

# ECOLE THEMATIQUE - DYNOLIN -2018

27 mai - 1er juin 2018

Villa Clythia - Fréjus (France)

METHODES DE DYNAMIQUE NON LINEAIRE POUR L'INGENIERIE DES STRUCTURES

---

## Table des matières

1. Organisation	Page 1
2. Contenu prévisionnel de l'Ecole Thématique	Page 2
3. Frais et procédure d'inscription - Logistique	Page 2
4. Planning prévisionnel	Page 3

---

## 1 Organisation

### 1.1 Comité scientifique

Cette école thématique est issue des travaux du GDR 3437 DYNOLIN. Un Comité scientifique a participé à l'élaboration de ce projet. Il est constitué par les animateurs / responsables des thématiques scientifiques du GDR 3437 : Bruno Cochelin (Pr. EC Marseille), C. Touzé (Chercheur Senior ENSTA), O. Thomas (Pr. ENSAM Lille), F. Thouverez (Pr. EC Lyon), R. Dufour (Pr. INSA Lyon), G. Kerschen (Pr. U. Liège), J.L. Dion (Pr. SupMeca, Saint-Ouen), G. Michon (Chercheur Senior ISAE). C.H. Lamarque, Directeur du GDR 3437, s'est appuyé sur les membres du Comité Scientifique ci-dessus et également de manière informelle sur des participants récurrents aux journées du GDR pour la programmation, le choix des conférenciers, l'organisation pédagogique et le choix des modalités pratiques.

L'Ecole Thématique se déroulera du 28 mai au 1er juin 2018 à la Villa Clythia (Fréjus). Pour une présentation des capacités conviviales du site voir le lien:

<https://www.caes.cnrs.fr/sejours/la-villa-clythia>



Figure 1: CAES CNRS - Villa Clythia Fréjus.

### 1.2 Public concerné

L'Ecole s'adresse à un public de doctorants, post-doctorants ou chercheurs travaillant dans le domaine de la dynamique des structures non linéaires, avec une ouverture possible vers d'autres do-

maines connexes (mathématiques appliquées à la réduction de modèles, vibro-acoustique non linéaire, métastructures non linéaires).

L'Ecole s'adresse aussi à un public travaillant en R&D dans l'industrie dans ces mêmes domaines.

## 2 Contenu prévisionnel de l'Ecole Thématique - Modalités

### 2.1 Intervenants et résumés des cours

♣ Module M1. O. Thomas (ENSAM, Lille ) / C. Touzé (ENSTA, Palaiseau). 6h.

M1.1. (2x 45min), OT: Modèles de plaques et de coques en non linéaire géométrique. Transduction électromécanique (piezo, électrostatique...). Modèles analytiques et éléments-finis. Projection et réduction modale.

M1.2. (2x 45min), CT : théorie des formes normales. Application au calcul des modes non linéaires. Variété invariante. Application à la réduction de modèles. Limites.

M1.3. (2x 45min), OT : applications aux résonances internes et aux résonances paramétriques. Calculs analytiques (méthodes de perturbation) et validations expérimentales.

M1.4. (2x 45min), CT : transition à la turbulence et turbulence d'ondes pour les vibrations de plaques minces (45mn). Intégration temporelle numérique et synthèse sonore (45 mn)

♣ Module M2. Calcul des modes non linéaires avec Manlab 4.0, B. Cochelin (ECM, Marseille). 3h.

M2.1. (2x45min): Présentation d'une méthode de calcul des modes non-linéaires à base d'équilibrage harmonique et de continuation en série de Taylor. Présentation du logiciel Manlab 4 avec démonstration.

M2.2. (2x 45min): Séances de TP sur le logiciel Manlab 4.

♣ Module M3. From nonlinear model identification to nonlinear normal mode calculation. J.P. Noël (U. Liège, Belgique). 3h.

