

5 Méthodes variationnelles et dynamique non linéaire

Les activités de ce thème ont pour cadre général le développement de modèles, méthodes analytiques et numériques performantes pour la résolution de problèmes aux limites mécaniques, thermomécaniques et pour l'analyse de systèmes dynamiques.

Responsables : Claude-Henri Lamarque, Patrick Royis

Permanents : Jean-Marc Malasoma, Stéphane Pernot

Doctorants : Jérôme Bastien (00), Dominique Batista (00), Frédéric Bernardin, Marie-Aurélien Boiron, El Beybi (00), Emmanuel Gourdon, Olivier Janin (01), Delphine Sengelin, Pierre Werny (01)

*Chercheurs invités : J. Awrejcewicz (2000-2002)*L. Manevitch (2002-2003)*

Le premier point fait une large part aux méthodes d'éléments finis et couvre un champ allant de l'analyse numérique des problèmes d'évolution à celle des systèmes algébriques issus de leur discrétisation.

Le second traite de la modélisation, de l'identification et du contrôle de systèmes mécaniques. Il repose essentiellement sur l'étude de la dynamique de systèmes discrets ou discrétisés par le biais de méthodes numériques et analytiques. Les travaux en dynamique non linéaire se sont inscrits dans trois projets de recherche soutenus par la Région Rhône-Alpes (Projet de recherche conjoint avec l'Université de Lodz, projet « Modélisation des systèmes complexes », projet « Acoustique-Vibration »). J. Bastien et O. Janin ont obtenu la qualification pour des emplois de Maîtres de Conférence en section 26 et 60. S. Pernot a été recruté au LGM. Il développe une expérimentation sur modèle réduit à comportement non linéaire dans le thème Auscultation. Il a effectué un séjour de 10 mois à l'Université de Bristol. Un fort couplage avec les résultats expérimentaux (coopération renforcée avec le thème auscultation et développements de partenariats) a été introduit et se poursuivra. Le thème a accru ses collaborations internes (auscultation, acoustique), régionales (INSA Lyon, MAPLY, ECL, CETE Lyon), nationales (LMA Marseille, ENSTA, INSA Rouen, UTBelfort-Montbéliard) et internationales (T.U Lodz, U. Moscou, U. Philadelphie, etc.). Beaucoup se traduisent déjà par une production scientifique commune. C.-H. Lamarque a pris la direction du Laboratoire GéoMatériaux.

Méthodes d'éléments finis multiformulations

Initiées dès 92, les recherches conduites dans ce sous-thème ont pour origine la modélisation par éléments finis du comportement des géomatériaux à l'aide d'une classe particulière de lois rhéologiques exprimant le tenseur des taux de déformations en fonction d'une dérivée objective du tenseur des contraintes de Cauchy.

Concentrées durant une première période sur l'utilisation d'une formulation par éléments finis mixtes en vitesse et taux de contrainte, ces recherches débouchèrent ensuite sur une approche multiformulation incluant notamment une forme originale de la formulation primale à un champ (déplacement ou vitesse), dénommée ADD pour Approche Déplacement Déstructurée (Thèse de Doctorat de F. Laouafa, 96). Parallèlement, une extension aux transformations finies de l'approche par éléments finis mixtes en vitesses et taux de contrainte initialement développée pour des transformations infinitésimales fut proposée (Thèse de Doctorat de H. Royis, 96).

De 2000 à 2003, les travaux relatifs à ce sous-thème ont essentiellement porté sur la modélisation des transformations finies de milieux élasto-viscoplastiques, avec notamment l'introduction de nouvelles dérivées objectives des contraintes, une plus grande richesse dans la modélisation des conditions aux limites et la prise en compte d'une composante visqueuse des équations rhéologiques.

Des travaux relatifs à l'existence et à l'unicité de la solution de quelques problèmes variationnels de mécanique ont par ailleurs été initiés. Ces travaux reposent sur une écriture abstraite et unifiée dissociant les opérateurs rhéologique, statique et cinématique (communs à ces problèmes) d'un quatrième opérateur bilinéaire (propre à chaque problème) dont les propriétés conditionnent notamment le choix des espaces d'éléments finis.

