

Master Physique Fondamentale et Applications

Parcours

Instrumentation Nucléaire

Parcours Instrumentation Nucléaire - page UB

<https://www.lp2ib.in2p3.fr/enseignement/master-instrumentation-nucleaire/>

✉ maud.versteegen@cenbg.in2p3.fr

Présentation

Le parcours Instrumentation Nucléaire (IN) est un des 5 parcours de Master de la mention Physique Fondamentale et Applications de l'Université de Bordeaux. Il vise à former des professionnels au niveau cadre dans le secteur de l'ingénierie nucléaire, que ce soit dans le domaine de la production d'énergie civile ou des applications médicales, spécialisés dans l'instrumentation des rayonnements ionisants.

Les débouchés sont aussi variés qu'ingénieur calcul, ingénieur d'applications, ingénieur d'exploitation, ingénieur radioprotection, ingénieur recherche et développement, ingénieur en mesures nucléaires etc. Il permet également de poursuivre en thèse, dans les secteurs de la physique des réacteurs, de la recherche et développement détecteur, de la neutronique etc. Enfin, par son lien étroit avec le parcours Instrumentation, Photonique et Commercialisation (IPC, ex-CUCIPhy), il permet aussi de travailler en gestion de projet, relation client etc. Il offre une passerelle vers le parcours IPC en permettant aux étudiants de suivre 3 cours de l'UE d'Ingénierie Commerciale, qui fait partie du tronc commun du parcours IPC (voir p. 36). La validation de ces cours donne lieu à l'obtention d'un Supplément au Diplôme.

Le parcours est ouvert en formation initiale et en alternance, avec un calendrier d'alternance qui permet de passer plus de 37 semaines en entreprise sur 3 périodes. Il comprend 7 Unités d'Enseignement listées dans le tableau 1, qui comportent chacune plusieurs cours. Il propose 2 stages : le Stage de Spécialisation qui dure 6 semaines et le Stage Long qui dure 6 mois, afin de personnaliser la formation au plus près du projet de l'étudiant.

Code UE	Intitulé des UEs du parcours IN	Nb ECTS
4TSN901U	Métrologie, radioprotection, certification	9
4TSN902U	Filières énergétiques et médicales	12
4TPF901U	Anglais	3
4TPF902U	Gestion de projets instrumentaux, Qualité	6
4TPF002U	Spécialisation	6
4TPF004U	Professionnalisation et Stage	18
4TPF005U	Communication Sociale et Management d'Equipes	6
semestre	Intitulé des cours EUR Infinity2	HEQTD
automne	Introduction à l'analyse de données et modélisation	14h CI + 13h TP
printemps	Statistique computationnelle	14h CI + 13h TP
printemps	Les réseaux de neurones pour l'apprentissage supervisé	8h CM + 13,5h TP
automne	Stratégies bayésiennes en data science	18h CI + 6h TP

Table 1: Unités d'Enseignement de l'année de M2 du parcours IN et Cours de l'EUR Infinity2.

Enfin, il est possible aux étudiants non alternants qui le souhaitent de suivre un ou plusieurs cours proposés par l'EUR Infinity2, si l'emploi du temps le permet.

Le présent document décrit le contenu et les modalités d'évaluation de chacune des UEs du parcours IN listées dans le tableau 1.

Métrologie, radioprotection, certification

Semestre:	9	ECTS	9	Code UE	UE 4TSN901U
Évaluation:	CC intégral	Cours	8	Intervenants	8

Objectif: Comprendre les points clés d'une chaîne de mesure en instrumentation nucléaire : détecteur, électronique associée, traitements numériques. Se donner ainsi les moyens d'être force de proposition pour des problématiques de mesure nucléaire, y compris sur du transfert de technologie. Approfondir les particularités de la métrologie des neutrons et de la mesure de basses radioactivités. Acquérir une connaissance pratique et un véritable savoir-faire opérationnel de la radioprotection et de la dosimétrie. Cas d'études, visites de sites, applications de la radioprotection, de la réglementation, des normes. Formation de Personne Compétente en Radioprotection (PCR) et Qualification associée. Appréhender la problématique qualité en mesure nucléaire, en particulier pour la métrologie des neutrons, certification COFRAC.