M3.1. The first part of this short course describes how predictive models of nonlinear mechanical systems can be obtained from experimental data. A complete set of tools addressing nonlinearity detection, characterisation and parameter estimation is introduced and applied to data measured on a full-scale F-16 aircraft.

M3.2. In the second part of the course, the theory of nonlinear normal modes is covered, discussing fundamental properties and computation algorithms.

M3.3. In the final part, the F-16 model derived earlier is used to compute the aircraft nonlinear normal modes, and potential modal interactions are highlighted. Throughout the course, demonstration of the presented methods is performed using the NI2D software.

M3.4. Démonstrations via le logiciel NI2D.

♣ Module M4. Signaux et systèmes non linéaires. J.-L. Dion (SupMeca, Saint-Ouen). 3h.

Le module Signaux et systèmes non linéaires a pour objectif d'initier les participants aux outils d'analyse classiques des signaux issus de systèmes non linéaires. La première partie consacrée aux signaux est principalement basée sur les outils issus de la Transformée de Fourier Rapide. Différents cas d'étude et différents quizz occuperont l'essentiel du temps alloué. Les compétences visées portent sur l'expertise des représentations fréquentielles, la lecture et l'analyse fine des représentations spectrales et pseudo-temps-fréquence issues de systèmes non linéaires ou non stationnaires.

M4.1 : quelques réflexes sur les représentations temporelles et fréquentielles

M4.2 : rappels des propriétés des signaux issus des systèmes linéaires

M4.3 : analyse pseudo temps-fréquence

M4.4 : descripteurs linéaires et systèmes non linéaires

♣ Module M5. Chaos, comportements complexes, attracteurs, aspects topologiques. Jean-Marc Mala-soma, (ENTPE, Vaulx-en-Velin). 3h.

M5.1 : Notion d'attracteur et de bassin d'attraction. Chaque cas sera illustré d'exemples numériques et d'exemples issus d'expériences.

- Systèmes non linéaires et attracteurs.
- Attracteurs de dimensions entières : équilibres, cycles limite et tores.
- Attracteurs de dimensions fractales : chaotiques et non chaotiques.
- Bassins d'attraction.
- Caractérisation métrique des attracteurs chaotiques : exposants de Lyapunov, entropie métrique et dimensions fractales.

M5.2 : Attracteurs auto-excités et attracteurs cachés.

- Définitions et exemples.
- Détermination de certains attracteurs cachés.
- Enjeu scientifique : seizième problème de Hilbert entre autres.
- Exemples technologiques : problèmes rencontrés dans des systèmes de forage actionnés par un moteur à induction, dans des systèmes de contrôle avec saturation d'avions et de lanceurs (crash en avril 1992 du vol Boeing YF-22 entre autres).

M5.3 : Caractérisation topologique des attracteurs chaotiques dans un espace dimension 3.

- Infinité dénombrable d'orbites instables.
- Entropie topologique.
- Gabarits.

M5.4 : Routes vers le chaos déterministe (exemples numériques et expérimentaux).

- Transition de cycles limites vers des attracteurs chaotiques (cascade sous-harmonique, intermittences de divers types I, II, III, ...)
- Transition d'équilibres asymptotiquement stables vers des attracteurs chaotiques (intermittence on-off ...)

♣ Module M6. Etude locale des systèmes dynamiques et application aux ondes non linéaires. Théorème du centre de Lyapunov, variétés centrales, formes normales, équations d'amplitude, KdV et Schrödinger, ondes non linéaires. G. James (INPG, Grenoble). 3h.

