modification, le pilotage d'un système de production nécessite également la prise en compte des modes d'exception. C'est ce qui fait l'objet de la troisième partie des enseignements dont l'objectif est de fournir aux élèves ingénieurs les connaissances indispensables à la maîtrise de l'activité de maintenance dans sa globalité (principe, enjeux, sûreté de fonctionnement, surveillance, diagnostic, pronostic, MCO, GMAO, TPM...).

Au final, les enseignements portent sur différents aspects de l'ingénierie des systèmes de production (spécification, conception, organisation, amélioration de processus, évaluation de performances, exploitation/maintenance, systèmes informationnels) et cette option offre ainsi des débouchés vers les métiers de la production (méthodes, production, maintenance, qualité, logistique).

## Architecture de l'option

Module	Intitulé	Caractéristiques	Volume horaire	Nombre ECTS
M1	<b>Economie – Gestion – Communication</b>	<b>Obligatoire et commun à toutes les options</b>	56	3
M2	<b>Anglais – LV2</b>		56	3
M3	<b>Projet</b>	<b>En rapport avec l'option choisie</b>	56	4
M4	<b>Module transverse (MT)</b>	<b>Choix de l'élève parmi 9 cours de la liste 1</b>	56	4
M5	<b>Module transverse (MT)</b>	<b>Choix de l'élève parmi 9 cours de la liste 2</b>	56	4
M6	<b>Module spécifique (MS)</b>	<b>Groupe de 3 cours propres à chaque option</b>	56	4
M7	<b>Module spécifique (MS)</b>		56	4
M8	<b>Module spécifique (MS)</b>		56	4
<b>Total :</b>			<b>448 h</b>	<b>30 ECTS</b>

## Module SEHS - LV (M1 – M2)

### **Module M1 : Sciences Economiques Humaines et Sociales (56h)**

#### **Economie**

**Comprendre l'économie : principes de micro-économie :** Le comportement du producteur : la fonction d'offre – la structure des coûts – Le comportement du consommateur : la fonction de demande – L'équilibre dans le système de marché – L'altération du modèle de concurrence parfaite – L'Etat et le calcul économique – La micro-économie appliquée : les choix d'investissement

**Comprendre la Société :** Les modèles d'équilibre : le modèle "classique" - le modèle "keynésien" - Régulation sociale et inégalités sociales - Risque industriel et risque pour la société - Gestion de l'environnement

**Comprendre le Monde :** La mondialisation - Le Système Monétaire International - Développement et commerce mondial

#### **Gestion**

**Groupes de sociétés :** Regroupements d'entreprises – Holding et pouvoir de contrôle – Gouvernance d'entreprise – Les comptes de groupe - Etude de cas : le groupe Peugeot

**Les marchés financiers :** Marchés financiers et monétaires : la fixation du taux d'intérêt - Marché des actions : fixation d'un cours d'équilibre – principes de la bourse - Méthodes de couverture du risque financier : opérations à terme - options - Etude de cas : couverture du risque de change

Coûts et indicateurs de performance : **L'optimum de production - La démarche des Management des hommes et des équipes**

Cours n°1 (4h) : Processus et organisation de l'entreprise - Présentation des éléments d'histoire du management - Méthode d'analyse de la performance des organisations.

Cours n°2 (4h) : Processus et organisation de l'entreprise (suite) - Approche globale - Analyse systémique - Le schéma de l'action stratégique - Module : Management et communication.

Cours n°3 (4h) : Les outils de base - Bien se connaître pour identifier ses capacités à communiquer et ses modalités de relation - Connaître les 5 « pilotes » qui nous conditionnent. Se donner des solutions-permissions de changement pour améliorer sa propre communication. La communication: schéma de base pour développer une écoute de qualité.

La déperdition de l'information – La subjectivité dans la relation. Comment mieux communiquer: la matrice de résolution de problèmes. - Module: Principes et outils du management

Cours n°4 (4h) : Pratique du management - Système de management - Le leadership - L'autorité sur le groupe. Management et influence. Management de situation - Les différents styles. Carte des partenaires. Stratégie des alliés.

TD par option

Cas PRP : Changements organisationnel et stratégique – Tableau de bord prospectif – dans une PME.

Séance n°1 : Séance préparatoire - Présentation du cas - Présentation du travail préparatoire - Travail demandé - Organisation des groupes.

Séance n°2 : Problématique générale.

Séance n°3 : Convergence entre stratégie et organisation.

Séance n°4 : Tableau de bord de pilotage – Proposition de solutions.

Le management de proximité (TD : 2h) (I. Rougeot) : Moyens - Devoirs - Droits – Règles - Management de recadrage.

Le management de proximité (TD : 2h) (V. Mollier) : Management et éthique.