Publications et communications :

[Royis, 00, a, c], [Royis, 02, e, f], [Laouafa, Royis, 02], [Laouafa, Royis, 03], [Royis, 03, a, b]

Schémas d'intégration numérique de lois visqueuses

Les travaux réalisés dans ce sous-thème ont pour objet la mise en œuvre de schémas robustes pour l'intégration temporelle de lois de comportement possédant une composante visqueuse.

La mise en œuvre de méthodes implicites associées à l'Approche Déplacement Déstructurée (voir le sous-thème précédent) a fait l'objet des travaux la thèse de Doctorat de D. Batista. A la classe existante de lois viscoélastiques se sont alors adjoints le modèle thermoviscoplastique de comportement des enrobés bitumineux ainsi que la loi hypoplastique de Wu destinée à modéliser le comportement des sables. L'intégration temporelle de ces lois rhéologiques, qui impliquent des équations différentielles raides, se heurte aux problèmes de stabilité, de consistance et donc de coût en temps de calcul lorsqu'on l'effectue à l'aide de méthodes classiques. Des schémas discrets en temps originaux s'affranchissant de ces inconvénients ont donc été développés. Il s'agit de schémas semi-implicites d'ordre élevé inspirés des schémas de Rosenbrock. Ces schémas originaux autorisent une stratégie originale et économique de contrôle du pas de temps portant à la fois sur l'erreur en contrainte et sur celle en déformation. Enfin, leur mise en œuvre ne se limite pas aux seuls modèles de comportement évoqués plus haut dans la mesure où ils s'appliquent à toute loi rhéologique exprimant le tenseur des taux de contrainte en fonction de celui des taux de déformation.

Publications et communications :

[Batista, Royis, Doanh, 00], [Batista, Royis, 03]

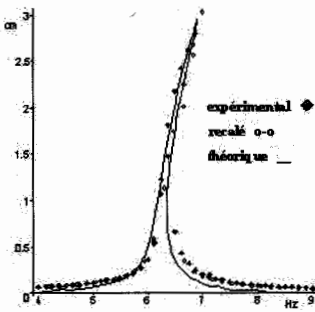
Thèse : [Batista, 00]

Analyse comparée de modèles incrémentaux et hypoplastiques

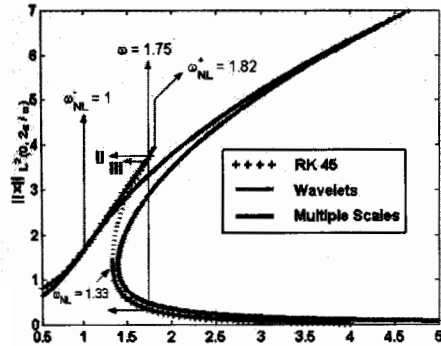
Ces travaux ont trait à l'analyse de deux classes de modèles rhéologiques décrivant le comportement non linéaire et irréversible de milieux granulaires non visqueux tels que les sables : les modèles incrémentaux, exprimant le tenseur des taux de déformation en fonction de la dérivée de Jaumann du tenseur des contraintes de Cauchy, et les lois hypoplastiques adoptant le formalisme inverse. Nous avons tout d'abord établi deux conditions nécessaires et suffisantes pour qu'un modèle incrémental, supposé inversible, puisse après inversion adopter le formalisme hypoplastique. Nous nous sommes ensuite intéressé à l'interprétation physique de ces conditions en termes de réponse incrémentale du matériau ainsi qu'à leur pertinence vis à vis des observations expérimentales. Nous avons enfin examiné dans quelle mesure ces dernières sont satisfaites par différentes interpolations directionnelles classiquement utilisées pour l'écriture des modèles incrémentaux.

Publications et communications :

[Royis, 01, a, f, g] [Royis, 02, b, g]



Résonance primaire : courbe amplitude fréquence



Courbes Amplitude-Fréquence de l'oscillateur de Duffing : comparaison entre les méthodes d'échelles multiples, RK45 et Balance-Ondelettes

Publications et communications :

[Berlitz et al., 01], [Berlitz, Lamarque, 03], [Dazel et al., 02], [Dazel et al., 03], Lamarque, Janin, 00], [Lamarque, Pernot, 00 a], [Lamarque, Pernot, 00 b], [Lamarque, Pernot, 01], [Lamarque, Pernot, 02], [Lamarque, Pernot, Cuet, 00], [Pernot, Lamarque, 00], [Pernot, Lamarque, 00 b], [Pernot, Lamarque, 01], [Pernot, Lamarque, 03], [Manevitch et al., 03]
Thèse : [Pernot, 00]
EA : [Escano, 00], [Monnet, 00], [Gourdon, 03]

Les travaux ont ici pour objet l'étude de systèmes mécaniques non linéaires, réguliers, à nombre fini petit (1 à 2 degrés de liberté) ou moyen (5 à 10) et concernent la recherche d'états stationnaires et l'analyse de leur stabilité.