Format : 4 séances de 45min de cours. Descriptif du cours :

Ce cours aborde deux types de méthodes pour l'étude des ondes de faible amplitude dans des milieux non linéaires :

- Une première approche consiste à réduire le problème d'évolution correspondant (en temps continu ou discret) à un système dynamique de dimension finie sur une variété centrale, au voisinage d'une solution d'équilibre. Les solutions du système réduit proches de l'équilibre fournissent alors des solutions exactes du système initial de dimension infinie. Par exemple, des structures cohérentes comme les ondes solitaires (ondes progressives spatialement localisées) ou les breathers (oscillations périodiques localisées) correspondent dans le cadre d'une dynamique spatiale à des orbites homoclines à un équilibre sur une variété centrale.
- Une seconde approche fait appel à des développements multi-échelles afin de décrire l'évolution de données initiales bien préparées. Suivant le type de condition initiale (perturbations de petite amplitude, lentement variables en espace ou modulant un mode linéaire), la dynamique lente peut être gouvernée par différentes classes d'équations d'amplitude, comme l'équation de Korteweg-de Vries ou l'équation de Schrödinger non linéaire continue ou discrète. A partir de ces équations et d'estimations d'erreur appropriées, on montre l'existence d'ondes localisées de petite amplitude sur des temps longs mais finis. Ces deux approches seront illustrées pour des modèles décrivant la dynamique de chaînes infinies d'oscillateurs, qui interviennent notamment dans la modélisation des métamatériaux granulaires.

M6.1 : introduction et revue sur les thèmes décrits plus haut

M6.2 : variétés centrales pour les mappings en dimension infinie, applications

M6.3 : variétés centrales pour les équations différentielles en dimension infinie, applications

M6.4 : développements multi-échelles, estimations d'erreur

♣ Module M7. Mécanique non régulière et méthodes numériques. Plateforme logicielle. V. Acary (INRIA, Grenoble). 3h.

M7.1. Formulations de la dynamique non régulières. contact unilatéral, impact et frottement.

M7.2 et M7.3. Méthodes d'intégration numérique temporelle pour la dynamique non lisse.

M7.4. Résolution des problèmes discrets et le logiciel Siconos.

Descriptif:

L'idée de ce cours est donner une introduction aux méthodes numériques qui permettent de simuler la dynamique non lisse, principalement dans le cadre de la dynamique du contact unilatéral, du frottement sec de Coulomb et des impacts. Dans un premier temps, on rappellera les formulations possibles de ces systèmes se basant sur des systèmes de complémentarité et des équations différentielles à mesures (M7.1). Ensuite, nous décrirons les principales familles d'intégrateurs (schémas à capture d'événements et schémas à détection d'événements). En partant d'un schéma de base, la méthode d'intégration temporelle de Moreau–Jean, on étendra la présentation vers des schémas améliorés comme les méthodes alpha-généralisés non-lisses ou encore les techniques de stabilisation des contraintes (M7.2 et M7.3). Enfin, on donnera un aperçu des méthodes de résolutions du problème discret de contact frottant et nous illustrerons les méthodes présentées à l'aide du logiciel Siconos (M7.4).

## 2.2 Modalités pédagogiques

Lors des interventions, diverses formes pédagogiques seront développées : des cours structurés classiques, des TP avec utilisation d'outils logiciels, des TD/ateliers avec des traitements pratiques. L'idée est d'articuler les modules par séquences de 45 mn pour rendre la pédagogie plus dynamique.

En fin d'après midi ou au cours des soirées, des discussions scientifiques se fonderont sur les problématiques des participants (exposés des problématiques de thèse par exemple) pour voir la manière de mettre en œuvre des méthodes ou connaissances vues lors des cours.

## 3 Procédure d'inscription et montant des frais

### 3.1 Frais d'inscription

Les frais d'inscription comprennent l'hébergement et les repas du dimanche soir 27 mai 2018 au vendredi 1er juin midi.

Participants organismes publics (non rémunérés par le CNRS): 500 euros HT (hébergement chambre double).

Participants organismes privés: 600 euros HT.

Doctorants, post-doctorants : 450 euros HT (hébergement chambre double).

Personnels rémunérés par le CNRS: 0 euro HT (pris en charge par l'aide CNRS, dans la limite de cette aide).

