

Information générale

Objectifs	Former des ingénieurs calcul de haut niveau et spécialistes des comportements non-linéaire : flambement (non linéarité géométrique), plasticité, endommagement, fatigue (non linéarité matérielle). La prise en compte de ces phénomènes permet de réaliser des produits industriels parfaitement optimisés en terme de fiabilité et durée de vie et donc compétitifs.
Responsable(s)	CHEVREUIL PLESSIS MATHILDE FRANCOIS MARC
Mention(s) incluant ce parcours	master Mécanique
Lieu d'enseignement	La majorité des cours est dispensée sur le campus de la Faculté des Sciences de Nantes. Les cours des modules mutualisés avec l'Ecole Centrale de Nantes peuvent être dispensés sur la campus de celle-ci, distant de 2 km.
Langues / mobilité internationale	Un module est dispensé en anglais. Un cours d'anglais spécifique est dispensé. Des étudiants vont régulièrement en stage à l'étranger, principalement en Europe .
Stage / alternance	Au premier semestre du Master 2 a lieu un projet numérique qui dure environ deux mois. Il s'agit d'un projet tutoré généralement réalisé au sein de l'Université. Le stage (au second semestre) dure au minimum 4 mois et au maximum 6, conformément aux règles européennes. Conformément à la loi Française, il est donc rémunéré. L'alternance recouvre le projet, le stage et les vacances universitaires. Durant ces période les étudiants sont en entreprise et leurs travaux sont exposés deux fois, ces deux présentations étant synchrones avec celles des projets et des stages des non alternants. Les étudiants alternants sont rémunérés par l'entreprise.
Poursuite d'études / débouchés	Environ 25% des étudiants réalisent ensuite un doctorat de Mécanique. Les autres se destinent à des carrières d'ingénieur calcul dans des entreprises de tailles diverses allant de la PME à la multinationale. Les entreprises sont principalement dans la région des Pays de la Loire. Environ 50% de ces emplois sont spécialisés dans des domaines spécifiques du master (fiabilité, non linéarités...).
Autres renseignements	Ce parcours est un de ceux proposés par le Master de Mécanique co-accrédité par la Faculté des Sciences de Nantes et l'École Centrale de Nantes.
Conditions d'obtention de l'année	L'obtention du diplôme est assujetti aux règles européennes (moyenne sur l'année, compensation entre les UE) sauf qu'il n'y a pas de compensation entre les semestres, c'est-à-dire que la moyenne (10/20) est exigée au S1 comme au S2.

Programme

1 ^{er} SEMESTRE	Code	ECTS	CM	CI	TD	TP	Distanciel	Total
Groupe d'UE : calcul de structure (9 ECTS)								
Hyperélasticité	X3PM010	2	12	0	16	0	0	28
Dynamique non linéaire	X3PM020	3	12	0	12	12	4	40
TP Calcul de Structure	X3PM030	4	12	0	0	40	4	56
Groupe d'UE : anélasticité (4 ECTS)								
Anisotropie et composites	X3PM040	2	12	0	10.67	0	4	26.67
Viscosité et plasticité	X3PM090	2	17.33	0	17.33	0	2	36.66
Groupe d'UE : mécanique probabiliste (3 ECTS)								
Numerical methods for uncertainty quantification	X3PM060	3	16	0	12	0	4	32
Groupe d'UE : Anglais (2 ECTS)								
Anglais	X3PM070	2	0	0	12	0	6	18
Groupe d'UE : UE Libres (0 ECTS)								
Méthode des éléments finis	X2MC040	0	28	0	28	0	8	64
Préparation au toeic	X3LA010	0	0	0	0	0	0	0
Groupe d'UE : Projets numériques (4 ECTS)								
Projets numériques	X3PM080	4	0	0	0	0	0	0
Groupe d'UE : UE optionnelles - 3 à choisir (6 ECTS)								
Endommagement, fatigue et rupture	X3PM050	2	16	0	10.67	0	4	30.67
Couplages fluides-structures	X3PM100	2	8	0	8	12	2	30
Management à Visée Innovante et Entrepreneuriale	X1LI010	2	18	0	0	0	7	25
Flambement	X3PM110	2	12	0	16	0	0	28
Groupe d'UE : Couplages multiphysiques (2 ECTS)								
Couplages	X3PM120	2	13.33	0	10.67	0	0	24
	Total	30					38.00	414.00

2 ^{ème} SEMESTRE	Code	ECTS	CM	CI	TD	TP	Distanciel	Total
Groupe d'UE : Expérience professionnelle : 1 UE au choix (30 ECTS)								
Stage	X4PM010	30	0	0	0	0	0	0
Périodes de formation alternées en milieu pro.	X4PM020	30	0	0	0	0	0	0
	Total	30					0.00	0.00