## **Module M2 : Anglais – Langue vivante 2 (56h)**

---

### **Anglais**

Anglais commercial : CV - lettre de motivation - entretiens d'embauche - échanges professionnels (réunions en anglais, déplacements professionnels à l'étranger) - communiquer par téléphone, fax, mail, courrier – Logiciel Tell Me More e-learning avec tuteur.

### **Langue vivante 2**

Allemand – Chinois - Espagnol – Italien – Japonais.

Certification BULATS (Business Language Testing Service) en Allemand ou Espagnol.

67/78

## **Module projet (M3)**

### **Module M3 : Projet**

---

**Responsable : Nouredine Zerhouni**

Les projets proposés dans ce module auront comme objectif d'étudier les systèmes de production dans leur globalité. Des sujets de différentes natures seront proposés :

- Etude de site de production
- Simulation de système de production complexe : Etude de différentes politiques de pilotage
- Résolution de problème d'optimisation dans les systèmes de production
- Mise en œuvre de méthode de diagnostic et/ou pronostic : En simulation numérique, Sur des maquettes physiques

Pour tous les projets les étudiants devront développer une démarche de projet au travers de laquelle ils auront à :

- analyser le problème posé
- étudier la bibliographie sur le sujet
- choisir une méthode adaptée à la résolution
- développer la ou les méthodes retenues.

## **Modules transverses (M4 – M5)**

**Module M4 : Module transverse à choisir parmi 9 cours (56h)****Liste 1 (9 cours)**

Code	Intitulé	Responsable	C/C onf	TD	TP	T
ACI4	Amélioration continue industrielle	C. Dielemans	52	0	4	56
ACOUS4	Acoustique/Vibroacoustique	M. Ouisse	27	5	24	56
CAO4	Capteurs, actionneurs et CAO	E. Bigler	56	0	0	56
C3M4	Conception Mécanique, Microsystèmes, Microfabrication	N. Boudeau	56	0	0	56
INST4	Instrumentation pour les transports	P. Vairac	56	0	0	56
MEMI4	Mécanique expérimentale, mesure, instrumentation	N. Boudeau	56	0	0	56
PS4	Physique des surfaces	M. Devel	52	0	4	56
ROBOT4	Robotique et Vision	N. Piat	34	0	24	56
SIW4	Systèmes d'informations et application Web	C. Varnier	18	6	32	56

**Module M5 : Module transverse à choisir parmi 10 cours (56h)****Liste 2 (8 cours)**

Code	Intitulé	Responsable	C/C onf	TD	TP	T
BIO5	Biomécanique, biomatériaux et matériaux issus de la biomasse	G. Monteil	38	10	8	56
CSEF5	Calculs et simulation par éléments finis	R. Laydi	38	18	0	56
EEER5	Efficacité Energétique & Energies Renouvelables	B. Cavallier N. Ratier	36	20	0	56
FAB5	Procédés de fabrication avancés	M. Fontaine	38	10	8	56
FTM5	Fabrication et Technologies des Microsystèmes <b>Partiel sur les conférences</b>	E. Bigler	56	0	0	56
MAENV5	Matériaux et Environnement	D. Teyssieux P. Stempflié	56	0	0	56
MOD5	Méthodes d'Optimisation et de Décision	G. Laurent	36	10	10	56
PLM5	Approche PLM et Ingénierie des Procédés	N. Bodin	4	52	0	56

68/78

**Modules spécifiques (M6 – M7 – M8)****Module PROD6 : Organisation des systèmes de production (R. Gouriveau)**

Responsable : Rafael Gouriveau

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Nouvelles organisations de production</b>	8				8
<b>Systèmes d'informations industriels</b>	4		8		12
<b>Gestion de production</b>	6	8	12	2	28
<b>Amélioration continue</b>	4			4	8

**Positionnement et objectifs**

L'objectif de ce module est de donner aux étudiants les éléments nécessaires à une analyse critique des problèmes auxquels ils peuvent être confrontés dans l'entreprise. Deux axes de travail complémentaires sont développés :

- le premier vise, d'une part, à décrire l'entreprise dans son environnement (fournisseurs, clients, concurrents, banques, institutions) et à dégager les enjeux majeurs émergents depuis quelques années ainsi que les nouvelles formes organisationnelles, et d'autre part, à situer et comprendre l'activité de production au sein de cet ensemble (percevoir les interactions avec les autres services et avec les partenaires extérieurs),
- le second porte plus spécifiquement sur la mise en œuvre de différentes techniques, méthodes et outils (tant organisationnels que techniques et informatiques) nécessaires à une gestion pérenne de l'activité productrice, et cela, à différents horizons décisionnels (du long terme - stratégique au court terme - opérationnel).

**Nouvelles organisations de production**

Production et services – mutations - Entreprise étendue : nouveau contexte, nouveaux indicateurs, formes de collaboration des entreprises et enjeux - Chaîne logistique : définitions et périmètre, objectifs, pilotage, soutien logistique intégré.