Contenu: L'UE se décline en 8 cours qui permettent de traiter les différentes problématiques de la métrologie, de la radioprotection et de la certification.

Cours 1. INSTRUMENTATION ET DETECTION

L'objectif de ce cours est de donner aux jeunes physiciens du master une approche de la mesure nucléaire qui recouvre différents points de vue : la détection, la mesure, le traitement du signal, le calcul d'incertitude.

! Ce cours est commun avec le parcours Noyaux, Particules, Univers (NPU)

🎓 F. Gobet, Professeur Université de Bordeaux, équipe IRIBio, LP2iB.

📝 Évaluation : examen écrit - durée 2h

📖 Plan du cours :

I. La mesure et sa barre d'erreur

Lois de probabilité binomiale, poissonienne, gaussienne. L'erreur statistique et sa propagation. Application aux mesures de très faible radioactivité, i.e. problème de la définition du seuil de détection.

II. Les caractéristiques d'une chaîne de mesure

Choix du détecteur, fonction de réponse, résolution en énergie, problème du temps mort.

III. **Chambre à ionisation**

Principe, dimensionnement pour un détecteur à double cylindre, régimes de fonctionnement, théorème de Ramo, étude du signal à l'anode, mise en forme

IV. **Scintillateur**

Principe, scintillateurs organiques et inorganiques, photocathode et photomultiplicateur, étude du signal à l'anode, mise en forme

V. **Semi-conducteur**

Principe, semi-conducteur intrinsèque, extrinsèque, longueur de déplétion d'une jonction, technologies Si et Ge

VI. **Bolomètre**

Principe physique, contraintes en termes de cryogénie.

VII. **Propagation du signal dans les câbles**

Adaptation d'impédance pour des signaux impulsionnels

En fonction du projet professionnel et de la demande spécifique des étudiants, le cours peut aller jusqu'à présenter quelques éléments de traitement et acquisition du signal, préamplification, amplification, ADC, TDC...

Cours 2. RADIOPROTECTION

Le but de ce cours est de présenter les grandes thématiques de la radioprotection, depuis les effets biologiques jusqu'à la réglementation. Il s'agit également de donner à l'étudiant(e) un savoir-faire opérationnel par une approche pratique de la radioprotection : zonage, fiches de postes, transport, gestion des déchets... Le rôle de la Personne Compétente en radioprotection (PCR) est également présenté.

 S. Roudeau, Ingénieur de recherche CNRS, équipe ICS, LP2iB

 Évaluation : Qualification PCR - examen écrit + note de suivi

 Visite de la Plateforme AIFIRA, LP2iB

 Module pratique : utilisation d'un parc d'appareils de radioprotection pour le contrôle d'une installation

 Plan du cours :

Rappels sur la radioactivité

Présentation de la radioprotection : historique, démarche Alara et objectifs de la radioprotection

- Rappels sur l'interaction rayonnement matière et conséquences directes pour la radioprotection** : particules chargées lourdes, légères, rayonnements électromagnétiques, neutrons
- Grandeurs opérationnelles et de protection en radioprotection** : relations entre grandeurs dosimétriques et physiques, dose, dose équivalente, dose efficace, équivalents de dose, exposition externe et interne, dose par unité d'incorporation, dose collective
- Principes de protection contre l'exposition externe** : durée, distance blindage, estimation et calcul du débit de dose d'une source radioactive
- Principes de protection contre l'exposition interne** : mécanisme d'exposition interne, protections collectives et individuelles, estimation et calcul de la dose efficace engagée, facteurs déterminants
- Contamination et décontamination** : définition, réactifs et protocoles
- Déchets radioactifs** : typologie, classement et filières (décroissance, ANDRA)
- Les sources d'exposition aux rayonnements ionisants** : origine naturelle et artificielle, niveau moyen d'exposition
- La détection des rayonnements** : grandeurs mesurées, types de détecteurs, exemples d'appareils utilisés en radioprotection
- Les effets biologiques des rayonnements ionisants** : effets à l'échelle moléculaire et réponses cellulaires, effets déterministes et stochastiques, limites d'exposition, exemples d'accidents, études épidémiologiques
- La réglementation** : instances internationales et nationales, références réglementaires (code du travail, de la santé, environnement, défense), autorisation ASN, aptitude médicale, fiche d'exposition individuelle, formation, dosimétrie, limites d'exposition, zonage
- Transport de matières radioactives** : réglementation ADR et IATA, type d'emballage et colis, principe de classement et codification des colis radioactifs, marquage et étiquetage
- Rôle de la personne compétente en radioprotection (PCR)
- Contrôles réglementaires** : référentiel réglementaire, sources de rayonnements ionisants, organisation de la radioprotection, instruments de mesure et de sécurité