Modalités d'évaluation

Mention Master 2ème année

Parcours : M2 Mécanique et Fiabilité des Structures

Année universitaire 2020-2021

Responsable(s) : CHEVREUIL PLESSIS MATHILDE, FRANCOIS MARC

REGIME ORDINAIRE

					PREMIERE SESSION							DEUXIEME SESSION							TOTAL	
					Contrôle continu			Examen				Contrôle continu			Examen				Coeff.	ECTS
CODE UE	INTITULE	UE non dipl.			écrit	prat.	oral	écrit	prat.	oral	durée	écrit	prat.	oral	écrit	prat.	oral	durée		
Groupe d'UE : calcul de structure																				
3	X3PM010	Hyperélasticité	N	obligatoire	2							0.5					1.5		2	2
3	X3PM020	Dynamique non linéaire	N	obligatoire	3							1					2		3	3
3	X3PM030	TP Calcul de Structure	N	obligatoire		4							1.33				2.67		4	4
Groupe d'UE : anélasticité																				
3	X3PM040	Anisotropie et composites	N	obligatoire	2							1					1		2	2
3	X3PM090	Viscosité et plasticité	N	obligatoire	1.5	0.5						0.5	0.5				1		2	2
Groupe d'UE : mécanique probabiliste																				
3	X3PM060	Numerical methods for uncertainty quantification	N	obligatoire		1.5	1.5						1.5				1.5		3	3
Groupe d'UE : Anglais																				
3	X3PM070	Anglais	N	obligatoire			2										2		2	2
Groupe d'UE : UE Libres																				
2	X2MC040	Méthode des éléments finis	O	optionnelle															0	0
3	X3LA010	Préparation au toEIC	O	optionnelle															0	0
Groupe d'UE : Projets numériques																				
3	X3PM080	Projets numériques	N	obligatoire	2		2					2		2					4	4
Groupe d'UE : UE optionnelles - 3 à choisir																				
3	X3PM050	Endommagement, fatigue et rupture	N	optionnelle	2							1					1		2	2
3	X3PM100	Couplages fluides-structures	N	optionnelle	1.33	0.67						0.5	0.5				1		2	2
1	X1LI010	Management à Visée Innovante et Entrepreneuriale	N	optionnelle	1		1								2				2	2
3	X3PM110	Flambement	N	optionnelle	2							0.5					1.5		2	2
Groupe d'UE : Couplages multiphysiques																				
3	X3PM120	Couplages	N	obligatoire	1	1						0.5	0.5				1		2	2
Groupe d'UE : Expérience professionnelle : 1 UE au choix																				
4	X4PM010	Stage	N	optionnelle	10	10	10					10	10	10					30	30
4	X4PM020	Périodes de formation alternées en milieu pro.	N	optionnelle	10	10	10					10	10	10					30	30
TOTAL																		60	60	

A la seconde session, les notes de contrôle continu correspondent à un report des notes de CC de la première session.

DISPENSE D'ASSIDUITE

				PREMIERE SESSION								DEUXIEME SESSION								TOTAL	
				Contrôle continu				Examen				Contrôle continu				Examen				Coeff.	ECTS
CODE UE	INTITULE	UE non dipl.		écrit	prat.	oral	écrit	prat.	oral	durée	écrit	prat.	oral	écrit	prat.	oral	durée				
Groupe d'UE : calcul de structure																					
3	X3PM010	Hyperélasticité	N	obligatoire				2								2		2	2		
3	X3PM020	Dynamique non linéaire	N	obligatoire				3								3		3	3		
3	X3PM030	TP Calcul de Structure	N	obligatoire					4							4		4	4		
Groupe d'UE : anélasticité																					
3	X3PM040	Anisotropie et composites	N	obligatoire				2								2		2	2		
3	X3PM090	Viscosité et plasticité	N	obligatoire		0.5		1.5							0.5		1.5		2		
Groupe d'UE : mécanique probabiliste																					
3	X3PM060	Numerical methods for uncertainty quantification	N	obligatoire					1.5	1.5						1.5	1.5		3		
Groupe d'UE : Anglais																					
3	X3PM070	Anglais	N	obligatoire						2							2		2		
Groupe d'UE : UE Libres																					
2	X2MC040	Méthode des éléments finis	O	optionnelle															0		
3	X3LA010	Préparation au toec	O	optionnelle															0		
Groupe d'UE : Projets numériques																					
3	X3PM080	Projets numériques	N	obligatoire	2			2								2		2	4		
Groupe d'UE : UE optionnelles - 3 à choisir																					
3	X3PM050	Endommagement, fatigue et rupture	N	optionnelle				2									2		2		
3	X3PM100	Couplages fluides-structures	N	optionnelle				1.33	0.67								2		2		
1	X1LI010	Management à Visée Innovante et Entrepreneuriale	N	optionnelle				1		1						2			2		
3	X3PM110	Flambement	N	optionnelle				2									2		2		
Groupe d'UE : Couplages multiphysiques																					
3	X3PM120	Couplages	N	obligatoire				1	1								2		2		
Groupe d'UE : Expérience professionnelle : 1 UE au choix																					
4	X4PM010	Stage	N	optionnelle															30		
4	X4PM020	Périodes de formation alternées en milieu pro.	N	optionnelle															30		
																	TOTAL	60	60		

A la seconde session, les notes de contrôle continu correspondent à un report des notes de CC de la première session.

Description des UE

X3PM010	Hyperélasticité
Lieu d'enseignement	Faculté des Sciences de Nantes
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	LE VAN ANH
Volume horaire total	TOTAL : 28h Répartition : CM : 12h TD : 16h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h
Place de l'enseignement	
UE pré-requise(s)	913 17 MA 1 PHY UE 888 Mécanique des milieux continus
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Mécanique et Fiabilité des Structures, M2 CMI-ICM
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Hyperélasticité 100%
Obtention de l'UE	
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>A l'issue de cette UE, l'étudiant acquiert les connaissances et les compétences suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Avoir de connaissances supplémentaires en mécanique des milieux continus, en particulier le tenseur des déformations d'Almansi, la décomposition polaire du tenseur gradient de transformation et les tenseurs de contraintes de Piola-Kirchhoff de première et de seconde espèce. • Connaître les lois de comportement d'un matériau hyperélastique général, sous formes lagrangienne et eulérienne. • Connaître les lois de comportement d'un matériau hyperélastique isotrope, en base quelconque ou en base principale. • Connaître les lois de comportement d'un matériau incompressible, isotope ou non, en base quelconque ou en base principale. • Savoir établir la formulation faible du problème en variables lagrangiennes. Savoir discrétiser la formulation faible. Obtenir l'équation matricielle non linéaire. Résoudre par l'algorithme de Newton-Raphson. Calculer la matrice tangente. Linéariser l'équation matricielle de mouvement. Obtenir les matrices tangentes élastique et géométrique.

