

Niveau :	MASTER					année
Domaine :	Sciences, Technologies, Santé					M2
Mention :	Physique					
Parcours :	Procédés, Contrôles, Matériaux Métalliques : Industrie du Nucléaire (PC2M)					
Volume horaire étudiant :	208 h	84 h	128 h	0 h	5 mois	420 h
	cours magistraux	travaux dirigés	travaux pratiques	cours intégrés	stage ou projet	total
Formation dispensée en :	<input checked="" type="checkbox"/> français		<input type="checkbox"/> anglais			

Contacts :

Responsable de formation	Scolarité – secrétariat pédagogique
Jean-Philippe Chateau-Cornu Professeur ☎ 03.80.39.61.46 jean-philippe.chateau-cornu@u-bourgogne.fr	Scolarité UFR Science et Technique ☎ 03.80.39.58.16 scolarite.ufrst@u-bourgogne.fr Secrétariat du Département de Physique ☎ 03.80.39.59.00 marielle.coutarel@u-bourgogne.fr depphy@u-bourgogne.fr
Composante(s) de rattachement :	UFR Sciences et Techniques

Objectifs de la formation et débouchés :

■ Objectifs :

La spécialité "Procédés, Contrôles, Matériaux Métalliques : Industrie du Nucléaire" (PC2M) de la mention Physique est un parcours professionnel soit en formation initiale en M1, soit par alternance en contrat de professionnalisation ou d'apprentissage, soit dans le cadre de la formation continue. Elle propose une formation professionnelle unique en son genre en France, réunissant des compétences tant en **physique des matériaux** et des **procédés** qu'en **métallurgie, mécanique, modélisation** et **simulation**, mais aussi en **instrumentation** et **contrôles non destructifs**.

Sa finalité est de former les futurs cadres techniques dans l'ingénierie des composants métalliques, en particulier pour l'industrie nucléaire. L'objectif est de faire acquérir, à des étudiants ou salariés, des savoirs de haut niveau afin d'être au plus proche des besoins de l'industrie. Pour cela, la formation fait intervenir des professionnels de l'industrie et des chercheurs et enseignants-chercheurs hautement spécialisés.

Ce Master s'appuie sur les compétences et les moyens professionnels des entreprises PME/PMI, des groupes Framatome, CEA Valduc, EDF et Industeel, du Pôle de Compétitivité régional Nuclear Valley et du soutien de la branche professionnelle de la métallurgie, UIMM 21-71.

La deuxième année du master est uniquement accessible en alternance dans le cadre du contrat de professionnalisation ou d'apprentissage et en formation continue. Elle est constituée d'un tronc commun de 4 UE et propose deux options de 3UE chacune. Le tronc commun est consacré aux procédés, aux techniques de caractérisation physiques et chimiques, à la durabilité des matériaux et à la spécificité des environnements irradiants dans le nucléaire. Les deux options proposent un approfondissement soit dans le domaine des procédés (option A), soit dans le domaine des CND (option B). Dans chacune des deux options, l'accent est mis sur les techniques innovantes (fabrication additive pour l'option A, techniques de CND non conventionnelles pour l'option B) et les simulations numériques.

■ Débouchés du diplôme (métiers ou poursuite d'études) :

La filière métallurgique représente 1,5 millions d'emplois directs en France, 100 000 recrutements sont prévus d'ici 2020. La filière nucléaire représente 125 000 emplois directs en France et 285000 indirects. Cette filière est fortement implantée en Région Bourgogne et Rhône-Alpes et est reconnue à travers l'existence du pôle de compétitivité Nuclear Valley, acteur incontournable du nucléaire à vocation mondiale. Il a pour vocation d'innover, de former et de fédérer pour accroître durablement le leadership de la filière nucléaire française tout en développant la fertilisation croisée entre secteurs industriels de haute technicité. Le master PC2M est labellisé par Nuclear Valley.

