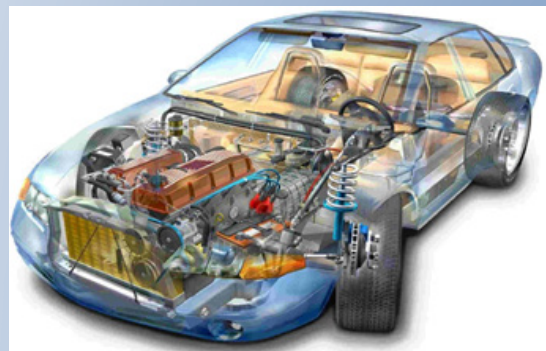
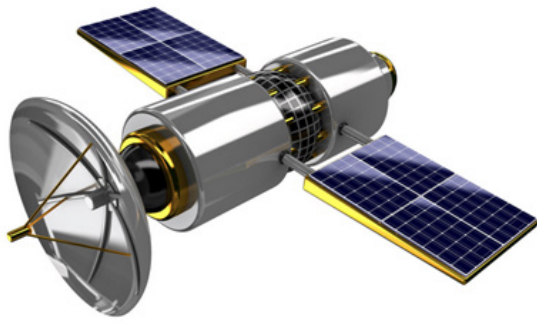


**Modélisation et simulation des systèmes
multi-physiques avec
MATLAB – Simulink (R2013a)
pour l'enseignement des
Sciences Industrielles pour l'Ingénieur**



Ivan LIEBGOTT
Professeur en Classes Préparatoires aux Grandes Ecoles
Lycée des Eucalyptus (NICE)

ivan.liebgott@gmail.com

L'utilisation à caractère commerciale ou l'hébergement sur un site internet de ce document et des modèles associés sans autorisation écrite de l'auteur est interdite.



Ivan LIEBGOTT 2013

Chapitre 1 : Introduction et présentation des outils de modélisation

I. La modélisation multi-physique.....	8
II. Le logiciel MATLAB-Simulink.....	8
A. Description et hiérarchie des outils utilisés.....	9
1. MATLAB.....	9
2. Simulink.....	9
3. Simscape.....	10
4. Stateflow.....	12
5. Utilisation des outils de modélisation.....	12
III. Présentation de l’environnement MATLAB – Simulink.....	14
A. Lancement du logiciel.....	14
B. La fenêtre de l’environnement MATLAB.....	14
1. La barre de commande MATLAB.....	15
C. La fenêtre de l’environnement Simulink.....	15
D. Configuration de MATLAB – Simulink.....	17
1. Le « path » de MATLAB.....	17
2. Procédure d’installation d’un compilateur C.....	18
IV. Stratégie de conception d’un modèle multi-physique.....	19
A. Lien avec le diagramme Chaîne d’énergie/Chaîne d’information.....	19
V. Application à un pilote hydraulique de bateau.....	21
A. Diagramme présentant la chaîne d’énergie et d’information du pilote hydraulique de bateau.....	22
B. Modèle multi-physique du pilote hydraulique de bateau réalisé avec MATLAB - Simulink.....	23
C. Chargement et simulation du modèle.....	24
D. Visualisation des résultats issus du modèle multi-physique.....	24
E. Exploration du modèle.....	29
1. Exploration du modèle de la chaîne d’information : Simulink et Stateflow.....	29
2. Exploration du modèle de la chaîne d’énergie : Simscape Electric Library.....	30
3. Exploration de la chaîne d’énergie : SimHydraulics.....	31
4. Exploration de la chaîne d’énergie : SimMechanics 2G.....	32
5. Exploration de la chaîne d’énergie : Simulink.....	33
F. Comment faire un modèle multi-physique avec MATLAB-Simulink ?.....	34

Chapitre 2 : Prise en main de Simscape

I. Introduction à la modélisation acausale avec Simscape	35
A. Choix des composants	36
B. Placement et assemblage des composants	37
C. Les différents types de ports et de connexions	38
D. Paramétrage des composants	40
E. Lancement de la simulation et analyse des résultats	42
II. Comparaison avec l'approche causale.....	43
A. Equation de comportement du système	43
B. Choix des composants	44
C. Placement et assemblage des composants	44
D. Paramétrage des composants	45
E. Lancement de la simulation et analyse des résultats	46
F. Avantage et inconvénients des approches causale et acausale	48
III. Les fondamentaux de la modélisation avec Simscape.....	49
A. Notions de domaines physiques	49
B. Les blocs importants de Simscape.....	50
C. Variables de type « Across » et « Through » et positionnement des capteurs.....	51
D. L'orientation des composants.....	51
1. Utilisation de composants actifs.....	52
2. Implantation et orientation des capteurs	55
3. Utilisation de composants dont la dynamique est orientée.....	57
4. Utilisation de composants passifs.....	57
5. Choix du solveur	58
6. Les problèmes que peut rencontrer le solveur.....	58
IV. Exemples de modélisation multi-domaine.....	59
A. Domaine électromécanique – Axe linéaire	59
1. Choix des composants.....	60
2. Placement et assemblage des composants.....	62
3. Paramétrage des composants.....	63
4. Simulation du modèle en boucle ouverte	69
5. Utilisation du Data-logger de Simscape.....	70
6. Création de sous-systèmes.....	74
7. Modélisation de l'asservissement en position de l'axe.....	80
B. Domaines hydraulique-mécanique – vérin hydraulique simple effet	85
1. Choix des composants.....	85
1. Placement et assemblage des composants.....	88
2. Paramétrage des composants.....	89
3. Simulation.....	94
4. Utilisation des fonctionnalités de routage des signaux.....	95
5. Remplacement de la source de pression par une source de débit	97