Contenu	<p><i>Attention, ce programme sera réduit en fonction de la réduction horaire subie dans la nouvelle accréditation.</i></p> <p>Chapitre 1 - Rappels de la Mécanique des Milieux Continus</p> <p>I. Cinématique</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Description lagrangienne de la cinématique 2. Description eulérienne 3. Décomposition polaire <p>II. Cinétique</p> <p>III. Sthénique</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Description eulérienne de la contrainte 2. Description mixte 3. Description lagrangienne <p>Chapitre 2 - Lois de comportement en hyperélasticité</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Généralités sur les lois de comportement 2. Premier et second principes de la thermodynamique <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Forme eulérienne 2.2. Forme lagrangienne 3. Loi de comportement d'un matériau hyperélastique <ol style="list-style-type: none"> 3.1. Forme lagrangienne objective 3.2. Forme eulérienne 4. Bilan en élasticité non linéaire <p>Chapitre 3 - Matériaux hyperélastiques isotropes</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Symétries matérielles - Isotropies 2. Loi de comportement hyperélastique isotrope <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Forme lagrangienne 2.2. Forme eulérienne 3. Hyperélasticité isotrope en base principale <p>Chapitre 4 - Matériaux hyperélastiques incompressibles</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Loi de comportement hyperélastique incompressible <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Forme lagrangienne 1.2. Forme eulérienne 2. Cas du matériau isotrope <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Forme lagrangienne 2.2. Forme eulérienne 2.3. Résultats en base principale <p>Chapitre 5 - Mise en œuvre numérique par la formulation lagrangienne totale</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Formulation forte et formulation faible du problème 2. Discrétisation de la formulation faible - Equation matricielle non linéaire 3. Résolution par Newton-Raphson 4. Matrice tangente 5. Linéarisation de l'équation matricielle de mouvement. Matrices tangentes élastique et géométrique 	
	Méthodes d'enseignement	Classique.
	Langue d'enseignement	Français
	Bibliographie	

X3PM020	Dynamique non linéaire
Lieu d'enseignement	Faculté des Sciences de Nantes
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	BOUZIDI RABAH
Volume horaire total	TOTAL : 40h Répartition : CM : 12h TD : 12h CI : 0h TP : 12h EAD : 4h
Place de l'enseignement	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Mécanique et Fiabilité des Structures, M2 CMI-ICM
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Dynamique non linéaire 100%

Obtention de l'UE	
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	A l'issue de cette UE, l'étudiant : Formule un problème de structure de barres en Grandes transformations. Formule un problème de poutre avec cisaillement en grandes transformations. Maîtrise les techniques de contrôle du chargement : en déplacements, en forces, en longueur d'arc. Maîtrise et programme les techniques numériques de résolution des problèmes non linéaires telle que la méthode de Newton-Raphson. Maîtrise et programme les techniques d'intégration temporelle en dynamique non linéaire : méthode de Newmark.
Contenu	Calcul statique des structures non linéaires, techniques de contrôle du chargement par chargement imposé ou longueur d'arc. Schéma d'intégration du problème non-linéaire par la méthode des itérations linéaires. Schémas d'intégration en temps. Méthode d'Euler, Méthode de Newmark.
Méthodes d'enseignement	Classique + poly.
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

X3PM030	TP Calcul de Structure
Lieu d'enseignement	Faculté des Sciences de Nantes
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	LECIEUX YANN
Volume horaire total	TOTAL : 56h Répartition : CM : 12h TD : 0h CI : 0h TP : 40h EAD : 4h
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Mécanique et Fiabilité des Structures, M2 CMI-ICM
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	TP Calcul de Structure 100%
Obtention de l'UE	
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	A l'issue de l'UE L'étudiant sait modéliser en autonomie une structure quelconque avec un logiciel EF. Il sait choisir en autonomie le type d'analyse pertinente à effectuer sur cette structure au regard de la problématique à laquelle il est confronté. Il sait conduire en autonomie un calcul, statique ou dynamique, linéaire ou non linéaire avec un code de calcul commercial. Il sait analyser en autonomie les résultats de ses calculs, en évaluer la véracité et en tire des enseignements pour l'optimisation des composants mécaniques qu'il a calculé.

Contenu	<p>ADINA</p> <p>Séance 1 : prise en main du logiciel. Tutoriel, présentation du logiciel ADINA. Comment modéliser un problème réel avec un logiciel de calcul EF ? Quelles simplifications, Quelles hypothèses ?</p> <p>Séance 2 : modélisation 2D, CP, DP, modélisation axisymétrique. Discussion autour des hypothèses. Comparaison analytique numérique pour des modèles simples (Réservoir cylindrique, réservoir sphérique)</p> <p>Séance 3 : analyse modale. Présentation de l'intérêt de ce type d'étude. Comparaison d'une étude EF sur MATLAB et sur ADINA à travers un cas simple : une barre en vibration. Etude des modes de vibration d'une barre, d'une poutre, d'une plaque et d'un pont à haubans. Discussion autour de la modélisation du pont.</p> <p>Séances 4 et 5 : dynamique transitoire Présentation des schémas d'intégration temporelle (implicite et explicite). Programmation du schéma de Newmark sur Matlab. Explication des paramètres à renseigner dans ADINA. Modélisation d'un impact sur une poutre et sur une plaque.</p> <p>Séance 6 : plasticité Discussion autour de la nature des non-linéarités dans un problème de mécanique. Présentation des techniques de résolution de problèmes présentant des non linéarités « matérielles ». Programmation de l'algorithme de Newton-Raphson sur Matlab. Présentation de la conduite d'un calcul non linéaire avec ADINA. Comparaison des résultats obtenus avec ADINA et MATLAB lors de l'étude d'une structure à deux barres. Etude d'un cylindre en pression avec plastification de la paroi. Deux écrouissages sont testés (isotrope et cinématique). Etude optionnelle : Simulation d'un essai de traction sur une éprouvette en aluminium à partir de données expérimentales.</p> <p>Séance 7 : grandes transformations Présentation des techniques de résolution de problèmes présentant des non linéarités « géométrique ». Résolution avec Matlab d'un problème de type « cantilever beam ». Etude d'un câble chargé en son centre. Comparaison avec la solution analytique. Etude d'un cas test du code ASTER : un câble électrique soumis à une charge répartie. Discussion autour de la conduite de ce type de calcul avec ADINA.</p> <p>Séance 8 : flambement Introduction de la notion de flambement é travers l'étude d'un système de barres et de ressorts de torsions à deux degré de libertés. Tracé de la surface de réponse sur MATLAB et linéarisation de celle-ci. Détection des points de bifurcation et introduction du concept d'analyse linéarisée des modes de flambement. Etude des modes de flambement du portique de Roorda.</p> <p>Séance 9 : projet, vérification du dimensionnement d'une bielle et optimisation de sa géométrie.</p> <p>CATIA</p> <p>Séance 1 : paramètres Dessin d'une pièce complexe puis création de paramètres pour en piloter la géométrie. Création d'un lien vers un fichier de paramètres extérieurs puis création d'un catalogue de pièce</p> <p>Séance 2 : modélisation avec le module surfacique. Présentation de l'intérêt de la modélisation surfacique en EF. Initiation à la modélisation surfacique sur CATIA. Enregistrement dans un format neutre et export vers un logiciel de calcul EF</p> <p>Séance 3 : optimisation de la géométrie d'une bielle. Présentation de l'atelier de calcul de structure de CATIA. Présentation du module d'optimisation non linéaire. Utilisation des deux modules séparément puis ensemble à travers l'optimisation de la géométrie d'une bielle soumise à des sollicitations mécanique.</p> <p>Séance 4 : optimisation de la géométrie du corps d'épreuve d'un capteur de force Présentation du fonctionnement d'un capteur de force et du modèle analytique associé. Modélisation du comportement d'un capteur « commercial ». Optimisation de la géométrie de ce capteur en s'appuyant sur le modèle analytique précédemment introduit. Simulation des performances de la géométrie de ce nouveau capteur.</p>
Méthodes d'enseignement	Cours en début de séance pour introduire les notions théoriques, algorithmes et procédures de calculs DesTP, pour la programmation des algorithmes et la modélisation des problèmes par éléments finis. Un projet encadré en séance
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	Finite Element Procedures Klaus -Jürgen Bathe