N.B.: Les frais de transport jusqu'à la gare de Saint-Raphaël-Valescure sont à la charge des participants.

### 3.2 Calendrier et modalités d'inscription

**Calendrier:**

**Date limite de demande d'inscription: 25 mars 2018.**

Envoyez un mail à C.H. Lamarque avec copie à Emmanuelle.DuboisTrep@entpe.fr avec le *formulaire de demande d'inscription* rempli avec soin.

Ce formulaire comportera:

- le nom du participant, le nom du laboratoire (ou de l'entreprise) de rattachement du participant et son adresse, son code postal, sa ville, si possible le numéro de téléphone portable du participant, l'adresse email du participant.
- le nom de l'organisme qui rémunère le participant (il peut être différent du laboratoire de rattachement).
- pour les doctorants : indiquez le titre prévisionnel de votre thèse et un CV d'1 page (maxi).
- pour les participants d'organismes publics de recherche, indiquez votre thématique de recherche (3 lignes maxi).
- pour les participants de services R & D d'organismes privés, le nom de l'entreprise, indiquez votre thématique de recherche et les applications (3 lignes maxi).

Une sélection des candidatures sera effectuée si le nombre de participants dépasse la limite d'accueil fixée dans la convention passée avec le CAES CNRS.

Vous recevrez un mail de confirmation de votre inscription **qui vous indiquera la procédure pour rendre effective l'inscription et lancer le règlement des frais d'inscription.**

### 3.3 Règlement des frais d'inscription

Ils doivent être réglés (paiement en ligne par CB, chèque, bon de commande) **avant le 26 avril 2018.**

Pour cela, il faut scrupuleusement suivre la procédure d'inscription ci-dessus.

### 3.4 Logistique

Indiquez avant le 30 avril 2018 par email (à lamarque@entpe.fr et Emmanuelle.DuboisTrep@entpe.fr):

- si vous souhaitez bénéficier d'une navette à votre arrivée.
- votre horaire d'arrivée.

### 3.5 Logiciels

Les participant doivent prévoir d'apporter un ordinateur personnel.

Ils seront informés de procédure d'installation préalable d'outils logiciels si nécessaire (ManLab).

## 4 Planning prévisionnel

Dimanche 27 mai 2018, 16h-19h30 accueil à la Villa Clythia.

Dimanche 27 mai 2018. 19h30 : dîner à la Villa Clythia.

	Lundi 28 mai	Mardi 29 mai	Mercredi 30 mai	Jeu di 31 mai	Vendredi 1er juin
	Introduction				
8h30-9h15		M1.3	M5.3	M6.1	M7.3
9h15-10h	M1.1	M1.4	M5.4	M6.2	M7.4
	Pause	Pause	Pause	Pause	Pause
10h-10h15					
10h15-11h	M5.1	M1.4	M3.1	M4.2	M6.3
11h-11h45	M1.1	M2.1	M3.2	M4.3	M6.4
					Questions/réponses
11h45-12h30	M5.2	M2.1	M4.1	M4.4	Déjeuner
	Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner
12h30-14h					Evaluation
14h-14h45	M1.2	M2.2	M3.3	M7.1	Bilan Ecole Thématique
14h45-15h30	M1.2	M2.2	M3.4	M7.2	Départ
	Pause	Pause	Pause	Pause	
15h30-16h00					
16h00-16h45	M1.3	Questions/réponses	Sujets recherche en 180 s	Questions/réponses	
16h45-19h	Questions/réponses/échanges	Temps échange libre	Sujets en 180 s suite	Temps échange libre	
19h15	Diner	Diner	Diner	Diner	

Cette Ecole Thématique a reçu le soutien (label et financement) du Centre National de la Recherche Scientifique.

Elle se déroulera en parallèle aux travaux du GDR 3437 DYNOLIN.



Cette Ecole Thématique a également reçu le soutien de l'Association ADYVA.