**Systèmes d'information industriels**

L'homme "acteur" – information et décision - Les enjeux stratégiques du KM (Knowledge Management) en entreprise ; problématique des connaissances ; la capitalisation des connaissances - Approche par mémoire d'entreprise (REX MEREX); par gestion des connaissances méthode - ascendante KOD et descendante (common KAD's ; MASK), méthodes par ontologie - Des systèmes d'information dédiés aux systèmes intégrés : développements internes, GXAO, ERP, APS, MES.

**Gestion de production**

Planification : de MRP à MRPII (Manufacturing Resource Planning), problématique, plan industriel et commercial, plan directeur de production, calcul des besoins, adéquation charge-capacité, principaux outils de GPAO - Flux tendu et Juste A Temps : diminution des gaspillages, mise en ligne des moyens de production, rôles du Kanban, diminution des tailles de lot, méthode SMED, qualité et juste-à-temps (Poka-Yoke) - Gestion des flux par les contraintes, méthode OPT.

69/78

**Amélioration continue et qualité**

La production "maigre" - lean manufacturing - Amélioration continue (5S-Kaizen) versus refonte des processus (Business Process Reengineering) - Qualité totale, management du progrès (6 sigma), QFD, MSP.

**Module PROD7 : Pilotage des systèmes industriels (C. Varnier)**

**Responsable : Christian Varnier**

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Modélisation des systèmes de production</b>	6	4	0	0	10
<b>Evaluation de performances</b>	8	6	12	0	26
<b>Recherche opérationnelle</b>	6	4	0	0	10
<b>Méthodes d'ordonnement</b>	6	4	0	0	10
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>56</b>

**Positionnement et objectifs**

L'objectif de ce module est de proposer aux étudiants un panel d'outils leur permettant d'analyser un système, d'en évaluer les performances et de le commander/piloter/modifier en conséquence. Les outils présentés peuvent globalement être distingués selon le type d'approche de l'analyse sur lequel ils se fondent : méthodes formelles quantitatives et approche par simulation.

**Modélisation et évaluation de performances**

Modélisation de systèmes par réseaux de Petri (RdP) - Analyse des systèmes (propriétés : blocages, conflits, vivacité...) - Réseaux de Petri non autonomes : RdP temporisés, RdP synchronisés, RdP interprétés, RdP coloriés, RdP stochastiques.

### Evaluation de performances et simulation

Graphes de Markov : outil de modélisation - Réseaux de files d'attente - Positionnement de l'activité de simulation, notion de modèle de simulation, besoin, cadres et objectifs de la simulation - Méthodologie d'élaboration d'un projet de simulation - Interprétations des résultats de simulation - Avantage et limites de la simulation - Mise en œuvre sur le logiciel Witness (problèmes industriels types)

### Recherche opérationnelle

Programmation linéaire en nombres entiers - Programmation linéaire en variables binaires - Problème de tournée - Problèmes de mélanges - Problèmes de découpe - Problème d'équilibrage d'une chaîne de production - Problèmes de transport.

### Méthodes d'ordonnement

Notion d'ordonnement dans les systèmes de production - Typologie des problèmes d'ordonnement - Problèmes à une machine - Problèmes d'atelier : Flowshop, Jobshop et Openshop.

## Module PROD8 : Ingénierie de la maintenance (K. Medjaher)

Responsable : Kamal Mdjaher

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Maîtrise des risques et sûreté de fonctionnement</b>	14	0	0	0	
<b>Gestion de la maintenance</b>	14	0	0	0	
<b>Détection, diagnostic et pronostic</b>	10	6	0	0	
<b>Ingénierie des connaissances</b>	12	0	0	0	
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>56</b>

### Positionnement et objectifs

Les enseignements de ce module permettent de positionner l'activité de maintenance dans l'entreprise, d'identifier les points durs de sa mise en œuvre, d'en présenter les principales activités (gestion des données, des ressources, des équipements, du temps, ...). L'objectif est de permettre à l'ingénieur d'assurer une meilleure disponibilité opérationnelle des systèmes tout en réduisant le coût de leur cycle de vie ; les étudiants sont initiés aux techniques et méthodes utiles à cette fin.

70/78

### Maîtrise des risques et sûreté de fonctionnement

Volet 1. Problématique - de la maîtrise du risque à la sûreté de fonctionnement (SdF) - Volet 2. Concepts, phénoménologie événementielle, données, modèles, mesures - Volet 3. Mise en œuvre d'une étude SdF - principaux outils à usage industriel : AMDEC, Diagramme de Fiabilité, Arbre de Défaillance, Simulation de Monte Carlo - Volet 4. Concepts avancés - processus stochastiques et modèles markoviens.