X3PM040	Anisotropie et composites
Lieu d'enseignement	Faculté des Sciences de Nantes
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	FRANCOIS MARC
Volume horaire total	TOTAL : 26.67h Répartition : CM : 12h TD : 10.67h CI : 0h TP : 0h EAD : 4h

Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	m1 mfs uef3 Mécanique des milieux continus 913 17 MA 1 PHY UE 888 mfs uef14 - Composites stratifiés - 913 17 MA 2 PHY UE 1355 mfs uef11 Calcul des structures par éléments finis 913 17 MA 2 PHY UE 930
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Mécanique et Fiabilité des Structures, M2 CMI-ICM
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Anisotropie et composites 100%
Obtention de l'UE	
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	A l'issue de cette UE, l'étudiant : <ul style="list-style-type: none"> • calcule un problème mécanique 3D à l'aide de bases tensorielles adaptées • résout un problème d'élasticité anisotrope analytique ou numérique • effectue des calculs d'homogénéisation thermo-mécanique pour les composites à fibres longues par méthode d'homogénéisation périodique et courtes par méthode d'Eshelby • calcule et identifie l'endommagement et le vieillissement des composites
Contenu	Rappels sur le calcul vectoriel. Coordonnées co et contra variantes (initiation). Tenseurs du second ordre : géométrie, algèbre, invariants. Bases des tenseurs du second ordre : base canonique, base canonique des tenseurs symétriques, base orthonormée générique. Tenseurs d'élasticité du quatrième ordre. Expression dans les bases canoniques, base canonique des tenseurs symétriques, base orthonormée générique. Projecteurs du 4e ordre et décomposition de Kelvin. Inversion du tenseur d'élasticité. Classes de symétrie du tenseur d'élasticité. Homogénéisation des composites à fibres courtes par méthode d'Eshelby. Calcul d'homogénéisation périodique mécanique et thermomécanique des composites à fibres longues. Bornes de Voigt et Reuss en 3D. Mécanismes et mécanique de l'endommagement des composites. Mécanismes et mécanique du vieillissement des composites. TP d'homogénéisation périodique
Méthodes d'enseignement	Semi- inverse : cours à lire à la maison, rappels et TD en salle.
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	Les tenseurs en mécanique et en élasticité, Léon Brillouin, Masson, 1960. Le calcul tensoriel, André Delachet, Que sais-je N°1336. Initiation progressive au calcul tensoriel, Claude Jeanperrin, Ellipses, 1999. Champs de vecteurs et de tenseurs, E. Bauer, Masson, Paris, 1955. Le calcul tensoriel en physique, J. Hladik, Masson, 1993. Le calcul vectoriel en physique, J. Hladik, Ellipses, 1993. Les tenseurs, Wikipedia. Ondes élastiques dans les solides, Dieulesaint et Royer, Masson, 1974 Cours en ligne : Ecole d'été MatSyMat

X3PM090	Viscosité et plasticité
Lieu d'enseignement	Faculté des Sciences de Nantes
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	FRANCOIS MARC
Volume horaire total	TOTAL : 36.66h Répartition : CM : 17.33h TD : 17.33h CI : 0h TP : 0h EAD : 2h
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	913 17 MA 1 PHY UE 888 Mécanique des milieux continus 913 17 LG 2 PHY UE 892 ou 913 17 LG 6 PHY UE 569 Thermodynamique classique 913 17 MA 2 PHY UE 941 Plasticité des structures 913 17 MA 2 PHY UE 938 Science des matériaux 913 17 LG 6 PHY UE 1056 Comportement mécanique des matériaux
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 CMI-ICM, M2 CMI-ICM, M2 Mécanique et Fiabilité des Structures
Evaluation	

Pondération pour chaque matière	Viscosité et plasticité 100%
Obtention de l'UE	
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>A l'issue de cette UE, l'étudiant :</p> <ul style="list-style-type: none"> • identifie la formulation thermodynamique de ces processus irréversibles à variables internes • calcule l'apparition de la localisation • résout analytiquement un problème d'élasto-plasticité 3D simple • met en œuvre un code de calcul pour un processus irréversible
Contenu	<p>Thermodynamique des processus irréversibles. Matériaux standard associés. Équation de la chaleur généralisée.</p> <p>Viscoélasticité linéaire : fluage et relaxation, résolution par transformée de Laplace-Carson.</p> <p>Plasticité : modèles phénoménologiques, modèles cinématique linéaire, non linéaire, isotropes et combinés, énergies stockées et dissipées, condition de localisation de Mandel et Rice.</p> <p>Viscoplasticité et fluage.</p> <p>Méthodes d'intégration numérique : retour radial, theta-méthode. TP numérique de calcul élasto-plastique.</p>
Méthodes d'enseignement	Cours à lire à la maison, compléments et TD en salle.
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	<p>J. Salençon, Viscoélasticité pour le calcul des structures, Ed. de l'École Polytechnique, 2009 : http://www.editions.polytechnique.fr/files/pdf/EXT_1557_2.pdf</p> <p>J. Lemaitre et J.L. Chaboche, Mécanique des matériaux solides, Dunod, 1988.</p> <p>Lemaitre, J. A course on damage mechanics, Springer, 1996.</p> <p>A. Zaoui, Comportement Mécanique des Matériaux, Chapitre 3, Ed. Hermes, 1991.</p> <p>F. Sidoroff, Cours : http://sitasido.ec-lyon.fr/accueil.ph</p>

