

|                           |  |                 |                                  |                |                 |              |
|---------------------------|--|-----------------|----------------------------------|----------------|-----------------|--------------|
| Niveau :                  | <b>MASTER</b>  |                 |                                  |                |                 | année        |
| Domaine :                 | Sciences, Technologies, Santé  |                 |                                  |                |                 | <b>M2</b>    |
| Mention :                 | Physique   |                 |                                  |                |                 |              |
| Parcours :                | Procédés, Contrôles, Matériaux Métalliques : Industrie du Nucléaire (PC2M) |                 |                                  |                |                 |              |
| Volume horaire étudiant : | 166 h  | 82 h            | 112 h                            | 0 h            | 5 mois          | <b>360 h</b> |
|                           | 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<br>Professeur<br>☎ 03.80.39.61.46<br><a href="mailto:jean-philippe.chateau-cornu@u-bourgogne.fr">jean-philippe.chateau-cornu@u-bourgogne.fr</a> | Scolarité UFR Science et Technique<br>☎ 03.80.39.58.16<br><a href="mailto:scolarite.ufrst@u-bourgogne.fr">scolarite.ufrst@u-bourgogne.fr</a><br>Secrétariat du Département de Physique<br>☎ 03.80.39.60.00<br><a href="mailto:marielle.coutarel@u-bourgogne.fr">marielle.coutarel@u-bourgogne.fr</a><br><a href="mailto:depphy@u-bourgogne.fr">depphy@u-bourgogne.fr</a> |
| 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. 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 Chalon-sur-Saône.

La deuxième année du master est consacrée aux procédés, à la modélisation et la simulation numérique des procédés et du comportement des structures, aux techniques de caractérisation physiques et chimiques ainsi qu'à la durabilité des matériaux. Elle est uniquement accessible en alternance par contrat de professionnalisation.

### ■ 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 et le comportement des matériaux dans des logiciels commerciaux de simulation numérique (CAO, éléments finis, multi physique), la durabilité des matériaux en service (rupture, fatigue, corrosion) et en particulier en environnement nucléaire (dommages à l'irradiation, modes de ruine)

## 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. 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 d'un M1 jugé équivalent sur dossier) et ayant un contrat de professionnalisation avant la date de début des cours.

■ 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

| UE 11       | discipline                   | CM | TD | TP | Total | ECTS | Type éval<br>Session 1 <sup>(1)</sup> | Type éval<br>Session 2 <sup>(2)</sup> | coeff<br>CT | coeff<br>CC | Coeff<br>EP/O | total<br>coef |
|-------------|------------------------------|----|----|----|-------|------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| Procédés 2  | 11.1 Usinage                 | 6  | 2  | 16 | 24    |      | CC,EP                                 | O                                     |             | 1           | 1,5           | 2,5           |
|             | 11.2 Métallurgie des poudres | 12 | 6  | 8  | 26    |      | CC,EP                                 | O                                     |             | 1,5         | 1             | 2,5           |
|             | 11.3 Traitements de surface  | 10 |    |    | 10    |      | CC                                    | O                                     |             | 1           |               | 1             |
| TOTAL UE 11 |                              | 28 | 8  | 24 | 60    | 6    |                                       |                                       |             | 3,5         | 2,5           | 6             |

| UE 12                   | discipline                            | CM | TD | TP | Total | ECTS | Type éval<br>Session 1 <sup>(1)</sup> | Type éval<br>Session 2 <sup>(2)</sup> | coeff<br>CT | coeff<br>CC | Coeff<br>EP/O | total<br>coef |
|-------------------------|---------------------------------------|----|----|----|-------|------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| Simulation des procédés | 12.1 Plans d'expériences statistiques | 6  | 12 |    | 18    |      | CC                                    | O                                     |             | 2           |               | 2             |
|                         | 12.2 Simulation Physique du Soudage   | 6  | 8  | 12 | 26    |      | CC,EP                                 | O                                     |             | 1           | 1,5           | 2,5           |
|                         | 12.3 Simulation du forgeage           | 4  | 2  | 10 | 12    |      | EP                                    | O                                     |             | 0,5         | 1             | 1,5           |
| TOTAL UE 12             |                                       | 16 | 22 | 22 | 60    | 6    |                                       |                                       |             | 3,5         | 2,5           | 6             |