### Gestion de maintenance

Positionnement, concepts, définitions et enjeux - Missions : production versus maintenance - Evolution : typologies de maintenance - Organisation et processus métiers - Système d'information de maintenance, GMAO, indicateurs et tableaux de bord - Nouvelles formes de maintenance : e-maintenance et démarches complémentaires.

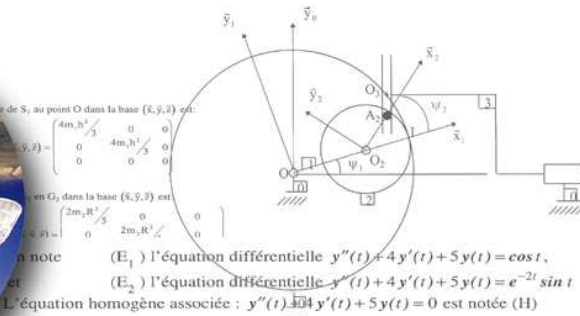
### Détection, diagnostic, pronostic

Introduction à la surveillance des systèmes et au diagnostic : définitions, terminologie, méthodes de diagnostic - Détection, identification et localisation des défaillances : approches quantitatives (espace de parité, observateurs, estimation paramétrique...), approches qualitatives (reconnaissance de formes,...) - Pronostic de défaillances : introduction aux réseaux bayésiens et application au pronostic de défaillances méthodes d'intelligence artificielle (RaPC, RN, RB,...).

### Ingénierie des connaissances en maintenance

- Définition du savoir et savoir faire, données information connaissance - mise en œuvre d'une démarche KM dans la e-maintenance.



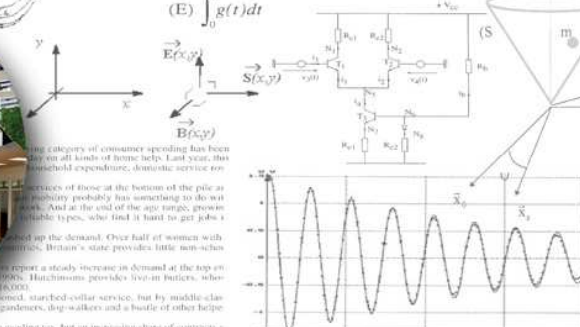
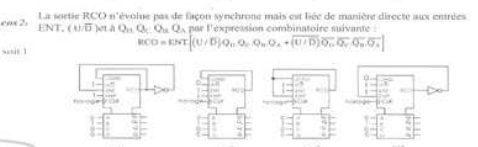


$$[B(x, t)]^T = \frac{[E(x, t)]^T}{\sqrt{2}} = \mu_0 \cos [E(x, t)]^T$$

$$\begin{cases} u(x, t) = \frac{1}{2} \cos [E(x, t)]^T + \frac{1}{2} \mu_0 \cos [E(x, t)]^T \\ \quad = \frac{1}{2} \cos [E(x, t)]^T + \frac{1}{2} \cos [E(x, t)]^T = \cos [E(x, t)]^T \\ v(x, t) = \frac{1}{2} \sin [E(x, t)]^T + \frac{1}{2} \mu_0 \sin [E(x, t)]^T \\ \quad = \frac{1}{2} \sin [E(x, t)]^T + \frac{1}{2} \sin [E(x, t)]^T = \sin [E(x, t)]^T \end{cases}$$

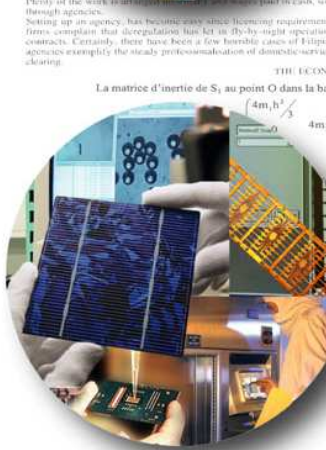


(A)  $\int_0^4 g(t) dt$  est une intégrale divergente  
 (B)  $\int_0^4 g(t) dt = 0$   
 (C)  $\int_0^2 g(t) dt = 4 \int_0^{\pi/2} \sin u du$   
 (D)  $\int_0^2 g(t) dt = 4 - 2\sqrt{3}$   
 (E)  $\int_0^2 g(t) dt$



On considère les quatre compteurs suivants. On suppose que pour chacun des compteurs on part de l'état initial  $Q_0 Q_1 Q_2 Q_3 = 0010$ .