C. Domaine électrique –Commande PWM d’un moteur à courant continu.....	100
1. Utilisation du composant « Controlled PWM Voltage »	101
2. Commande PWM d’un moteur à courant continu	104
3. Utilisation du composant « H-Bridge » (pont en H).	106

Chapitre 3 : Prise en main de MATLAB

I. Introduction.....	112
A. Création de variable	112
B. Création de vecteur	113
C. Indexation des composantes d’un vecteur.....	113
D. Tracés de courbes	114
E. Mise en forme élémentaires des courbes	115
F. Annotation des graphiques.....	118
G. Créer un script élémentaire	119
H. Les opérateurs de comparaison de MATLAB	122
I. Les structure de boucles usuelles	122
1. Syntaxe de la boucle if – else if – else.....	122
2. Syntaxe de la boucle for.....	122
3. Syntaxe de la boucle while	123
II. Exemple d’exploitations.....	123
A. Interpolation d’une série de données	123
B. Manipulation des fonctions de transfert.....	125
1. Création d’une fonction de transfert.....	125
2. Opérations sur les fonctions de transfert	126
3. Tracer les réponses temporelles d’un système	129
4. Tracer les réponses fréquentielles d’un système	130
5. Evaluer les marges de gain et de phase	132
6. Tableau récapitulatif des commandes utiles sur les fonctions de transfert.....	133

Chapitre 4 : Prise en main de Simulink

I. Introduction.....	134
II. Régulation en température d’un four	134
A. Ouverture du modèle.....	135
B. Ouverture du script contenant la définition des variables.....	136
C. Lancement de la simulation	137
D. Tracer un diagramme de Bode avec Simulink.....	138
1. Tracer un digramme de Bode en boucle ouverte	139
3. Tracer un digramme de Bode en boucle fermée.....	142
E. Tracer d’un diagramme de Black-Nichols	145

F. Ajout et paramétrage d'une saturation.....	145
G. Exportation des variables de la simulation vers le Workspace	148
1. Ecriture d'un script pour tracer une série de courbes	151

Chapitre 5 : Prise en main de Stateflow

I. Introduction à Stateflow	153
A. Modélisation d'une machine à état avec Stateflow.....	153
B. Construction du diagramme d'état	153
1. Ouverture du modèle	153
2. Insertion d'un « chart ».....	154
C. Création d'un diagramme d'état élémentaire	155
1. Création des états	155
2. Création d'une transition par défaut	156
3. Création des transitions	156
4. Création des actions dans les états.....	156
5. Création des étiquettes de transitions	157
6. Définitions des variables d'entrée et de sortie du diagramme d'état	158
7. Simulation du diagramme d'états	160
D. Architecture des machines à états	161
1. La hiérarchie des états.....	161
2. Etats parallèles.....	161
E. Ajout de niveaux hiérarchique et d'états parallèles dans un diagramme d'état	162
F. Récapitulatif et complément des commandes utiles de Stateflow	168

Chapitre 6 : Prise en main de SimMechanics

I. Introduction à SimMechanics	170
A. Analyse d'un modèle SimMechanics 2G.....	170
B. Paramétrage de la gravité.....	172
II. Intégration d'un modèle SimMechanics dans un modèle multi-physique	173
A. Connexions du modèle	174
B. Interfaçage entre Simscape et SimMechanics.....	175
1. Interfaçage entre Simscape et SimMechanics pour la translation.....	176
2. Interfaçage entre Simscape et SimMechanics pour la rotation	176
3. Ajout de ports sur une liaison.....	178
4. Modélisation d'un effort extérieur variable.....	181
C. Résultat de la simulation	184
III. Importation d'un modèle SolidWorks dans SimMechanics	184
A. Les principes	184
B. Installation de « SimMechanics Link ».....	185
C. Conversion d'un fichier assemblage de Solidworks en fichier xml.....	187

Chapitre 7 : Le contrôle commande avec MATLAB et Simulink

I. Introduction.....	192
II. Réglages automatique d'un PID	192
A. Modélisation.....	192
B. Ouverture du modèle.....	193
1. Analyse de la réponse temporelle.....	195
2. Réglage sur la base de critères fréquentiels	197
3. Analyse de la réponse fréquentielle de la boucle fermée.....	197
4. Analyse de la réponse fréquentielle de la boucle ouverte	198
5. Importation dans Simulink.....	198
III. Réglage manuel d'un PID avec l'outil « compensator design ».....	200
A. Ouverture du modèle.....	200
B. Réglage du PID.....	201
1. Placement des points de linéarisation	201
2. Choix du bloc à régler.....	202
3. Choix des tracés à visualiser pour la boucle ouverte	203
4. Choix des tracés pour visualiser les performances de la boucle fermée	204
5. Analyse des fenêtres graphiques de l'outil « compensator design »	206
6. Réglage du PID	208
7. Définition et visualisation des critères de performance.....	209
8. Réglage du PID à l'aide des curseurs	212
9. Exportation du réglage dans le modèle Simulink.....	214
IV. Conception et réglage d'un correcteur de forme quelconque.....	215
A. Ouverture du modèle.....	215
B. Conception du correcteur	216
1. Choix du bloc à régler.....	217
2. Choix des tracés à visualiser pour la boucle ouverte	218
3. Choix des tracés pour visualiser les performances de la boucle fermée	219
4. Analyse des fenêtres graphiques de l'outil « compensator design »	219
5. Faire varier le gain de la fonction de transfert en boucle ouverte	221
6. Ajout d'un intégrateur.....	223
7. Ajout d'un correcteur à avance de phase (Lead)	225
8. Ajout d'un filtre rejeteur (Notch).....	228
9. Réglage d'un filtre rejeteur	230
10. Exportation de la fonction de transfert du correcteur vers le modèle Simulink	233