X3PM060	Numerical methods for uncertainty quantification
Lieu d'enseignement	Fac de Nantes et Ecole Centrale de Nantes
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	CHEVREUIL PLESSIS MATHILDE
Volume horaire total	TOTAL : 32h Répartition : CM : 16h TD : 12h CI : 0h TP : 0h EAD : 4h
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Mécanique et Fiabilité des Structures, M2 CMI-ICM, M2 Reliability based structural MAintenance for marine REnewable ENergy (MAREENE)
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Numerical methods for uncertainty quantification 100%
Obtention de l'UE	
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>At the end of the teaching unit, the student is able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> • model the inputs of a physical model according to the data of the problem, • estimate by simulation a quantity of post-processed interest of the output of the physical model (average, variance, probability of exceeding the threshold, sensitivity index), • construct a meta-model of a variable of interest based on observations from this one, • estimate the error of the meta-model, • use the meta-model or models for the estimation of statistical quantities.

Contenu	<ul style="list-style-type: none"> - Modelling of random variables: parametric and non-parametric modeling, discretization of a random variable (sampling, polynomial approximation), identification of a random variable, error and bias estimation - Simulation: Monte Carlo simulation and variance reduction techniques for Monte Carlo methods (importance sampling, control variates, antithetic variables, low discrepancy sequences ...) - Meta-models: projection methods, statistical learning methods (Krigging, Kernel methods, least squares methods, cross validation) - Sensitivity analysis Practical sessions and projects on Matlab (using a dedicated Approximation toolbox), OpenTurns and 'R'.
Méthodes d'enseignement	Cours/TD TP numériques (Matlab, OpenTurns, R) Etude du comportement des méthodes numérique + Etude de cas Projets : présentation orale façon cours, évaluation par les pairs et par l'équipe pédagogique
Langue d'enseignement	Anglais
Bibliographie	T Hastie, R Tibshirani and J Friedman, "The elements of Statistical Learning. Data mining, inference, and prediction". Spinger, second edition, 2001

X3PM070	Anglais
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	VINCENT EMMANUEL
Volume horaire total	TOTAL : 18h Répartition : CM : 0h TD : 12h CI : 0h TP : 0h EAD : 6h
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	Aucune
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Mécanique et Fiabilité des Structures, M2 CMI-ICM
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Anglais 100%
Obtention de l'UE	
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	A l'issue de cet enseignement, l'étudiant sera capable de : <ol style="list-style-type: none"> 1. Développer sa connaissance de la terminologie liée à son domaine de spécialité 2. Présenter et d'expliquer une publication scientifique, un travail de recherche ou une thématique du domaine de spécialité, ainsi que d'argumenter lors d'une discussion scientifique. Les présentations devront être conformes à la communication attendue dans un cadre scientifique ou institutionnel. Les présentations seront faites avec un minimum de recours aux notes, et dans un anglais clair et phonologiquement correct.
Contenu	<ol style="list-style-type: none"> 1. Développement du vocabulaire scientifique de spécialité 2. Analyse de textes scientifiques de spécialité 3. Analyse de documents audio ou video 4. Pratique de l'oral en contexte
Méthodes d'enseignement	Enseignement en présentiel
Langue d'enseignement	Anglais
Bibliographie	

X2MC040	Méthode des éléments finis
----------------	-----------------------------------

Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	2
Responsable de l'UE	NACHAOUI ABDELJALIL CARMONA PHILIPPE BADSI MEHDI CRESTETTO ANAIS
Volume horaire total	TOTAL : 64h Répartition : CM : 28h TD : 28h CI : 0h TP : 0h EAD : 8h
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 Modélisation, Analyse numérique et Calcul Scientifique (MACS), M2 Mécanique et Fiabilité des Structures, M2 CMI-ICM
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Méthode des éléments finis 100%
Obtention de l'UE	
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Au terme de cette Unité d'Enseignement, l'étudiant : <ul style="list-style-type: none"> • Ecrit la formulation variationnelle à un problème aux limites donné • Démonstre l'existence et l'unicité à la formulation variationnelle en appliquant le théorème de Lax-Milgram • Met en œuvre une méthode d'éléments finis P1 et P2 pour un problème aux limites 1D • Implémente des méthodes d'intégration numérique et de résolution de systèmes linéaires directes ou itératives (y compris pour les matrices creuses)
Contenu	Rappels d'analyse fonctionnelle : <ul style="list-style-type: none"> • espaces de Sobolev, distributions, conditions aux limites • formulation variationnelle Méthode de Galerkin et éléments finis <ul style="list-style-type: none"> • théorèmes fondamentaux (Lax-Milgram, Aubin-Nietsche, Strang...) • définition d'un élément fini, exemples: éléments P1, P2, P3-Hermite (1D et 2D) • lien et différence avec les différences finies en 1D Implémentation pratique <ul style="list-style-type: none"> • exemples complets en 1D • techniques d'implémentation de la méthode des éléments finis (y compris gestion des matrices creuses)
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	<ul style="list-style-type: none"> • G. Allaire, Analyse numérique et optimisation, Ellipses, 2005. • P.-A. Raviart, J.-M. Thomas, Introduction à l'analyse numérique des équations aux dérivées partielles, Dunod, 1998.