(A) La famille  $(i, j - k, j + k)$  est liée.  
 (B) La matrice de  $f$  dans la base  $(i, j - k, j + k)$  est  $\begin{pmatrix} 1 & 4 & 0 \\ 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$   
 (C) La matrice de  $f$  dans la base  $(i, j - k, j + k)$  est  $\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$   
 (D) Pour tout entier naturel non nul  $n$ ,  $A^n = I + nB + \frac{n(n-1)}{2} B^2$   
 (E)  $A^n = \begin{pmatrix} 1 & -2n & -2n^2 \\ 0 & -n & -n \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$



THE ECONOMIST, 14.12.96

La matrice d'inertie de  $S_1$  au point  $O$  dans la base  $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$  est:

$$L' \int_0^{+\infty} f(t) dt \text{ est convergente}$$

$$\int_0^1 f(t) dt = \int_0^1 \frac{x^4}{x^4 - 16} dx$$

$$= \frac{1}{4} \left( \frac{x^4}{x^4 - 16} + \frac{2}{x^2 - 4} - \frac{2}{x^2 + 4} \right)$$

$$= \frac{1}{4} \left( 1 + \frac{1}{2(x+2)} + \frac{1}{2(x-2)} - \frac{1}{x^2 + 4} \right)$$

$$\int_0^1 f(t) dt = 2 - \ln 3 - 2 \operatorname{Arctan} \frac{1}{2}$$

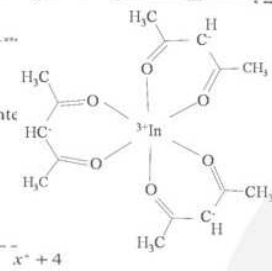
On se propose de trouver quelques propriétés de la courbe  $\mathcal{C}$  dont la représentation dans un repère du plan est :

$$\begin{cases} x(t) = \frac{1+t^2}{1-t^2} \\ y(t) = \frac{1-t^2}{1+t^2} \end{cases} \text{ avec } t \in \mathbb{R}$$

On considère trois points du plan A, B, S non alignés. On suppose que A est d'affixe -1, B d'affixe +1, et l'on note  $s = u + iv$  l'affixe de S.

Ainsi  $v \neq 0$ . On note  $\mathcal{C}$  le cercle circonscrit au triangle (A, B, S),  $\Omega$  son centre et  $\omega$  l'affixe de  $\Omega$ .

F est le point où la droite orthogonale à (AB) issue de S recoupe  $\mathcal{C}$ , et H le symétrique de F par rapport à la droite (AB).



# Microsystèmes et Santé



## ► SANTE : Microsystèmes et Santé (P. Vairac)

### Objectifs et débouchés

L'association des microsystèmes et de l'ingénierie biomédicale correspond à une approche interdisciplinaire qui a pour objectif la conception et l'application des concepts et méthodes de l'ingénierie, y compris à petite échelle, aux problèmes que l'on rencontre en biologie et en sciences de la santé.

Cette option répond à un enjeu sociétal fort qui se traduit par des besoins en ingénieurs de haut niveau pour concevoir et réaliser les outils de diagnostic et d'analyse médicale qui pourront permettre :

- la télésurveillance des malades, principalement pour les plus fragiles ou ceux qui sont seuls (personnes âgées, par exemple)
- les analyses à très faible

le coût utilisant des biopuces ou d'autres microdispositifs spécifiques basés sur des MEMS/MOEMS (microsystèmes opto/électromécanique)

- l'imagerie de l'intérieur du corps humain ; on rencontre ces instruments classiquement dans les cabinets médicaux ou les centres de soins (ultrasons, rayons X, scanner, ...)
- dans certains cas la thérapie (utilisation de lumière spécifique, de rayons X ou électromagnétique, microdispositifs d'injection, ...)

La double compétence en génie biomédical d'une part, et en instrumentation et microtechniques d'autre part, ouvre des débouchés dans les secteurs suivants : instrumentation de précision, instrumentation biomédicale, techniques d'imagerie et outils pour le diagnostic, biotechnologies, ainsi que conception de microsystèmes multiphysiques. Une partie des emplois concernés sont dans le domaine public (où les nouvelles normes imposent le recrutement d'ingénieurs à large spectre de compétences ; dont les grands organismes d'études et/ou de recherche comme l'INSERM) ou le privé (sociétés travaillant à l'interface entre la technique et le biomédical, principalement concevant de nouvelles techniques de diagnostic, d'analyse et/ou de thérapie).

