

## GMC705 Étude spécialisée –Dynamique avancée – Été 2016

Instructeurs	Alexis Lussier Desbiens <a href="mailto:Alexis.Lussier.Desbiens@USherbrooke.ca">Alexis.Lussier.Desbiens@USherbrooke.ca</a> bureau C1-4065, 1 819 821-8000 x62147
Heures de cours	En général, les jeudi de 13h30 à 16h30 (C1-5013)
Exercices dirigés	TBD
Logiciels nécessaires	Matlab & MotionGenesis
Site web	<a href="http://aldus.recherche.usherbrooke.ca/Main/DynamiqueAvanceeEt e2016">http://aldus.recherche.usherbrooke.ca/Main/DynamiqueAvanceeEt e2016</a>
Livre requis	<i>Advanced Dynamics &amp; Motion Simulation</i> par Paul Mitiguy 1. Aller sur : <a href="http://www.motiongenesis.com/MGWebSite/MGTextbooks/TextbookAdvancedDynamicsAndMotionSimulationReceiptSh erbrooke.html">http://www.motiongenesis.com/MGWebSite/MGTextbooks/TextbookAdvancedDynamicsAndMotionSimulationReceiptSh erbrooke.html</a> 2. Payez le livre (125\$ USD). 3. Amenez moi le reçu (imprimé ou pdf) en échange du livre. 4. Suivez les instructions pour installer <i>Motion Genesis Advanced Student</i> .

### Description

Géométrie vectorielle algébrique et différentielle pour la formation d'équations cinématique. Tenseurs et calculs de propriétés de masse. Formulation des équations du mouvement pour des systèmes 3D sujets à des contraintes grâce à la méthode Newton/Euler, la conservation de la quantité de mouvement, le principe de D'Alembert, la puissance/travail/énergie, la méthode de Lagrange et la méthode de Kane. Calculs symboliques et numériques par ordinateur pour résoudre des équations linéaires/non-linéaires algébriques et différentielles représentant la configuration, les forces et le mouvement de systèmes à plusieurs degrés de liberté.

Le cours s'intéresse de manière générale à l'équation  $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$  afin de permettre des recherches graduées avancées et l'utilisation de ces outils en entreprise. Le cours s'attarde à chacun des termes de  $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$  ( $\mathbf{F}$ ,  $m$ ,  $\mathbf{a}$ , et le signe égal), à définir chacun des termes avec une notation précise, aux définitions importantes, à la procédure pour former les équations, à la formulation efficace des équations du mouvement et à la résolution de ces équations grâce à l'ordinateur pour la simulation, la visualisation, le contrôle, etc.

## Objectifs

Permettre aux étudiants de formuler et de résoudre de façon *efficace* les équations décrivant le mouvement en **3D** de systèmes mécaniques complexes comprenant *plusieurs corps rigides* et *sujets à des contraintes*. Pour ce faire, les étudiants devront:

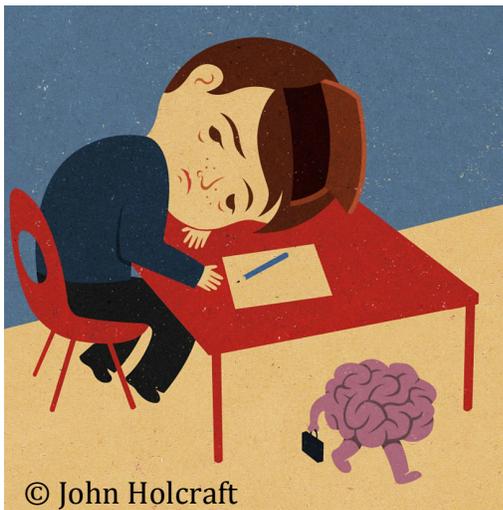
- Formuler l'accélération de particules, de corps rigides et de systèmes de manière vectorielle (3D).
- Calculer la masse, le centre de masse et l'inertie de corps rigides.
- Identifier et représenter les forces impliquées.
- Exprimer les contraintes géométriques et cinématiques.
- Formuler les équations du mouvement selon les techniques de Newton/Euler, de d'Alembert, de Kane et de Lagrange ainsi que des principes de conservation de la quantité de mouvement et de l'énergie. Choisir les techniques appropriées selon le problème.
- Simuler, visualiser et interpréter les résultats.

## Participation en classe

La participation en classe est fortement encouragée et sera facilité par l'instructeur qui demandera aux élèves de s'impliquer dans la formation de leurs collègues (p.ex., lors des exercices dirigés), dans les discussions en classe, dans les démonstrations et dans la résolution de problèmes au tableau. Vous êtes également encouragé à suggérer des sujets de discussion et de partager des exemples dynamiques intéressants avec la classe.

## Rétroaction

Vos commentaires créatifs et constructifs sur le cours, le matériel, les simulations, les devoirs, les démonstrations et autres sont appréciés en tout temps et idéalement avant la fin du cours. Vous savez mieux que quiconque ce qui vous intéresse, et avec plus de 15 ans d'expérience vous êtes non-seulement des clients mais également des experts en éducation!