| UE 13                    | discipline  | CM | TD | TP | Total | ECTS | Type éval<br>Session 1 <sup>(1)</sup> | Type éval<br>Session 2 <sup>(2)</sup> | coeff<br>CT | coeff<br>CC | Coeff<br>EP/O | total<br>coef |
|--------------------------|---|----|----|----|-------|------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| Mécanique des structures | 13.1 Conception des structures par CAO                            | 6  | 6  | 10 | 22    |      | CC,EP                                 | O                                     |             | 1           | 1             | 2             |
|                          | 13.2 Calcul des structures par éléments finis 2 : plasticité      | 3  | 3  | 16 | 22    |      | CC,EP                                 | O                                     |             | 0,5         | 1,5           | 2             |
|                          | 13.3 Calcul des structures par éléments finis 3 : thermomécanique | 3  | 3  | 16 | 22    |      | CC,EP                                 | O                                     |             | 0,5         | 1,5           | 2             |
| TOTAL UE 13              |   | 12 | 12 | 42 | 66    | 6    |                                       |                                       |             | 2           | 4             | 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.

| UE 14                    | discipline   | CM | TD | TP | Total | ECTS | Type éval<br>Session 1 <sup>(1)</sup> | Type éval<br>Session 2 <sup>(2)</sup> | coeff<br>CT | coeff<br>CC | Coeff<br>EP/O | total<br>coef |
|--------------------------|--|----|----|----|-------|------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| Durabilité des matériaux | 14.1 Analyse limite                                  | 6  |    |    | 6     |      | CC                                    | O                                     |             | 0,5         |               | 0,5           |
|                          | 14.2 Matériaux et structures endommageables          | 12 | 4  |    | 16    |      | CC                                    | O                                     |             | 1,5         |               | 1,5           |
|                          | 14.3 Fatigue des matériaux                           | 10 | 4  | 4  | 18    |      | CC,EP                                 | O                                     |             | 1,5         | 0,5           | 2             |
|                          | 14.4 Corrosion des métaux en environnement nucléaire | 10 |    |    | 10    |      | CC                                    | O                                     |             | 1           |               | 1             |
|                          | 14.5 Corrosion appliquée                             | 10 |    |    | 10    |      | CC                                    | O                                     |             | 1           |               | 1             |
| TOTAL UE 14              |  | 48 | 8  | 4  | 60    | 6    |                                       |                                       |             | 5,5         | 0,5           | 6             |

| UE 15                                     | discipline  | CM | TD | TP | Total | ECTS | Type éval<br>Session 1 <sup>(1)</sup> | Type éval<br>Session 2 <sup>(2)</sup> | coeff<br>CT | coeff<br>CC | Coeff<br>EP/O | total<br>coef |
|---|---|----|----|----|-------|------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| Contrôle et Caractérisation des matériaux | 15.1 Caractérisation spectroscopique des solides et microscopie électronique à balayage | 16 | 8  |    | 24    |      | CC,EP                                 | O                                     |             | 2           |               | 2             |
|   | 15.2 SPM : AFM, SMM, MS-AFM   | 8  |    |    | 8     |      | CC,EP                                 | O                                     |             | 1           |               | 1             |
|   | 15.3 Diffractométrie  | 4  | 4  |    | 8     |      | CC                                    | O                                     |             | 1           |               | 1             |
|   | 15.4 Etude de cas : caractérisation MEB, DRX, AFM                                       |    |    | 20 | 20    |      |                                       |                                       |             |             | 2             | 2             |
| TOTAL UE 15                               |   | 28 | 12 | 20 | 60    | 6    |                                       |                                       |             | 4           | 2             | 6             |

|          |     |    |     |     |    |  |  |  |  |      |      |    |
|----------|-----|----|-----|-----|----|--|--|--|--|------|------|----|
| TOTAL S3 | 132 | 62 | 112 | 306 | 30 |  |  |  |  | 18,5 | 11,5 | 30 |
|----------|-----|----|-----|-----|----|--|--|--|--|------|------|----|