Les métiers visés à l'issue des 2 années de master par les diplômés sont les suivants :

- ▶ Ingénieur R & D
- ▶ Chef de projets
- ▶ Ingénieur méthode
- ▶ Responsable soutien production
- ▶ Ingénieur conception/essai
- ▶ Ingénieur d'étude en mécanique
- ▶ Ingénieur calcul sûreté
- ▶ Responsable d'intervention
- ▶ Expert matériaux

■ Compétences acquises à l'issue de la formation :

Les connaissances théoriques et pratiques ajoutées à l'expérience acquise en entreprise, doivent permettre aux étudiants de s'intégrer dans les secteurs d'activités en lien avec la métallurgie et l'industrie du nucléaire. Les compétences acquises par les étudiants à l'issue de la formation sont :

- ▶ La physique et la chimie des matériaux métalliques
- ▶ Le comportement des matériaux et des structures (mécanique des milieux continus, thermomécanique, plasticité, durabilité...)
- ▶ Les procédés d'élaboration de composants métalliques (fonderie, forgeage, usinage, soudage, traitements thermiques et de surface, métallurgie des poudres)
- ▶ La modélisation et la simulation numérique (CAO, FORGE, ABAQUS, COMSOL...)
- ▶ Le contrôle et la caractérisation des matériaux et des structures (CND, analyses physiques et chimiques, MEB, MET, DRX...)
- ▶ Les codes et normes (normes et sûreté nucléaire, codes de construction, dommages des matériaux à l'irradiation)

■ Compétences acquises à l'issue de l'année de formation :

Les compétences acquises en deuxième année concernent plus spécifiquement la mise en pratique des connaissances fondamentales sur les procédés (soudage, métallurgie des poudres, traitements de surface), les techniques de caractérisation (MEB, spectro, AFM, DRX), la durabilité des matériaux en service (rupture, fatigue, corrosion) et en particulier en environnement nucléaire (dommages à l'irradiation, modes de ruine). L'option A propose d'acquérir des compétences fortes en simulation numérique (calcul de structures, simulation des procédés, simulation de la CIC) avec utilisation de logiciels commerciaux répandus (Abaqus, Comsol, Forge). L'option B propose une ouverture vers l'automatisation des procédés CND (incluant les apports de la réalité virtuelle ou augmentée) en forte demande actuellement dans l'industrie.

Modalités d'accès à l'année de formation :

Il est nécessaire que les étudiants aient acquis en première année les connaissances de base, générales et fondamentales, ainsi que des notions techniques indispensables aux procédés et contrôle des matériaux métalliques.

■ sur sélection :

L'accès en M2 PC2M nécessite l'obligation de trouver une entreprise dans le cadre du contrat de professionnalisation ou d'apprentissage. En effet, l'acquisition de certaines connaissances spécifiques au milieu professionnel, en particulier dans le domaine du nucléaire n'est possible qu'au travers la gestion de projets effectués au sein même des entreprises. Le M2 est accessible aux étudiants ayant validé le M1 PC2M (ou un M1 jugé équivalent sur dossier) et ayant un contrat de professionnalisation ou d'apprentissage avant la date de début des cours et aux salariés dans le cadre du plan de formation de l'entreprise, ayant validé le M1 PC2M (ou un M1 jugé équivalent sur dossier). Le choix d'option sera conditionné par les résultats obtenus en M1.

■ par validation d'acquis ou équivalence de diplôme

en formation continue : s'adresser au service de formation continue de l'université (03.80.39.51.80).

Le parcours PC2M est ouvert en 2ème année aux candidats pouvant bénéficier du régime de la formation continue, sous réserve d'éventuelles validations d'acquis (VA) ou validation des acquis de l'expérience (VAE).