73/78

## Architecture de l'option

Module	Intitulé	Caractéristiques	Volume horaire	Nombre ECTS
M1	<b>Economie – Gestion – Communication</b>	<b>Obligatoire et commun à toutes les options</b>	56	3
M2	<b>Anglais – LV2</b>		56	3
M3	<b>Projet</b>	<b>En rapport avec l'option choisie</b>	56	4
M4	<b>Module transverse (MT)</b>	<b>Choix de l'élève parmi 9 cours de la liste 1</b>	56	4
M5	<b>Module transverse (MT)</b>	<b>Choix de l'élève parmi 9 cours de la liste 2</b>	56	4
M6	<b>Module spécifique (MS)</b>	<b>Groupe de 3 cours propres à chaque option</b>	56	4
M7	<b>Module spécifique (MS)</b>		56	4

M8	<b>Module spécifique (MS)</b>		56	4
<b>Total :</b>			<b>448 h</b>	<b>30 ECTS</b>

## Module SEHS - LV (M1 – M2)

### Module M1 : Sciences Economiques Humaines et Sociales (56h)

#### Economie

**Comprendre l'économie : principes de micro-économie :** Le comportement du producteur : la fonction d'offre – la structure des coûts – Le comportement du consommateur : la fonction de demande – L'équilibre dans le système de marché – L'altération du modèle de concurrence parfaite – L'Etat et le calcul économique – La micro-économie appliquée : les choix d'investissement

**Comprendre la Société :** Les modèles d'équilibre : le modèle "classique" – le modèle "keynésien" – Régulation sociale et inégalités sociales – Risque industriel et risque pour la société – Gestion de l'environnement

**Comprendre le Monde :** La mondialisation – Le Système Monétaire International – Développement et commerce mondial

#### Gestion

**Groupes de sociétés :** Regroupements d'entreprises – Holding et pouvoir de contrôle – Gouvernance d'entreprise – Les comptes de groupe – Etude de cas : le groupe Peugeot

**Les marchés financiers :** Marchés financiers et monétaires : la fixation du taux d'intérêt – Marché des actions : fixation d'un cours d'équilibre – principes de la bourse – Méthodes de couverture du risque financier : opérations à terme – options – Etude de cas : couverture du risque de change

**Coûts et indicateurs de performance :** L'optimum de production – La démarche des coûts-cibles – Le Surplus de Productivité Globale – Les Prix de Cession Interne – Etude de cas

74/78

#### Management des hommes et des équipes

Cours n°1 (4h) : Processus et organisation de l'entreprise – Présentation des éléments d'histoire du management – Méthode d'analyse de la performance des organisations.

Cours n°2 (4h) : Processus et organisation de l'entreprise (suite) – Approche globale – Analyse systémique – Le schéma de l'action stratégique – Module : Management et communication.

Cours n°3 (4h) : Les outils de base – Bien se connaître pour identifier ses capacités à communiquer et ses modalités de relation – Connaître les 5 « pilotes » qui nous conditionnent. Se donner des solutions-permissions de changement pour améliorer sa propre communication. La communication: schéma de base pour développer une écoute de qualité. La déperdition de l'information – La subjectivité dans la relation. Comment mieux communiquer: la matrice de résolution de problèmes. – Module: Principes et outils du management

Cours n°4 (4h) : Pratique du management – Système de management – Le leadership – L'autorité sur le groupe. Management et influence. Management de situation – Les différents styles. Carte des partenaires. Stratégie des alliés.

TD par option

Cas PRP : Changements organisationnel et stratégique – Tableau de bord prospectif – dans une PME.

Séance n°1 : Séance préparatoire – Présentation du cas – Présentation du travail préparatoire – Travail demandé – Organisation des groupes.

Séance n°2 : Problématique générale.

Séance n°3 : Convergence entre stratégie et organisation.

Séance n°4 : Tableau de bord de pilotage – Proposition de solutions.

Le management de proximité (TD : 2h) (I. Rougeot) : Moyens - Devoirs - Droits - Règles - Management de recadrage.

Le management de proximité (TD : 2h) (V. Mollier) : Management et éthique.

### **Module M2 : Anglais – Langue vivante 2 (56h)**

---

#### **Anglais**

Anglais commercial : CV - lettre de motivation - entretiens d'embauche - échanges professionnels (réunions en anglais, déplacements professionnels à l'étranger) - communiquer par téléphone, fax, mail, courrier - Logiciel Tell Me More e-learning avec tuteur.

#### **Langue vivante 2**

Allemand – Chinois - Espagnol – Italien – Japonais.  
Certification BULATS (Business Language Testing Service) en Allemand ou Espagnol.

## **Module projet (M3)**

### **Module M3 : Projet**

---

#### **Objectifs et débouchés :**

L'association des microsystèmes et de l'ingénierie biomédicale correspond à une approche interdisciplinaire qui a pour objectif la conception et l'application des concepts et méthodes de l'ingénierie, y compris à petite échelle, aux problèmes que l'on rencontre en biologie et en sciences de la santé. La double compétence en instrumentation et microtechniques d'une part, en génie biomédical d'autre part, ouvre des débouchés dans les secteurs de l'instrumentation de précision, l'instrumentation biomédicale, les techniques d'imagerie et les outils pour le diagnostic, les biotechnologies, ainsi que la conception de microsystèmes multiphysiques.