← On veut éviter ça!!

# Évaluations

## Devoirs (30%)

- **Les devoirs sont acceptés seulement au début du cours dans la boîte prévue à cet effet.**
- Les devoirs remis en retard d'une semaine sont pénalisés de 35% et ne sont pas examinés minutieusement. Les travaux remis plus d'une semaine de retard sont pénalisés de 55% et ne sont pas examinés minutieusement.
- Les devoirs ne sont pas acceptés après le dernier cours.
- Deux extensions d'une semaine sont permises pour accommoder les étudiants malades, fatigués ou pour toute autre raison.
- Les devoirs doivent être remis au propre sur des feuilles séparées (pas sur le questionnaire) et en utilisant une **notation détaillée**.
- Les démarches doivent être claires et **les réponses doivent être identifiées** (p.ex., encadrées).
- Les feuilles réponses doivent être **agrafées** ensemble (pas de trombones, pliage, colle, etc.)
- Les devoirs sont corrigés selon l'échelle suivante:  $\sqrt{++}$  (100),  $\sqrt{+}$  (93),  $\sqrt{\phantom{+}}$  (85),  $\sqrt{-}$  (78),  $\sqrt{--}$  (70) ou zéro (0).
- Pour permettre un maximum d'interaction avec les étudiants lors des exercices dirigés, vos devoirs sont corrigés rapidement. Seulement quelques problèmes (1-3, non-spécifiés à l'avance) sont analysés de manière minutieuse.
- Vous pouvez choisir d'utiliser les outils numériques (p.ex., Matlab, MotionGenesis) pour éviter les calculs manuels fastidieux. Toutefois, vous devez éviter d'utiliser les raccourcis de MotionGenesis (p.ex., GetDynamics) et assurez-vous de bien comprendre ce que vous faites. Pensez à l'environnement et imprimez seulement les sections appropriées de vos fichiers (p.ex., fichiers .m ou .all) en incluant les commandes entrées **et les réponses importantes du logiciel**.
- Vous êtes **encouragés** à travailler sur vos devoirs avec vos collègues, mais **vous devez remettre un travail individuel**.
- Les solutions aux devoirs ne sont pas affichées mais vous êtes encouragés à demander conseils à vos collègues ou à l'instructeur lors des sessions d'exercices dirigés. **Le but des devoirs est de vous entraîner** (savoir-faire) et développer votre sens critique.

## Examens de mi-session & simulation (25%)

La partie en classe s'effectuera à livres ouverts et les notes sont permises. Aucun appareil électronique n'est permis (p.ex., téléphone cellulaire, calculatrice, ordinateur). Aucun examen de rattrapage ne sera donné.

Votre simulation doit être réalisé en solo sans internet et en utilisant seulement MG et Matlab. Aucune communication n'est autorisée avec quiconque, autre qu'avec l'instructeur, peut importe la forme (p.ex., discussion, notes, graphiques, code, devoirs, etc.).

## Examen final & simulation (30%)

La partie en classe s'effectuera à livres ouverts et les notes sont permises. Aucun appareil électronique n'est permis (p.ex., téléphone cellulaire, calculatrice, ordinateur). Aucun examen de rattrapage ne sera donné.

Votre simulation doit être réalisé en solo sans internet et en utilisant seulement MG et Matlab. Aucune communication n'est autorisée avec quiconque, autre qu'avec l'instructeur, peut importe la forme (p.ex., discussion, notes, graphiques, code, devoirs, etc.).

## MIPSI (15%)

- 10% Poser une question appropriée et y répondre.
- 10% Schéma appropriés (et photo) permettant la compréhension et incluant la justification des hypothèses de modélisation.
- 10% Description précise et complète des objets physiques et des vecteurs unitaires.
- 10% Présentation d'un tableau concis des symboles scalaires utilisés et les valeurs associées.
- 50% Description des cas/expériences utilisées pour valider le modèle. Validation avec modèles alternatifs/simples. Rapport concis incluant images/graphiques (2-3 pages).
- 10% Difficulté technique, démonstration physique (construisez!) et intérêt du problème.

## MIPSI

- **Modélisation du système:** Capturer les éléments essentiels du système physique à modéliser et dessiner un diagramme simplifié du modèle.
- **Identificateurs, symboles et valeurs :** p.ex.,  $m$ ,  $g$ ,  $L$ ,  $\theta$ . Nommer et identifier les éléments importants (p.ex., corps rigides, angles, longueurs, etc.). Introduire les vecteurs unitaires appropriés. Déterminer les constantes physiques utilisés analytiquement ou empiriquement.
- **Physique :** Utiliser les principes physiques (p.ex.,  $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$ ) pour former les équations qui gouverne le comportement du système. Choisir des stratégies appropriées et efficaces (p.ex., impact vs ressort, Newton/Euler vs Kane).
- **Simplification et résolution :** Produire les solutions numériques ou analytiques pour les identificateurs inconnus grâce à Matlab/MotionGenesis.
- **Interprétation, conception et contrôle :** Générer et communiquer les résultats faciles à interpréter par des novices. Comparer différents modèles (c.-à-d., utiliser une stratégie différente). Tester des cas simples pour validation numérique et expérimentale. Utiliser le simulateur développé pour analyser, optimiser ou contrôler le système (p.ex., étude de sensibilité des paramètres, linéarisation pour étude de stabilité, modèle inverse pour contrôle).