X3LA010	Préparation au toEIC
Lieu d'enseignement	FST-Lombarderie
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	KERVISION SYLVIE
Volume horaire total	TOTAL : 0h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h
Place de l'enseignement	

UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Chimie Moléculaire et Thérapeutique (CMT), M2 Mathématiques Fondamentales et Appliquées - Algèbre et Géométrie (MFA-AG), M2 Ingénierie Statistique (IS), M2 CMI-IS, M2 Modélisation, Analyse numérique et Calcul Scientifique (MACS), M2 Ingénierie des Systèmes d'Information (ISI), M2 Mécanique et Fiabilité des Structures, M2 Sciences et techniques aux époques moderne et contemporaine, M2 Génétique, Génomique & Biologie des Systèmes (GGBS), M2 Biologie, Biotechnologie & Recherche Thérapeutique (BBRT), M2 Recherche Clinique, M2 Capteurs Intelligents et Qualité des Systèmes Electroniques, M2 Pilotage des Systèmes d'Information (PSI), M2 Génétique, Génomique & Biologie des Systèmes (GGBS), M2 CMI-ICM, M2 Gestion des Risques, Santé, Sécurité, Environnement (GRiSSE), M2 Modélisation en Pharmacologie Clinique et Epidémiologie (MPCE), M2 Biologie, Biotechnologie & Recherche Thérapeutique (BBRT), M2 Rayonnements Ionisants et Applications médicales (RIA), M2 Démantèlement et Modélisation Nucléaires (DMN), M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS), M2 CMI-INA, M2 Préparation Supérieure à l'Enseignement (PSE), M2 Mathématiques Fondamentales et Appliquées - Analyse et Probabilités (MFA-AP), M2 Nanosciences, Nanomatériaux, Nanotechnologies (CNano), M2 Energies Nouvelles et Renouvelables (ENR) - option Gestion de l'énergie, M2 Energies Nouvelles et Renouvelables (ENR) - option Dispositifs pour l'énergie, M2 Analyse, Molécules, Matériaux, Médicaments (A3M), M2 Conception et Réalisation des Bâtiments, M2 Travaux Publics et Maintenance, M2 Travaux publics et Maritimes, M2 Chimie Moléculaire et Thérapeutique (CMT) par alternance, M2 Reliability based structural MAintenance for marine REnewable ENergy (MAREENE)
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Préparation au toeic 100%
Obtention de l'UE	
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>A l'issue de cet enseignement, les étudiants seront capables de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reconnaître et anticiper les formats de certifications en anglais. • Compléter les réponses exigées par les tests de certifications. • Pouvoir optimiser leurs résultats aux certifications grâce à une méthodologie de travail appliquée lors des séances d'entraînement. <p>At the end of this course, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recognize and anticipate certification formats in English. • Complete the answers required by the certification tests. • To be able to optimize their results to certifications thanks to an applied work methodology during training sessions.
Contenu	<p><i>Se préparer pour obtenir une certification en anglais (objectif B2 et +)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Présentation des formats • Exercices d'entraînement • Conseils pour optimiser son score <p><i>Prepare to obtain certification in English (objective B2 and +)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Presentation of formats • Training exercises • Tips to optimize your score
Méthodes d'enseignement	Distanciel
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	<ul style="list-style-type: none"> • 200% TOEIC 2017 Listening & Reading (2 août 2016, de Michael Byrne et Michelle Dickinson) • TOEIC® La Méthode Réussite (20 janvier 2011, de David Mayer et Serena Murdoch Stern) • Tactics for TOEIC® Listening and Reading Test (13 septembre 2007, de Grant Trew) • Cambridge Grammar and Vocabulary for the TOEIC Test (11 novembre 2010, de Jolene Gear et Robert Gear)

X3PM080	Projets numériques
Lieu d'enseignement	Faculté des Sciences de Nantes ou entreprise (si alternant)
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	LECIEUX YANN FRANCOIS MARC
Volume horaire total	TOTAL : 0h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h

Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	m1 mfs uef16 - Stage de M1 Mécanique et fiabilité de structures
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Mécanique et Fiabilité des Structures, M2 CMI-ICM
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Projets numériques 100%
Obtention de l'UE	Pour les étudiants alternants, le projet numérique correspond à la première partie de leur alternance. Ils sont évalués selon les mêmes modalités et à la même date que les autres étudiants.
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	A l'issue de cette UE, l'étudiant : <ul style="list-style-type: none"> • résout en binôme un problème de recherche ou industriel en Mécanique • se prépare au stage en entreprise • rédige un rapport • présente ses travaux à l'oral
Contenu	
Méthodes d'enseignement	Projet tuteuré
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	Rapports de projet des années précédentes à disposition.

X3PM050	Endommagement, fatigue et rupture
Lieu d'enseignement	Faculté des Sciences de Nantes
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	FRANCOIS MARC
Volume horaire total	TOTAL : 30.67h Répartition : CM : 16h TD : 10.67h CI : 0h TP : 0h EAD : 4h
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	Comportement mécanique des matériaux- 913 17 LG 6 PHY UE 1056 Sciences des matériaux - 913 17 MA 2 PHY UE 938 Composites stratifiés - 913 17 MA 2 PHY UE 1355 Anisotropie et composites - 913 17 MA 3 PHY UE 805 Viscosité et plasticité - 913 17 MA 3 PHY UE 806
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Mécanique et Fiabilité des Structures, M2 CMI-ICM
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Endommagement, fatigue et rupture 100%
Obtention de l'UE	
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	A l'issue de cette UE, l'étudiant : <ul style="list-style-type: none"> • calcule la durée de vie en fatigue d'une structure • prédit l'apparition d'une localisation • identifie et calcule les modes d'endommagement des composites • identifie les aspects technologiques et législatifs du dimensionnement en fatigue au travers d'exemples industriels [RG, PM]

Contenu	<p>Endommagement fragile, modèle de Marigo. Endommagement ductile : courbes CLF, modèles de Gurson et de Lemaitre et Chaboche. Fatigue olygocyclique : loi de Manson-Coffin, modèle élastoplastique endommageable. Fatigue à grand nombre de cycle, loi de Wöhler, diagrammes de Haigh et Goodman, règle de Miner, calcul des nombres de cycles, cas des chargements aléatoires ou non-proportionnels, modèle à deux échelles de Lemaitre, calcul spectral. Limite d'endurance, abattement en fatigue, correcteurs. Rupture : critère de Griffith, facteur d'intensité des contraintes, loi de Paris, rupture statistique de Weibull. Mécanismes et modèles d'endommagement des composites. Règles de calcul de fatigue dans l'industrie. Aspect législatifs et expertises</p>
Méthodes d'enseignement	Cours à lire à la maison (en partie). Cours et exercices en classe.
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	<p>Lemaitre et Chaboche : a course on damage mechanics, Springer, 1996. Zaoui, Pineau, François : Comportement mécanique des matériaux, Masson, 1991. Krajcinovic : Damage mechanics, North-Holland, 1996 Kondo, Welemene, Cormery : Basic concepts and models in continuum damage mechanics, archive ouverte : http://oatao.univ-toulouse.fr/6634/1/Wellemene_6634.pdf Bathias, Pineau : Fatigue des matériaux et des structures 4, Traité MIM, série Matériaux et métallurgie Brand, Flavenot, Gregoire, Tournier : Données Technologiques sur La Fatigue (CETIM)</p>