75/78

#### **Ateliers de conception (56h)**

- Cours de conception (8h C) : introduction aux techniques de conception utilisant les outils de CAO. Démarche de la conception.
- Conduite de projet (8h sém) : gestion et management de projet ; quelques exemples industriels.
- Mini-projets encadrés en instrumentation biomédicale ; exemples de sujets : tensiomètre, thermomètre tympanique, électrocardiogramme, vélocimètre Doppler.

## **Modules transverses (M4 – M5)**

### **Module M4 : Module transverse à choisir parmi 9 cours (56h)**

---

#### **Liste 1 (9 cours)**

<b>Code</b>	<b>Intitulé</b>	<b>Responsable</b>	<b>C/C onf</b>	<b>TD</b>	<b>TP</b>	<b>T</b>
ACI4	Amélioration continue industrielle	C. Dielemans	52	0	4	56
ACOUS4	Acoustique/Vibroacoustique	M. Ouisse	27	5	24	56
CAO4	Capteurs, actionneurs et CAO	E. Bigler	56	0	0	56
C3M4	Conception Mécanique, Microsystèmes, Microfabrication	N. Boudeau	56	0	0	56
INST4	Instrumentation pour les transports	P. Vairac	56	0	0	56

MEMI4	Mécanique expérimentale, mesure, instrumentation	N. Boudeau	56	0	0	56
PS4	Physique des surfaces	M. Devel	52	0	4	56
ROBOT4	Robotique et Vision	N. Piat	34	0	24	56
SIW4	Systèmes d'informations et application Web	C. Varnier	18	6	32	56

**Module M5 : Module transverse à choisir parmi 10 cours (56h)**

**Liste 2 (8 cours)**

Code	Intitulé	Responsable	C/C onf	TD	TP	T
BI05	Biomécanique, biomatériaux et matériaux issus de la biomasse	G. Monteil	38	10	8	56
CSEF5	Calculs et simulation par éléments finis	R. Laydi	38	18	0	56
EEER5	Efficacité Energétique & Energies Renouvelables	B. Cavallier N. Ratier	36	20	0	56
FAB5	Procédés de fabrication avancés	M. Fontaine	38	10	8	56
FTM5	Fabrication et Technologies des Microsystèmes <b>Partiel sur les conférences</b>	E. Bigler	56	0	0	56
MAENV5	Matériaux et Environnement	D. Teyssieux P. Stempflié	56	0	0	56
MOD5	Méthodes d'Optimisation et de Décision	G. Laurent	36	10	10	56
PLM5	Approche PLM et Ingénierie des Procédés	N. Bodin	4	52	0	56

76/78

**Modules spécifiques (M6 – M7 – M8)**

**Module SANTE6 : Microsystèmes et tests (56h)**

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Conception et développement de microsystèmes</b>	6	8	0	0	
<b>Microfabrication</b>	6	0	0	0	
<b>Contrôle et test des microsystèmes</b>	10	0	0	0	
<b>Microsystèmes pour la santé</b>	6	0	0	0	
<b>TP</b>	0	0	20	0	
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>56</b>

Objectif : ce module permet d'appréhender l'ensemble des outils nécessaires à toutes les étapes allant de la conception à la réalisation et au test des microsystèmes. Un enseignement cohérent, incluant un cours de modélisation et simulation d'un bilame et d'un accéléromètre, de la réalisation pratique en salle blanche et du test des dispositifs réalisés, donne une vision générale et pratique de la chaîne de conception/réalisation. Un cours spécifique fournit des applications des microsystèmes dans le domaine porteur qu'est le biomédical.

- Conception et développement de microsystèmes (cours : 6h ; TD 8h) : Ce cours a pour contexte les microtechniques : il porte sur les aspects multi-physiques des microsystèmes au niveau de la conception : modélisation analytique et numérique des microsystèmes incluant actionneurs et capteurs ; il s'agit tout d'abord d'une description et d'une analyse des principaux phénomènes physiques intervenant dans les microsystèmes. Des exemples de conception sont intégralement traités.

- Microfabrication (cours 6h) : ce cours dresse un inventaire des différents procédés habituellement mis en œuvre en salle blanche. Des illustrations sont fournies en association avec les cas d'études vus en conception. L'ensemble de ces acquis est appliqué lors des TP en salle blanche.

- Contrôle et test des microsystèmes (cours : 10h) : Ce cours précise les méthodes d'analyse des matériaux, les microscopes pour la caractérisation des propriétés physiques locales et de la géométrie et les techniques d'excitation et de détection des micro-dispositifs en cours de fabrication et après fabrication.

- Microsystèmes pour la santé (cours : 6h) : il s'agit d'une revue des microsystèmes utilisés dans le domaine de la santé et de l'analyse biomédicale. Dans le cadre de la miniaturisation des capteurs, ce cours met en lumière l'instrumentation de haut niveau associée à l'humain et à son environnement.