## Horaire détaillé

Semaine	Date	Activité	Devoirs assignés (remettre au cours suivant, faire les problèmes optionnels)	MIPSI/Autre
		CH1 - Révision mathématique	Examen conceptuel	
1	Thu May 05	CH2 - Vectors CH3 - Position vectors CH4 - Vector basis	HW1 - Vectors (sauf # optionnels) HW2 - Vectors with basis HW3.1, 3.2, 3.4, 3.6	
2	Thu May 12	CH5 - Rotation matrix I CH6 - Vector differentiation	HW4 - Rotation matrix I HW5 - Vector differentiation	
3	Thu May 19	CH7 - Angular vel. & accel.	HW6 - Angular vel. & accel. (sauf 6.27 et 6.29)	
	Wed May 25	Cours en soirée: CH10 - Points: velocity and accel	HW8 - Velocity and accel. I	<b>* Attention, horaire différent...</b>
4	Thu May 26	Effectivement un vendredi (reprise du 20 mai)		
5	Thu Jun 02	CH10 - Points: velocity and accel CH13 - Particles CH14 - Mass, center of mass, centroid	HW9 - Velocity and accel. II (sauf 9.11)	
6	Thu Jun 09	10 commandements CH23 - part 1, $F=ma$ in translation CH19-22 Forces and resultant, moment and torque, replacement, encyclopedia of forces and torque	HW11 - Particle, lin/ang. Momentum, kinetic energy HW17 - $F=ma$ in translation (faire seulement 17.1, 17.3-17.5, 17.7, 11.1-11.3, 11.6, 11.7, 11.10, 11.13, 11.14, 11.15, 11.16, 17.8, 17.10, 17.11)	
7	Thu Jun 16	Revision et simulations MG		
8	Thu Jun 23	Livrables: - Examen mi-session - Simulation (assignée le 30 juin)		
9	Thu Jun 30	CH15 - Moments/products of inertia CH16 - Dyadics CH17 - Inertia dyadics CH18 - Rigid bodies	HW12 et HW14 sauf les problèmes 12.14, 14.3, 14.4, 14.7 et la partie optionnelle de 14.9. 14.13 est à faire et représente une bonne pratique pour l'examen de mi-session (réponses sur site de MG).	
10	Thu Jul 07	Retour examen mi-session CH23 - part 2, $M = dH/dt$ , Road Maps/D'Alembert's method CH28 - Classic particle pendulum CH29 - Inverted pendulum on cart	HW18 - $M = dH/dt$ (tout sauf 18.12)	<b>* 8 juillet est date limite pour abandon des activités pédagogiques</b>
11	Thu Jul 14	CH26 - Kane/Lagrange no constraints, generalized speed, partial velocity, gen. forces CH27 - Lagrange CH28 - Classic particle pendulum CH29 - Inverted pendulum on cart	HW20 - Kane/Lagrange unconstrained - sauf 20.3 (démô en classe), 20.5b (faire jusqu'à comprendre que c'est long, expliquer pourquoi), 20.6b, 20.8 et 20.9. - Devoir court, commencez à travailler sur MIPS	Présentation de votre plan d'attaque en classe pour projets MIPS: contexte, questions, photos/vidéos, schémas, identificateurs, modèles/simplifications/stratégies de résolution/prédictions envisagés. 4 min/équipe.
12	Thu Jul 21	CH11 - Force and motion scalars: generalized coordinates/speed, degrees of freedom (briefly) CH12 - Constraints	HW10 - Constraints (GROS DEVOIR) 10.1 à 10.4, 10.8, 10.10 à 10.12, 10.15 à 10.17 21.1, 21.4, 21.7, 21.8 (sauf partie optionnelle) et 21.9 (sauf partie optionnelle) regarder et comprendre les problèmes 10.5-10.7 et 21.2-21.3 (mécanisme à 4-barres que nous avons fait en classe) et regarder 10.23 (pendule avec corde flexible).	
13	Thu Jul 28	CH26 - Kane with constraints (embedded and augmented) + examples CH27 - Lagrange with constraints CH32 - Feedforward (if time allows) Démô Kane with constraints (HW21.7 et 22.2)	HW21 - Kane/Lagrange with constraints (GROS DEVOIR)	
14	Thu Aug 04	Autres concepts avancés selon temps disponible (Contact detection, quaternions, friction, collisions, hybrid simulations, linearization, efficient variables, Order-N, quaternions)		Présentation du MIPS en classe: comparaison de différents modèles de forces et de complexité, stratégies de formulation des équations du mouvement, validation des résultats, analyse, interprétation et démonstration. (10 min/équipe)
15	8/8 au 19/8	Examen final + simulation (date à déterminer)		