Organisation et descriptif des études :

■ tableau de répartition des enseignements et des contrôles de connaissances assortis :

SEMESTRE 3

Tronc commun

UE 11	discipline	CM	TD	TP	Total	ECTS	Type éval Session 1 ⁽¹⁾	Type éval Session 2 ⁽²⁾	coeff CT	coeff CC	Coeff EP/O	total coef
Procédés 2	11.1 Techniques d'assemblage, contraintes résiduelles	14	2	12	24		CC,EP	O		1	1,5	2,5
	11.2 Métallurgie des poudres	10	4	8	26		CC,EP	O		1,5	1	2,5
	11.3 Traitements de surface	10			10		CC	O		1		1
TOTAL UE 11		34	6	20	60	6				3,5	2,5	6

UE 12	discipline	CM	TD	TP	Total	ECTS	Type éval Session 1 ⁽¹⁾	Type éval Session 2 ⁽²⁾	coeff CT	coeff CC	Coeff EP/O	total coef
Contrôle et Caractérisation des matériaux	12.1 Caractérisation spectroscopique des solides et microscopie électronique à balayage	16	8		24		CC	O		2		2
	12.2 SPM : AFM, SMM, MS-AFM	8			8		CC	O		1		1
	12.3 Diffractométrie	4	4		8		CC	O		1		1
	12.4 Etude de cas : caractérisation MEB, DRX, AFM			20	20		EP				2	2

TOTAL UE 12		28	12	20	60	6				4	2	6
-------------	--	----	----	----	----	---	--	--	--	---	---	---

(1) CT : contrôle terminal - CC : contrôle continu - EP : Epreuve pratique - O : Epreuve Orale

(2) L'épreuve orale peut être éventuellement remplacée par un contrôle terminal en session, par décision du responsable d'épreuve. Ce dernier informe les étudiants à l'issue de la délibération de la session 1.

Option A : Procédés avancés

UE 13A	discipline	CM	TD	TP	Total	ECTS	Type éval Session 1 ⁽¹⁾	Type éval Session 2 ⁽²⁾	coeff CT	coeff CC	Coeff EP/O	total coef
Mécanique des structures	13A.1 Conception des structures par CAO	6	6	10	22		CC,EP	O		1	1	2
	13A.2 Calcul des structures par éléments finis 2 : plasticité	4	4	12	20		CC,EP	O		0,75	1,25	2
	13A.3 Calcul des structures par éléments finis 3 : thermomécanique	4	4	12	20		CC,EP	O		0,75	1,25	2
TOTAL UE 13A		14	14	34	62	6				2,5	3,5	6

UE 14A	discipline	CM	TD	TP	Total	ECTS	Type éval Session 1 ⁽¹⁾	Type éval Session 2 ⁽²⁾	coeff CT	coeff CC	Coeff EP/O	total coef
Simulation des procédés	14A.1 Plans d'expériences statistiques	6	12		18		CC	O		2		2
	14A.2 Simulation Physique du Soudage	6	8	12	26		CC,EP	O		1	1,5	2,5
	14A.3 Simulation du forgeage	4		10	16		EP	O		0,5	1	1,5
TOTAL UE 14A		16	20	22	58	6				3,5	2,5	6

UE 15A	discipline	CM	TD	TP	Total	ECTS	Type éval Session 1 ⁽¹⁾	Type éval Session 2 ⁽²⁾	coeff CT	coeff CC	Coeff EP/O	total coef
Net shape	15A.1 Fabrication au plus près des cotes en métallurgie des poudres	6			6		CC	O		0,5		0,5
	15A.2 Fabrication 3D par SLM	10		6	16		CC,EP	O		1,25	0,5	1,75
	15A.3 Fabrication 3D par WAAM	10		6	16		CC,EP	O		1,25	0,5	1,75
	15A.4 Simulation numérique de la CIC	6		16	22		CC,EP			0,5	1,5	2
TOTAL UE 15A		32		28	60	6				3,5	2,5	6