X3PM100	Couplages fluides-structures
Lieu d'enseignement	Faculté des Sciences de Nantes
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	CARPY SABRINA
Volume horaire total	TOTAL : 30h Répartition : CM : 8h TD : 8h CI : 0h TP : 12h EAD : 2h
Place de l'enseignement	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Mécanique et Fiabilité des Structures, M2 CMI-ICM, M2 CMI-ICM
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Couplages fluides-structures 100%
Obtention de l'UE	
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>A l'issue de cette U.E l'étudiant</p> <ul style="list-style-type: none"> • réalise un travail préparatoire (définition de la géométrie, création du maillage, placement des conditions aux limites : région d'entrée, de sortie, symétrie) • résout numériquement un problème convectif de fluide stationnaire ou instationnaire (choix du modèle physique, choix des schémas numériques, exécution) • trouve une formulation adaptée pour la résolution des équations fluide-structure qui tient compte des parois mobiles et permet de simuler des écoulements fortement convectifs. • visualise les résultats (vecteurs vitesses, champs de pression, vorticités) • analyse et qualifie les résultats • améliore la précision du calcul
Contenu	<p>Introduction sur les phénomènes couplés Classification : Phénomènes hydroélastiques, Phénomènes aéroélastiques Enjeux Méthodes expérimentales/numériques Couplage fort/couplage faible Simulation numérique de l'interaction : présentation des trois approches (simplifiée, partitionnée et monolithique) Modélisation instationnaire Etude de cas : a) instationnarité est due à une variation pilotée des conditions aux limites en fonction du temps. b) instabilité provoquée par le couplage fluide-structure</p>

Méthodes d'enseignement	Cours et TD TP numériques distanciel
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

X1LI010	Management à Visée Innovante et Entrepreneuriale
Lieu d'enseignement	UFR des Sciences et des Techniques
Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	GODARD OLIVIER
Volume horaire total	TOTAL : 25h Répartition : CM : 18h TD : 0h CI : 0h TP : 0h EAD : 7h
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Chimie Moléculaire et Thérapeutique (CMT),M2 Ingénierie Statistique (IS),M2 Modélisation, Analyse numérique et Calcul Scientifique (MACS),M2 Mécanique et Fiabilité des Structures,M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS),M2 CMI-ICM,M2 CMI-IS,M2 Sciences des aliments,M2 Rayonnements Ionisants et Applications médicales (RIA),M2 CMI-ICM,M1 Sciences Biologiques - Mention BS,M2 Mathématiques Fondamentales et Appliquées - Algèbre et Géométrie (MFA-AG),M2 Mathématiques Fondamentales et Appliquées - Analyse et Probabilités (MFA-AP),M2 Nutrition humaine-Développement des Aliments Santé (NH-DAS),M2 Systèmes Electroniques Embarqués Communicants,M2 Démantèlement et Modélisation Nucléaires (DMN),M2 Analyse, Molécules, Matériaux, Médicaments (A3M) ,M1 Bioinformatique/Biostatistique - Mention BI,M2 Capteurs Intelligents et Qualité des Systèmes Electroniques,M2 CMI-INA,M2 Sciences et techniques aux époques moderne et contemporaine,M1 Architecture Logicielle (ALMA),M1 Optimisation en Recherche Opérationnelle (ORO),M1 Apprentissage et Traitement Automatique de la Langue (ATAL),M1 Data Science (DS) ,M1 Visual Computing (VICO),M1 CMI-OPTIM,M1 Sciences Biologiques - Mention SMPS,M1 Bioinformatique/Biostatistique - Mention BS
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Management à Visée Innovante et Entrepreneuriale 100%
Obtention de l'UE	
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p><i>A l'issue de cet enseignement, l'étudiant devra être capable de :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • avoir des compétences transversales pour qu'il soit acteur de son avenir professionnel. • maîtriser des outils méthodologiques de management et de gestion de projet de façon pratique. • connaître les outils de base du management d'équipe en les ayant vécu dans son projet • maîtriser des outils de construction de valorisation économique d'un projet innovant • construire un projet valorisable économiquement au sein d'une équipe. • avoir des compétences transversales telles que manager un projet, s'exprimer en public lors de la présentation du projet devant un jury • communiquer à l'écrit selon les règles normalisées de l'entreprise, être en mesure d'identifier les besoins des entreprises en lien avec son projet, être force de proposition dans ses futures fonctions professionnelles.
Contenu	<p>Autour d'une formation de 25 heures et d'un accompagnement spécifique par projet, l'étudiant aura la possibilité d'identifier une thématique ou un projet de recherche pouvant s'inscrire dans une démarche de valorisation économique. Selon un programme de formation reprenant 49 actions pour entreprendre en lien avec l'innovation, l'étudiant bénéficiera d'un accompagnement spécifique en fonction des besoins rencontrés. Les livrables attendus sont un Business Model, un business Plan et un elevator pitch de 10 minutes présentés devant un jury composé de 2 membres universitaires et d'un membre extérieur reconnu pour son expertise.</p> <p>A la suite du concours, un prix annuel sera décerné aux trois meilleurs projets début février de chaque année.</p>
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français