Afin d'obtenir un compromis entre des méthodes analytiques et des méthodes purement numériques qui ne donnent pas de relations pour quantifier le rôle de chaque paramètre, nous avons développé une procédure complète issue de la thèse de S. Pernot, fondée sur des bases d'ondelettes périodisées permettant la décomposition de différents opérateurs (dérivation etc.), l'obtention des réponses transitoires et stationnaires, l'obtention des solutions périodiques (simples ou bien multiples), l'analyse et la quantification de la stabilité des solutions périodiques (obtenues par une méthode quelconque, éventuellement mesurées, par rapport à un modèle donné) par construction effective de la matrice de Floquet, l'application à des sollicitations aléatoires. Une méthode d'identification des non linéarités dite de Balance-Ondelettes Inverse a été proposée. L'analyse en ondelette permet également une identification de l'amortissement dans le cas de plusieurs modes et a été appliquée à des bâtiments réels. Les avantages de cette méthode sont liés aux propriétés des ondelettes (analyse surabondante, universelle).

La thèse en cours de O. Dazel (co-encadrement avec F. Sgard, LASH) a généralisé la construction de modes complexes de Duncan et la technique de synthèse modale pour les matériaux poro-élastiques.

La construction de modes non linéaires par la forme normale dans le cas d'une résonance (1,2) a été effectuée pour une classe de systèmes à deux degrés de liberté. La construction de modes non linéaires pour un système hamiltonien par une méthode analytique a fait l'objet d'un travail en commun avec L. Manevitch.

Une collaboration (dans le cadre du Projet « Modélisation des systèmes complexes ») avec le Laboratoire de Mécanique des Structures (INSA Lyon) a permis l'étude analytique, numérique et expérimentale des vibrations de câbles inclinés avec un bon accord théorie expérience. Une collaboration nationale (LMA : R. Bouc, B. Cochelin, S. Bellizzi ; ENSTA : C. Touzé ; INSA Lyon : R. Dufour, A. Berlitz ; ECL : L. Jézéquel, F. Thouverez, J.J. Sinou) et internationale (L. Manevitch, Yu. Mikhlin) autour de la notion de modes non linéaires permettra l'organisation d'un Colloque Euromech en 2004 et engendrera une production scientifique commune. Tous ces travaux ont une perspective : la notion de contrôle passif par pompage énergétique via une structure non linéaire dédiée (thèse en cours de E. Gourdon). Un projet Emergence soutenu par la Région Rhône-Alpes en collaboration avec l'INSA de Lyon débutera en 2004.