#### SEMESTRE 4

| UE 16                              | discipline   | CM | TD | TP | Total | ECTS | Type éval<br>Session 1 <sup>(1)</sup> | Type éval<br>Session 2 <sup>(2)</sup> | coeff<br>CT | coeff<br>CC | Coeff<br>EP/O | total<br>coef |
|------------------------------------|--|----|----|----|-------|------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| Normes et Sureté dans le nucléaire | 16.1 Les modes de ruine, principes du code pour s'en prémunir    | 6  |    |    | 6     |      | CC                                    | O                                     |             | 1           |               | 1             |
|                                    | 16.2 Management de la R&D  | 6  |    |    | 6     |      | CC                                    | O                                     |             | 0,5         |               | 0,5           |
|                                    | 16.3 Risques industriels, risque radiologique et radioprotection | 16 |    |    | 16    |      | CC                                    | O                                     |             | 1,5         |               | 1,5           |
|                                    | 16.4 Dommages des matériaux à l'irradiation                      | 6  |    |    | 6     |      | CC                                    | O                                     |             | 1           |               | 1             |
|                                    | 16.5 Anglais   |    | 20 |    | 20    |      | CC                                    | O                                     |             | 2           |               | 2             |
| TOTAL UE 16                        |  | 34 | 20 |    | 54    | 6    |                                       |                                       |             | 6           |               | 6             |

| UE 17       | discipline    | CM | TD | TP | Total | ECTS | Type éval<br>Session 1 <sup>(1)</sup> | Type éval<br>Session 2 <sup>(2)</sup> | coeff<br>CT | coeff<br>CC | Coeff<br>EP/O | total<br>coef |
|-------------|---------------|----|----|----|-------|------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| Stage       | En entreprise |    |    |    |       |      | CC,EP                                 |                                       |             | 12          | 12            | 24            |
| TOTAL UE 17 |               |    |    |    |       | 24   |                                       |                                       |             | 12          | 12            | 24            |

|          |    |    |  |    |    |  |  |  |    |    |    |
|----------|----|----|--|----|----|--|--|--|----|----|----|
| TOTAL S4 | 34 | 20 |  | 54 | 30 |  |  |  | 18 | 12 | 30 |
|----------|----|----|--|----|----|--|--|--|----|----|----|

|          |     |    |     |     |    |  |  |  |      |      |    |
|----------|-----|----|-----|-----|----|--|--|--|------|------|----|
| TOTAL M2 | 166 | 82 | 112 | 360 | 60 |  |  |  | 36,5 | 23,5 | 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

Une mission à caractère technique mettant en application les connaissances acquises durant les enseignements, d'une durée au moins équivalente à 5 mois, sera confiée à chaque étudiant 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<sup>ère</sup> session** : les évaluations sont réalisées en contrôle continu au fil des enseignements, sous forme d'une ou plusieurs épreuves écrites en séance, de devoirs à la maison, de compte-rendu de TD ou d'épreuves pratiques ou orales. Les modalités d'évaluations sont annoncées aux étudiants en début de 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, le travail effectué, les qualités du mémoire et de la présentation orale et la pertinence des réponses aux questions posées par le jury.

**2<sup>ème</sup> session** : septembre (semestres 3 et 4), sous forme de d'épreuves orales. Il n'y a pas de seconde session pour le stage du S4.

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

##### Principes généraux :

**COMPENSATION :** Une compensation s'effectue au niveau de chaque semestre. La note semestrielle est calculée à partir de la moyenne des notes des unités d'enseignements du semestre affectées des coefficients. Le semestre est validé si la moyenne générale des notes des UE pondérées par les coefficients est supérieure ou égale à 10 sur 20.

**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.