Bibliographie	
---------------	--

X3PM110	Flambement
Lieu d'enseignement	Faculté des Sciences de Nantes
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	LE VAN ANH
Volume horaire total	TOTAL : 28h Répartition : CM : 12h TD : 16h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h
Place de l'enseignement	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Mécanique et Fiabilité des Structures, M2 CMI-ICM, M2 CMI-ICM
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Flambement 100%
Obtention de l'UE	
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>A l'issue de cette UE, l'étudiant acquiert les connaissances et les compétences suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calculer la charge de bifurcation des systèmes discrets. • Formuler le problème non-linéaire des poutres. Obtenir l'équation linéarisée correspondante. Appliquer les résultats au problème de flambement d'une poutre. • Formuler le problème du flambement d'une poutre selon la théorie simplifiée d'Euler. Etudier l'influence des imperfections géométriques et de chargement sur la réponse. • Etablir l'élément fini de poutre non-linéaire. Appliquer au cas du flambement. • Etudier la théorie non-linéaire des plaques de von Kármán. Appliquer au cas du flambement des plaques

Contenu	<p><i>Attention, ce programme sera réduit en fonction de la réduction horaire subie dans la nouvelle accréditation.</i></p> <p>Partie A - Bifurcation des systèmes discrets</p> <p>Chapitre 1 - Bifurcation des systèmes discrets</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Rappel de l'équation de mouvement des systèmes discrets 2. Equation d'équilibre 3. Définition de la bifurcation 4. Exemples <p>Partie B - Bifurcation des systèmes continus</p> <p>Chapitre 1 - Théorie non-linéaire des poutres</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Position de référence 2. Champ des déplacements 3. Champ des déformations 4. Champ des vitesses 5. Equation locale et conditions aux limites par le PPV 6. Loi de comportement 7. Equations aux déplacements et conditions aux limites en termes du déplacement 8. Equations linéarisées 9. Exemples d'application au flambement des poutres <p>Chapitre 2 - Théorie RdM du flambement des poutres</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Flambement d'une poutre parfaitement droite - Théorie d'Euler 2. Méthode énergétique pour le calcul approché de la charge critique de flambement 3. Influence des imperfections géométriques <ul style="list-style-type: none"> Droite de Southwell Charge de Dutheil 4. Influence des imperfections de chargement <p>Chapitre 3 - Élément fini non linéaire des poutres</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ecriture du PPV 2. Discrétisation du PPV 3. Matrice tangente 4. Equations linéarisée du mouvement 5. Élément fini à 2 noeuds 6. Exemples d'application au flambement des poutres <p>Chapitre 4 - Théorie non-linéaire des plaques (théorie des plaques de von Kármán)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Champ des déplacements 2. Champ des déformations 3. Equation locale et conditions aux limites par le PPV 4. Loi de comportement 5. Equations aux déplacements 6. Equations linéarisées 7. Exemples d'application au flambement des plaques 	
	Méthodes d'enseignement	Classique
	Langue d'enseignement	Français
	Bibliographie	

X3PM120	Couplages
Lieu d'enseignement	Fac. des Sciences de Nantes et École Centrale de Nantes
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	CHEVREUIL PLESSIS MATHILDE
Volume horaire total	TOTAL : 24h Répartition : CM : 13.33h TD : 10.67h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	

Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Mécanique et Fiabilité des Structures, M2 CMI-ICM
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Couplages 100%
Obtention de l'UE	
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	A l'issue de l'UE, l'étudiant : <ul style="list-style-type: none"> • définit le système linéaire à résoudre du problème couplé, • connaît différentes méthodes résolution de problèmes couplés, • construit un préconditionneur, • applique une technique de résolution d'un problème couplé.
Contenu	(A valider) <ul style="list-style-type: none"> • Couplage de modèles, discrétisation par éléments finis et systèmes linéaires à résoudre • Méthodes couplées • Méthodes découplées : méthode d'Uzawa, méthode de projection • Préconditionneurs • Méthodes de décomposition de domaine <ul style="list-style-type: none"> - méthodes de Schwarz - méthodes du complément de Schur
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

X4PM010	Stage
Lieu d'enseignement	En entreprise ou en laboratoire
Niveau	Master
Semestre	4
Responsable de l'UE	FRANCOIS MARC CHEVREUIL PLESSIS MATHILDE
Volume horaire total	TOTAL : 0h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	Projets numériques 913 17 MA 3 PHY UE 816
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Mécanique et Fiabilité des Structures, M2 CMI-ICM
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Stage 100%
Obtention de l'UE	Pas de dispense d'assiduité
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	A l'issue de cette UE, l'étudiant : <ul style="list-style-type: none"> • résout un problème de mécanique industriel ou de recherche au sein d'une équipe • identifie les méthodes nécessaires à la résolution • modélise le problème posé et justifie les hypothèses faites • réalise une bibliographie sur le sujet • résout le problème et commente la validité de ses résultats • se conforme aux exigences (règles, normes, moyens, communication) de l'entreprise ou du laboratoire • produit un rapport de stage • présente ses travaux à l'oral

Contenu	Le stage dure entre 4 et 6 mois. Il a lieu soit en entreprise soit en laboratoire. Conformément à la loi le stage est rémunéré. L'étudiant est en charge de trouver son stage. Des propositions lui sont adressées tout au long du premier semestre mais il peut aussi trouver le stage par lui-même. Le choix d'un stage doit être validé par le responsable de la formation afin de vérifier l'adéquation de son contenu avec la formation.
Méthodes d'enseignement	Stage en entreprise ou en laboratoire avec suivi par le maître de stage et un tuteur académique.
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	Rapports de stages des années précédentes et présentation mis à disposition.

X4PM020	Périodes de formation alternées en milieu pro.
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	4
Responsable de l'UE	FRANCOIS MARC CHEVREUIL PLESSIS MATHILDE
Volume horaire total	TOTAL : 0h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Mécanique et Fiabilité des Structures
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Périodes de formation alternées en milieu pro. 100%
Obtention de l'UE	Pour les étudiants alternants, le stage correspond à la seconde partie de leur alternance. Ils sont évalués selon les mêmes modalités et à la même date que les autres étudiants.
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	A l'issue de cette UE, l'étudiant : <ul style="list-style-type: none"> • résout un problème de mécanique industriel ou de recherche au sein d'une équipe • identifie les méthodes nécessaires à la résolution • modélise le problème posé et justifie les hypothèses faites • réalise une bibliographie sur le sujet • résout le problème et commente la validité de ses résultats • se conforme aux exigences (règles, normes, moyens, communication) de l'entreprise ou du laboratoire • produit un rapport de stage • présente ses travaux à l'oral
Contenu	
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	Rapports de stages des années précédentes et présentation mis à disposition.