Systèmes à non linéarités irrégulières

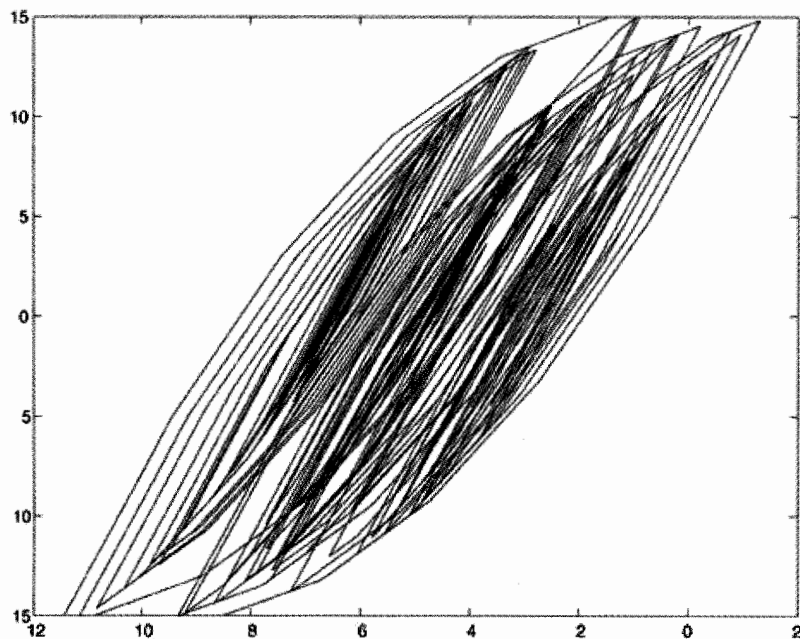
La prise en compte de non linéarités irrégulières (friction, impacts) conduit à des problèmes difficiles : obtenir des modèles bien posés, des méthodes numériques et analytiques adaptées, identifier des modèles à partir d'expériences. Les travaux effectués ont permis de comparer des méthodes numériques fondées sur la théorie des opérateurs maximaux monotones et des méthodes usuelles pour une classe de systèmes mécaniques simples pour laquelle les solutions exactes sont connues et des comportements de tout type sont disponibles, et d'en tirer des enseignements plus généraux sur l'utilisation des méthodes numériques, d'améliorer la classification des bifurcations par effleurement (thèse O. Janin, 2001). L'étude de systèmes discrets avec rhéologie de type élastoplastique (modèles discrets ou continus) fait l'objet d'une collaboration suivie avec le MAPLY (UCB Lyon I) et

l'UTBM issue de la thèse de Bastien. L'extension des résultats théoriques (existence, unicité) et des méthodes numériques (résultat de convergence et ordre de convergence) aux systèmes incluant des termes de friction ou de plasticité (opérateur maximaux monotones) et des termes différés (retard) a été menée avec J. Bastien. L'analyse de systèmes simples incluant des termes stochastiques et des non-linéarités irrégulières a permis l'obtention de résultats de convergence et d'estimation de l'ordre de convergence, ainsi que l'amélioration de l'identification de modèles élastoplastiques à partir de cycle d'hystérésis dans un cadre stochastique (thèse en cours de F. Bernardin) en collaboration avec le MAPLY (M. Schatzman et A. Lachal). Ces problématiques s'inscrivent dans le projet européen SICONOS piloté par B. Brogliato (Inria Grenoble).

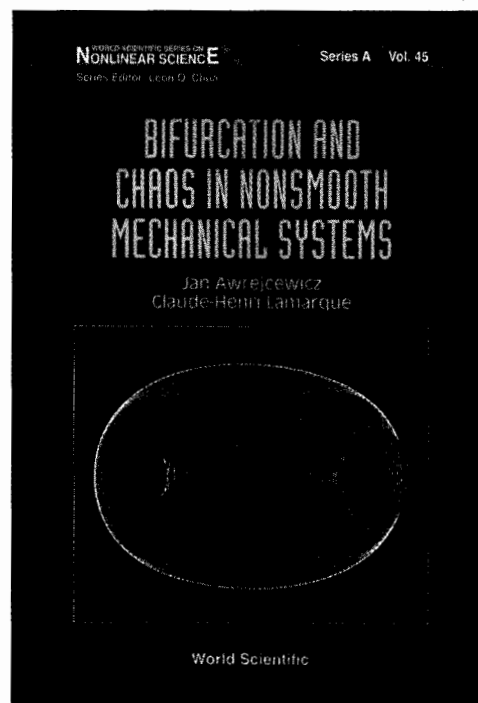
Des perfectionnements ont été apportés dans le calcul des exposants de Lyapounov pour des systèmes avec non linéarités irrégulières (travaux avec J. Bastien, J. Awrejcewicz, G. Kudra, M. Holland) et la quantification des comportements chaotiques. G. Kacprzak a montré qu'on pouvait contrôler des systèmes mécaniques discrets avec termes élasto-plastiques (stage de Masters de la T.U. de Lodz effectué à l'ENTPE). La collaboration fructueuse avec J. Awrejcewicz (T.U. Lodz), dans le domaine des systèmes à non linéarités non régulières s'est concrétisée par un projet de recherche en commun soutenu par la Région Rhône-Alpes et la publication d'un ouvrage en commun chez World Scientific.

Des applications en Génie Civil ont concerné les modèles de chutes de blocs, l'identification de modèles élastoplastiques, la dynamique de systèmes à câbles.