Option B : CND avancés

UE 13B	discipline	CM	TD	TP	Total	ECTS	Type éval Session 1 ⁽¹⁾	Type éval Session 2 ⁽²⁾	coeff CT	coeff CC	Coeff EP/O	total coef
Techniques avancées de CND	13B.1 Techniques avancées de CND conventionnels	12	8	24	44		CC,EP	O		2	2,5	2

	13B.2 Techniques Non conventionnelles et émergentes	6	2		8		CC,EP	O		0,75		2
	13B.3 Capteurs et instrumentations pour les CND	4	4				CC,EP	O		0,75		2
TOTAL UE 13B		22	14	24	60	6				3,5	2,5	6

UE 14B	discipline	CM	TD	TP	Total	ECTS	Type éval Session 1 ⁽¹⁾	Type éval Session 2 ⁽²⁾	coeff CT	coeff CC	Coeff EP/O	total coef
Outils de simulation et d'analyse pour le CND	14B.1 Notions de calcul numérique	8	4		12		CC	O		1,25		1,25
	14A.2 Initiation aux logiciels de simulation CND	4	2	36	42		CC,EP	O		0,5	3,5	4
	14A.3 POD – Algorithmes d'aide à la décision	4	2		6		EP	O		0,75		0,75
TOTAL UE 14B		16	8	36	60	6				2,5	3,5	6

UE 15B	discipline	CM	TD	TP	Total	ECTS	Type éval Session 1 ⁽¹⁾	Type éval Session 2 ⁽²⁾	coeff CT	coeff CC	Coeff EP/O	total coef
Automatisation / robotisation des CND	15B.1 Notions d'automatisme et de robotique	12	4	20	36		CC,EP	O		1,5	2	3,5
	15B.2 Automatisation des systèmes CND	8	6		14		CC	O		1,5		1,5
	15B.3 Notions de Réalités Augmentée et Virtuelle appliqués au CND	4	2	4	10		CC,EP	O		0,5	0,5	1
TOTAL UE 15B		24	12	24	60	6				3,5	2,5	6

TOTAL S3		124	52	124	300	30				17	13	30
-----------------	--	------------	-----------	------------	------------	-----------	--	--	--	-----------	-----------	-----------

SEMESTRE 4

Tronc commun

UE 16	discipline	CM	TD	TP	Total	ECTS	Type éval Session 1 ⁽¹⁾	Type éval Session 2 ⁽²⁾	coeff CT	coeff CC	Coeff EP/O	total coef
Durabilité des matériaux	16.1 Analyse limite	6			6		CC	O		0,5		0,5
	16.2 Mécanique de la rupture et endommagement des structures	12	6		18		CC	O		1,5		1,5
	16.3 Fatigue des matériaux	10	4	4	18		CC,EP	O		1,5	0,5	2
	16.4 Corrosion humide	10			10		CC	O		1		1
	16.5 Corrosion appliquée	8			8		CC	O		1		1

TOTAL UE 16		46	10	4	60	6				5,5	0,5	6
-------------	--	----	----	---	----	---	--	--	--	-----	-----	---

UE 17	discipline	CM	TD	TP	Total	ECTS	Type éval Session 1 ⁽¹⁾	Type éval Session 2 ⁽²⁾	coeff CT	coeff CC	Coeff EP/O	total coef
Normes et Sureté dans le nucléaire	17.1 Les modes de ruine, principes du code pour s'en prémunir	6			6		CC	O		0,5		0,5
	17.2 Dommages des matériaux à l'irradiation	10			10		CC	O		1		1
	17.3 Risques industriels, risque radiologique et radioprotection	16			16		CC	O		1,5		1,5
	17.4 Management de la R&D	6			6		CC	O		0,5		0,5
	17.5 Anglais		22		22		CC	O		2,5		2,5
TOTAL UE 17		38	22		60	6				6		6