TP (5\*4h) : Microscopie à force atomique (AFM), vibrométrie des microsystèmes, analyse spectrale de micro-source lumineuse, réalisation d'un microsystème (salle blanche)

### ***Module SANTE7 : Instrumentation biomédicale (56h)***

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Principes et techniques d'imagerie médicale</b>	12	4	0	2	
<b>Instrumentation pour les signaux biomédicaux</b>	6		0	0	
<b>Biocapteurs, biométrie</b>	10	0	0	0	
<b>Télé médecine et télésurveillance</b>	6	0	0	2	
<b>TP</b>	0	0	16	0	
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>56</b>

Objectif : ce module introduit le concept d'outils pour le diagnostic local et le télédiagnostic, en forte expansion actuellement. Le diagnostic s'appuie aujourd'hui sur de nombreuses méthodes (analyses spécifiques, imagerie) qui sont détaillées dans le cadre de ce module. Au-delà, les outils de télé médecine et de télésurveillance sont passés en revue et de nombreuses applications sont présentées.

- Principes physiques et techniques d'imagerie médicale (cours : 12h + TD : 6) : le cours passe en revue les interactions physiques utilisées en imagerie médicale : optique, acoustique, rayons X, résonance magnétique nucléaire, ... Les points fondamentaux abordés permettent de cibler les applications des différents principes. Les techniques d'imagerie médicales sont aujourd'hui arrivées à un stade de grande maturité, ce qui limite la diffusion des principes techniques abordés dans le cours. Les méthodes présentées sont : IRM (scanner), radiologie, imagerie acoustique, imagerie par sondes Doppler.

- Instrumentation pour les signaux biomédicaux (cours : 6h) : L'objectif de ce cours est de présenter une vue d'ensemble de techniques d'instrumentation biomédicale dédiée au traitement des signaux bioélectriques. Il sera axé sur les quatre grands principes que sont l'ECG, l'EEG, l'EMG et les potentiels particuliers. Les méthodes et principes qui seront abordés devraient permettre à l'élève d'appréhender et de développer des méthodes innovantes de mesures face d'autres types de signaux biomédicaux.

- Biocapteurs, biométrie (cours : 8h) : le cours traite des puces à ADN, des capteurs moléculaires dans les différentes disciplines, et des techniques instrumentales pour l'analyse morphologique et comportementale.

- Télé médecine et télésurveillance (cours : 6h + conférences : 2h) : techniques de chirurgie à distance, dispositifs téléopérés, télésurveillance médicale ; ce cours s'appuie sur des exemples concrets (situation de crise sanitaire dans des endroits où les accès sont difficiles, diagnostic dans des zones polluées).

TP (4\*4h) : ultrasons pour l'échographie, capteurs télé-opérés (2 TP), mesure de mouvement par caméra.

### ***Module SANTE8 : Biotechnologies (56h)***

	Cours	TD	TP	Conf	
<b>Micromanipulation et son contrôle</b>	8		4	2	
<b>Biochimie et techniques pharmaceutiques</b>	8			2	
<b>Biophotonique et lasers en médecine</b>	10		4		
<b>Nanobiotechnologies et techniques émergentes</b>	10		4	4	
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>56</b>

Objectif : ce module a pour but de familiariser les élèves avec les outils et techniques utilisés dans le domaine biomédical de l'échelle microscopique à l'échelle nanométrique. De plus, une introduction à la biochimie et aux techniques pharmaceutiques permet de se familiariser avec le jargon et les concepts du domaine.

- Micromanipulation et son contrôle (cours : 8h + conférences : 2h) ; le cours porte sur les appareils pour les déplacements microscopiques d'objets biologiques et d'outils médicaux (micro-seringue, par exemple) et le contrôle associé.
- Biochimie et techniques pharmaceutiques (cours : 8h + conférences : 2h) : biochimie du métabolisme ; introduction aux glucides, lipides, acides aminés et nucléiques ; biologie cellulaire, physiologie ; pharmacologie (devenir d'un médicament dans l'organisme), toxicologie (système de réparation de l'ADN, mort cellulaire).
- Biophotonique et lasers en médecine (cours : 10h) : microsources et microdétecteurs pour la biologie, lasers utilisés en médecine (colorants,..) et leurs applications thérapeutiques ; la fluorescence en biomédical (exemple de la détection de lésions tumorales).
- Nanobiotechnologies et autres techniques émergentes (cours : 10h + conférences : 4h) : Il s'agit de nanobiotechnologies pour les sciences du vivant (manipulation et visualisation de molécules uniques) ; le problème fondamental de la fonctionnalisation de surfaces sera aussi abordé. A petite échelle, les biomatériaux peuvent être nanostructurés, ce qui nécessite une modélisation qui sera introduite. Le problème du déplacement (vectorisation) des molécules biologiques sera aussi évoqué.