

Intitulé de l'Unité d'Enseignement : Dynamique des systèmes et simulation physique

Descriptif de l'UE

Volumes horaires globaux	60h CM
Nombre de crédits de l'UE	6
Spécialité où l'UE est proposée	SAR
Semestre où l'enseignement est proposé	S3

• Objectifs de l'Unité d'Enseignement

La simulation physique est de plus en plus utilisée pour les jeux vidéo, l'évaluation des systèmes robotiques ou la robotique interactive (exosquelette, cobotique, robot de réhabilitation ou de chirurgie). Ce module introduit la dynamique des systèmes en interaction dans un objectif de génération automatique des équations mécaniques des systèmes multi-corps rigides et déformables avec des cycles et avec des contacts unilatéraux (collision inter-solides et avec l'environnement) frictionnels ou non, ainsi que leur résolution numérique. On abordera ici la formulation de leur paramétrage, des contraintes introduites par les liaisons cinématiques, des équations dynamiques et enfin leur résolution par des méthodes numériques, dans les différents problèmes qui se posent soit en simulation (dynamique ou cinématique directe ou inverse) ou dans les problèmes de commande. L'accent sera mis sur l'efficacité et la robustesse des méthodes numériques, nécessaires pour les applications principales que sont le prototypage de lois de commande en robotique, le maquettage numérique dans l'industrie manufacturière et la réalité virtuelle.

• Contenu de l'Unité d'Enseignement

- Paramétrage strict, cartésien et articulaire, Rotation 3D et paramètres d'Euler-Rodriguez
- Rappel des vitesses et énergies d'un système de solides rigides, matrice masse
- Principe des travaux virtuels, Contraintes holonomes et non-holonomes
- Equations de Lagrange avec et sans multiplicateurs
- Dynamique articulaire et cartésienne, Dynamique directe et inverse
- Equations de Newton-Euler, Méthodes récursives pour les chaînes arborescentes
- Résolution des équations de mouvements : intégration des EDO, EDA, stabilisation des contraintes, méthodes d'intégration géométriques
- Contacts unilatéraux, impacts et frottements secs : modélisation, formulations régularisées, formulations non-régulières (loi de Signorini, modèle de Coulomb, modèles de contact avancés)
- Intégrateurs numériques pour les systèmes mécaniques non-réguliers : méthodes à capture d'évènements, schéma de Moreau-Jean, cas particulier des chocs inélastiques, méthode NSCD
- Solveurs numériques pour les intégrateurs non-réguliers à capture d'évènements : LCP, MLCP, reformulations sous forme de problèmes d'optimisation non-réguliers, formulations projectives, méthodes de point fixe, solveurs de type Gauss-Seidel et Jacobi non-réguliers
- Problématiques liées à l'implémentation : assemblage matriciel, numérotation des degrés de liberté, structure de matrice profil, parallélisation des calculs
- Détection des collisions et algorithmique géométrique associée : détermination géométrique des contacts, détection des interférences, calculs de proximités et de distances, calculs géométriques pour la modélisation de capteurs robotiques
- Robots à segments flexibles, ombilics et câbles : introduction aux modèles de poutres en grands déplacement, approches géométriquement exactes, éléments finis associés

• Pré-requis : Mécanique du solide

• Modalités de contrôle des Connaissances : Examen, TP, projet

• Références bibliographiques

- Jorge Angeles. Fundamentals of Robotic Mechanical Systems : Theory, Methods and Algorithms. Springer, 1997
- Ahmed A. Shabana. Computational Dynamics. Wiley & sons, 2001.
- Parviz Nikravesh. Computer-Aided Analysis of Mechanical Systems. PrenticeHall, London, 1989.
- Vincent Acary et Bernard Brogliato. Numerical Methods for Nonsmooth Dynamical Systems. Lecture Notes in Applied and Computational Mechanics. Springer, 2008.
- Christer Ericson. Real Time Collision Detection. Morgan Kaufmann Publishers, Elsevier, 2005.

Organisation pédagogique

Enseignements présentsiels	Volume horaire total	Horaire hebdomadaire	Effectif par groupe
Cours	40		
Enseignements dirigés	14		
Travaux pratiques	6		
Projet			
Autre			