Une thèse démarre en 2003 (M. Nadji) en collaboration avec le LCPC et le LRPC de Lyon : elle utilisera les méthodes et outils développés au LGM pour étudier les liens entre stabilité et contrôle du véhicule et géométrie de la chaussée.



Cycle d'hystérésis sous sollicitation stochastique : force extérieure moins force inertielle tracée en fonction du déplacement

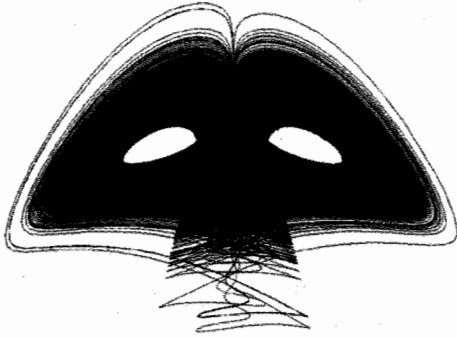


Couverture de l'ouvrage de J. Awrejcewicz et C.H. Lamarque chez World Scientific

Publications et communications :

[Awrejcewicz et al., 02 a], [Awrejcewicz et al., 02 b], [Awrejcewicz, Kudra, Lamarque, 01 a], [Awrejcewicz, Kudra, Lamarque, 01 b], [Awrejcewicz, Kudra, Lamarque, 02 a], [Awrejcewicz, Kudra, Lamarque, 02 b], [Awrejcewicz, Lamarque, 03], [Awrejcewicz, Pietrusiewicz, Lamarque, 01], [Bastien et al., 00], [Bastien et al., 02], [Bastien, Lamarque, Schatzman, 01], [Bastien et al., 03], [Bernardin, 03], [Bernardin et al. 03 a], [Bernardin et al., 03 b], [Janin, Lamarque, 02], [Lamarque, Awrejcewicz, Bechinski, 01], [Lamarque, Awrejcewicz, Kacprzak, 01 a], [Lamarque, Awrejcewicz, Kacprzak, 01 b], [Lamarque, Awrejcewicz, Kacprzak, 02], [Lamarque, Bastien, 00], [Lamarque, Bastien, Holland, 02], [Lamarque, Bastien, Holland, 03], [Lamarque, Janin, 00 a], [Lamarque, Janin, 00 b], [Lamarque, Janin, 01], [Lamarque, Janin, 02], [Lamarque, Robert, 00]
Thèse : [Bastien, 00], [Janin, 01]
DEA : [Barbier, 00], [Bernardin, 00], [Toriel, 00], [Kacprzak, 00], [Holland, 01], [Coutel, 02]

En dépit de progrès considérables dans la compréhension des comportements chaotiques et de leurs mécanismes d'apparition, la détermination des conditions minimales pour qu'un système d'équations différentielles puisse exhiber un comportement chaotique demeure un problème ouvert. S'il est bien connu qu'un système différentiel continu ne peut exhiber de comportement chaotique que s'il est non linéaire et si sa dimension est au moins égale à trois, l'influence du nombre des termes linéaires ou constants est plus subtile. Ce n'est qu'en 1997 que Zhang et Heidel ont démontré qu'aucun système polynomial tri-dimensionnel, contenant moins de cinq termes ne peut être chaotique quel que soit le nombre des non-linéarités quadratiques.



Projection plane de l'attracteur tridimensionnel du plus simple des systèmes chaotiques équivariants à non-linéarités quadratiques

Une étude analytique exhaustive des flots polynomiaux dissipatifs à non-linéarités quadratiques, en dimension trois, nous a permis de mettre en évidence deux classes des systèmes chaotiques minimaux, c'est-à-dire de systèmes constitués d'une seule non-linéarité et de quatre autres termes linéaires. À l'intérieur de chacune des classes les systèmes sont équivalents par des changements de variables polynomiaux. Ils sont algébriquement plus simples que tous les systèmes chaotiques précédemment décrits dans la littérature. Enfin, d'après le théorème de Zhang et Heidel il ne peut pas exister de systèmes chaotiques plus simples. Bien que la structure algébrique de ces systèmes soit la plus simple autorisant un comportement chaotique, l'étude approfondie de leur dynamique commence à révéler une richesse de comportements inattendue : nous avons montré que dans la première famille chaque système possède une suite infinie d'attracteurs chaotiques. De plus, nous avons mis en évidence des lois d'échelle permettant de prédire les diverses bifurcations qui se produisent lorsque l'on varie l'intensité de l'unique paramètre de contrôle de ces systèmes.