UE 18	discipline	CM	TD	TP	Total	ECTS	Type éval Session 1 ⁽¹⁾	Type éval Session 2 ⁽²⁾	coeff CT	coeff CC	Coeff EP/O	total coef
Stage	En entreprise						CC,EP			9	9	18
TOTAL UE 18						18				9	9	18

TOTAL S4		84	32	4	120	30				11,5	0,5	30
----------	--	----	----	---	-----	----	--	--	--	------	-----	----

TOTAL M2		208	84	128	420	60				28,5	13,5	60
----------	--	-----	----	-----	-----	----	--	--	--	------	------	----

39h supplémentaires en présentiel sont affectées pour l'organisation des examens de contrôle ainsi que des expérimentations complémentaires ou des séances sur ordinateur venant compléter les travaux pratiques.

■ Organisation du stage

Pour les étudiants en alternance et les salariés dans le cadre du plan de formation de l'entreprise, une mission à caractère technique mettant en application les connaissances acquises durant les enseignements, d'une durée au moins équivalente à 5 mois, leur sera confiée au sein de l'entreprise. Ce projet pourra être mené durant la période prévue pour le stage ou réparti tout au long de l'année. Une soutenance d'1 heure sera organisée à l'uB à l'issue du stage.

■ Modalités de contrôle des connaissances :

Le contrôle des connaissances se déroule dans le respect de la charte des examens adoptée par le conseil d'administration de l'université du 2 avril 2001.

● Sessions d'examen

1^{ère} session : les évaluations sont réalisées en contrôle continu intégral (CCI), sous forme d'une ou plusieurs épreuves écrites en séance, de devoirs à la maison, de comptes rendus de travaux dirigés ou d'épreuves orales. Il n'y a donc pas d'examens terminaux. Les modalités d'évaluation sont annoncées en début de chaque matière (sous unité d'enseignement) par le responsable du cours.

A l'issue du stage à la fin du semestre S2, les étudiants sont notés sur un rapport de stage écrit et une soutenance orale devant un jury constitué a minima des tuteurs universitaire et industriel et d'un autre enseignant de la formation. La note de stage prend en compte la maîtrise des concepts et le travail réalisé (note CC), la qualité du mémoire et de la présentation orale (note EP) et la pertinence des réponses aux questions posées par le jury.

2^{ème} session : septembre (semestres 3 et 4), sous forme d'épreuves orales ou écrites. L'étudiant choisit parmi les matières (sous UE) non validées celles qu'il souhaite repasser en deuxième session. Les résultats remplacent alors ceux du CCI de 1^{ère} session. Il n'y a pas de 2^{ème} session pour les travaux pratiques et le stage. Pour les matières non repassées, la note de 1^{ère} session est reportée en 2^{ème} session.

● **Règles de validation et de capitalisation :**

Principes généraux :

COMPENSATION : Une UE est validée directement si la moyenne pondérée par les coefficients des matières la constituant est supérieure à 10 sur 20.

Une compensation s'effectue au niveau de chaque semestre. Le semestre est validé directement si la moyenne pondérée par les coefficients des notes des UE est supérieure ou égale à 10 sur 20. Les UE non validées directement sont validées par compensation si le semestre est validé.

Une compensation s'effectue au niveau de l'année. L'année est validée directement si la moyenne pondérée par les coefficients des semestres est supérieure ou égale à 10 sur 20. Les semestres non validés directement sont validés par compensation si l'année est validée.

CAPITALISATION : Chaque unité d'enseignement est affectée d'une valeur en crédits européens (ECTS). Une UE est validée et capitalisable, c'est-à-dire définitivement acquise lorsque l'étudiant a obtenu une moyenne pondérée supérieure ou égale à 10 sur 20 par compensation entre chaque matière de l'UE. Chaque UE validée permet à l'étudiant d'acquérir les crédits européens correspondants. Les éléments (matières) constitutifs d'une UE non validée ne sont pas capitalisables.

Précision : Toute personne défailante au stage ne peut valider son année de Master.