Nous avons également commencé un travail similaire sur la classification des systèmes chaotiques minimaux équivariants (i.e. invariants sous l'action d'un groupe de symétrie). La classification est moins avancée, mais nous avons déjà découvert un système chaotique équivariant plus simple que tous ceux précédemment connus. La dynamique de ce système est très complexe et ses bifurcations présentent des lois d'échelles similaires à celles des systèmes quadratiques minimaux. Un de nos objectifs est de prouver que cette classification ainsi que ces lois d'échelle sont indépendantes du degré de la non linéarité utilisée. Enfin plus récemment nous avons entrepris la réalisation expérimentale des systèmes chaotiques minimaux, en construisant des circuits électroniques simples mais originaux. Nos premières mesures expérimentales sont qualitativement en bon accord avec les résultats obtenus par simulations numériques des systèmes d'équations de départ. Ces séries chronologiques expérimentales sont utilisées pour valider notre travail théorique de modélisation phénoménologique des systèmes chaotiques (thèse en cours de M.-A. Boiron).

Publications et communications :

[Malasoma,00], [Letellier,Malasoma,01], [Malasoma,01], [Malasoma,02a], [Malasoma,02b], [Malasoma,Boiron,03]

Analyse topologique des attracteurs

Les systèmes dissipatifs non linéaires possèdent très souvent des solutions stables aperiodiques dites chaotiques. Une fois le régime transitoire éliminé, ces solutions se développent sur un objet fractal appelé attracteur chaotique. Cet objet peut être caractérisé par des quantités métriques telles que les dimensions fractales ou bien les exposants de Lyapunov. Une approche plus récente et moins sensible au bruit donc plus adaptée aux données expérimentales, utilise une caractérisation à l'aide d'invariants topologiques. Grâce à la théorie mathématique des nœuds, on peut extraire

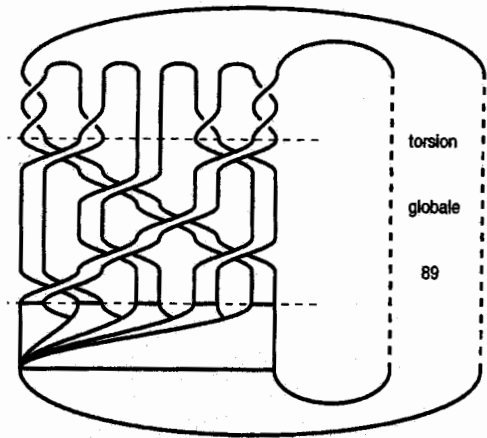
de toute solution chaotique une infinité d'orbites périodiques (instables) qui constituent le squelette de l'attracteur correspondant. Dans l'espace des états du système, ces orbites sont des courbes fermées. Chacune de ces orbites constitue un nœud mathématique et l'ensemble de tous ces nœuds forme un entrelacs. Les outils de la topologie algébrique permettent l'étude de la structure de cet entrelacs, et cette étude se résume par la construction d'une surface tridimensionnelle à plusieurs branches appelée gabarit. Ce gabarit constitue une carte d'identité de l'attracteur chaotique beaucoup plus discriminante que les quantités métriques surtout en présence de bifurcations.

Dans le cadre de la thèse de doctorat de P. Werny nous avons étudié par approche topologique les attracteurs d'un modèle d'écoulement de milieu granulaire ainsi que ceux d'un modèle d'arche d'Euler élastoplastique. Plus récemment, l'analyse topologique des attracteurs des systèmes chaotiques minimaux a permis de mieux comprendre l'origine de ces attracteurs. Toutefois, l'application la plus prometteuse de cette méthode topologique concerne la validation de notre technique de modélisation phénoménologique des systèmes complexes (thèse en cours de M.-A. Boiron).

Modélisation phénoménologique de séries chronologiques

Dans une approche classique, les équations d'évolution régissant le comportement de systèmes physiques résultent de l'écriture de lois physiques générales. L'approximation inhérente à toute modélisation requiert une compréhension en profondeur des mécanismes internes du système et une telle méthode conduit souvent, en ce qui concernent les systèmes complexes, à un modèle trop compliqué, impossible à exploiter ou à simplifier efficacement. C'est pourquoi nous privilégions pour ces systèmes une modélisation phénoménologique, qui permet alors de fournir une description de leur comportement à partir de la mesure de l'une de leurs variables observables. Toutefois, seule une grandeur physique scalaire est facilement accessible à la mesure sur ces systèmes complexes : cet enregistrement peut être de nature très variée telle une composante du mouvement (position, vitesse ou accélération), une température ou une intensité (lumineuse ou électrique). Nous développons une méthode de modélisation globale réalisée à partir d'une série temporelle scalaire et de ses premières dérivées pour obtenir un système d'équations différentielles ordinaires qu'il est ensuite possible d'intégrer pour visualiser et caractériser la dynamique du modèle étudié.

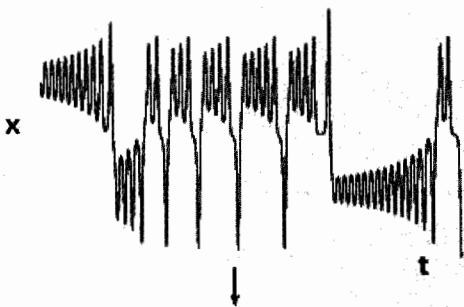
Un cadre théorique a été mis en place : nous avons établi de façon analytique une bibliothèque de modèles sous la forme d'équations différentielles ordinaires polynomiales quadratiques. Chacun de ces modèles est équivalent via un changement de variables à un système sous forme canonique où le champ de vecteurs est défini par une unique fonction scalaire de plusieurs variables. Cette fonction est déterminée par interpolation à partir de la série chronologique enregistrée ; son identification permet ensuite de sélectionner et de remonter à un ou plusieurs modèles de la bibliothèque. La validation de la méthode développée se fait sur deux registres. Nous effectuons d'abord des vérifications numériques en utilisant une série scalaire générée par un modèle numérique qui est confronté aux équations d'évolution temporelles originales. D'autre part, nous testons notre procédé sur des séries chronologiques expérimentales en simulant un système d'équations différentielles ordinaires grâce au montage de circuits électroniques. Une tension est mesurée, ce qui nous permet, après une phase de débruitage, de fournir un modèle décrivant le comportement du système électronique fabriqué. La validation ici consiste en une comparaison des deux patrons obtenus par approche topologique à partir de la



Exemple de gabarit à cinq branches

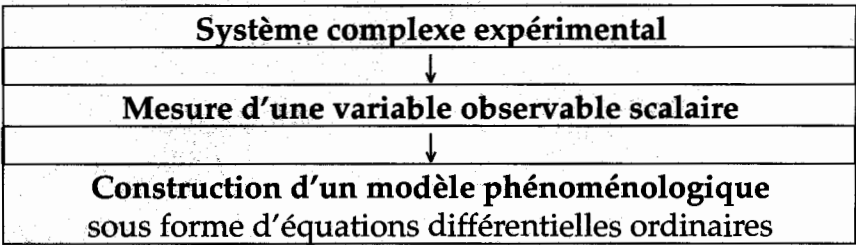
Publications et communications :
[Werny, 01], [Letelier, Werny, Malasoma, Gilmore, 02], [Malasoma, Werny, Boiron, 03]
Thèse : [Werny, 2001]

série expérimentale échantillonnée et de la série simulée numériquement à partir du modèle phénoménologique afin d'évaluer si la dynamique du modèle reconstruit s'accorde avec celle du système expérimental.



$$\begin{cases} \dot{x} = -10.0001x + 10y \\ \dot{y} = 27.9984x - .9999y - xz \\ \dot{z} = -2.9968z + 1.0000xy \end{cases}$$

Modélisation phénoménologique d'un système à partir d'une série chronologique scalaire



Modélisation phénoménologique du comportement d'un système à partir d'une série scalaire

Enfin, la plupart des systèmes mécaniques sont soumis à des forçages périodiques ou quasi-périodiques, de nature externe ou paramétrique. Ces systèmes sont souvent complexes et ici encore l'expérimentateur n'a accès qu'à une grandeur observable scalaire. Les techniques connues de modélisation globale sont inadaptées à ce cas très particulier mais important en pratique des forçages périodiques et quasi-périodiques. Récemment, nous avons donc entrepris de développer des méthodes de modélisation spécifiques à ce type de systèmes chaotiques (thèse en cours de D. Sengelin).

AWREJCEWICZ J., KUDRA G. & LAMARQUE C.-H.

Nonlinear dynamics of triple pendulum with impacts

Journal of Technical Physics, vol. 43, n° 2, pp. 97-112, 2002.

AWREJCEWICZ J., KUDRA G. & LAMARQUE C.-H.

Dynamics investigation of three coupled rods with a horizontal barrier

Meccanica, n° 330, pp. 1-12, 2002.

AWREJCEWICZ J., KUDRA G. & LAMARQUE C.-H.

Analysis of bifurcation and chaos in three coupled pendulums with impacts

DETC2001/VIB-21451 - Proceedings of the 18th biennial conference on mechanical vibration and noise (CD-ROM), Pittsburgh, USA, p. 6, 9-12 Septembre 2001.

AWREJCEWICZ J., KUDRA G. & LAMARQUE C.-H.

Non-linear dynamics of a triple pendulum with impacts

Proceedings of the 6th Conference on dynamical systems theory and applications, Lodz, Pologne, pp. 165-172, 10-12 Décembre 2001.

AWREJCEWICZ J., KUDRA G. & LAMARQUE C.-H.

Hyperchaos exhibited by triple pendulum

Proceedings of the 7th PAN American Conference of Applied Mechanics, PACAM VII, Temuco, Chili, pp. 653-655 - 653-658, 2002.

AWREJCEWICZ J., KUDRA G. & LAMARQUE C.-H.

Quasi-periodic solutions in three coupled rods with a horizontal barrier

Proceedings of the 1st international congress in mechatronics CD-ROM, Linz, Austria, 4 p., Juillet 2002.

AWREJCEWICZ J., PIETRUSIEWICZ M. & LAMARQUE C.-H.

Minimisation of vibrations on a part of a plate

Proceedings of the 6th conference on dynamical systems theory and applications, Lodz, Pologne, pp. 179-184, 10-12 Décembre 2001.

LAMARQUE C.-H., AWREJCEWICZ J. & BECHINSKI G.

Numerical study of some models of a surface grinder feed drive system including friction force and forced vibrations

Proceedings of the 6th conference on dynamical systems theory and applications, Lodz, Pologne, pp. 277-286, 10-12 décembre 2001.

LAMARQUE C.-H., AWREJCEWICZ J. & KACPRZAK G.

Active Control for a 2 DOF Mechanical System Including Elastoplastic Terms

Proceedings of the 10th International Conference on System Modelling Control, Zakopane, Pologne, pp. 11-16, 21-25 mai 2001.

LAMARQUE C.-H., AWREJCEWICZ J. & KACPRZAK G.

Control of structures

Proceedings of the 7th PAN American conference of applied mechanics, Temuco, Chili, pp. 653-651 - 653-654, 2002.

LAMARQUE C.-H., KACPRZAK G. & AWREJCEWICZ J.

Active Control for a 2 DOF Building Including Elastoplastic Soil-Structure Coupling Terms

Proceedings of the 18th Biennial Conference on Mechanical Vibration and Noise (CD-ROM), Pittsburgh, USA, 6 p., 9-12 Septembre 2001.

AWREJCEWICZ J., KUDRA G. & LAMARQUE C.-H.

Analysis of bifurcation of continuous bifurcations of periodic solutions exhibited by three coupled pendulums with horizontal obstacle
XX symposium vibrations in mechanical systems, Polytechnica Poznanska, Poznan Blazejewko, Pologne, pp. 92-93, 2002.

AWREJCEWICZ J., KUDRA G. & LAMARQUE C.-H.

Bifurcations of periodic solutions and irregular vibrations in triple physical pendulum with barriers

9th conference on nonlinear vibration, stability and dynamics of structures, Virginia polytechnic institute and state university, Blacksburg, USA, 1 p., 28 juillet - 1er août 2002.

AWREJCEWICZ J., KUDRA G. & LAMARQUE C.-H.

Bifurcations in triple pendulum with barriers
4th Euromech nonlinear oscillations conference, Prague, République Tchèque, 4 p., 19-13 août 2002.