Cours 3. FORMATION INITIALE DE PERSONNE COMPETENTE EN RADIO-PROTECTION « SECTEUR INDUSTRIE ET RECHERCHE »

Le cours est constitué de deux parties : un module théorique sur les principes et la réglementation et un module pratique qui vise à rendre compte de situations concrètes dans les secteurs concernés. Il s'appuie notamment sur le cours de radioprotection précédemment traité.

! Ce cours débouche sur l'obtention de la qualification de Personne Compétente en Radioprotection (PCR).

🎓 L. Masson, Ingénieur/gérant, Société de radioprotection PROGRAY - formation, contrôle, assistance

📝 Évaluation : Qualification PCR niveau II

⚠️ Module Pratique : mise en situation pour acquérir les bonnes pratiques

📖 Plan du cours :

I. **Module théorique** : relatif aux principes de la radioprotection et à la réglementation en matière de radioprotection.

L'enseignement dispensé au candidat doit lui permettre de connaître et d'être apte à expliquer ou mettre en œuvre les principes de radioprotection et d'appliquer les dispositions prévues par la réglementation. L'enseignement du module théorique comprend les trois unités suivantes :

Unité 1. Rayonnements ionisants et effets biologiques

- Les phénomènes liés à la radioactivité et aux rayonnements d'origines électriques.
- L'interaction des rayonnements avec la matière.
- Les effets biologiques des rayonnements.
- Les sources d'exposition pour l'homme.

Unité 2. Radioprotection des travailleurs, principes, moyens de protection et de contrôle

- La protection contre l'exposition externe.
- La protection contre l'exposition interne.
- La détection des rayonnements.

Unité 3. Réglementation

- La réglementation nationale relative à la détention et à l'usage de source de rayonnements et à la protection des travailleurs.
- Les principes de la radioprotection : la justification, l'optimisation et la limitation.
- La réglementation relative à la protection des travailleurs.
- Le rôle et les interlocuteurs de la personne compétente en radioprotection et/ou du service compétent en radioprotection.

II. **Module pratique** : adapté à la nature des sources de rayonnements utilisées dans le secteur concerné.

Détention et gestion de sources radioactives scellées, d'appareils électriques émettant des rayons X et d'accélérateurs de particules. Ce module doit permettre au candidat d'appliquer les acquis de la formation théorique à des situations concrètes de travail susceptibles d'être rencontrées dans chacun des secteurs précités.

Ce module comporte des travaux dirigés et au moins une mise en situation, permettant au candidat d'acquérir les bonnes pratiques :

- Effectuer des calculs de débit de dose et de protection.
- Expliquer et estimer les risques liés aux appareils contenant des sources radioactives scellées et appareils électriques émettant des rayons X.
- Réaliser une analyse de poste de travail.
- Etablir le zonage d'une installation type.
- Utiliser les appareils de détection des rayonnements ionisants en fonction des situations rencontrées.
- Savoir gérer une situation radiologique dégradée ou accidentelle.
- Mettre en œuvre les contrôles internes de radioprotection.

Cours 4 : DOSIMÉTRIE

Il s'agit dans ce cours de faire le point sur l'instrumentation et les différents procédés utilisés en dosimétrie passive et opérationnelle.

 A. Daube, Ingénieur Radioprotection, CNPE du Blayais, Service Prévention des Risques

 Plan du cours :

I. Introduction

Définitions, Rappel des grandeurs dosimétriques (grandeurs physiques, grandeurs de protection, grandeurs opérationnelles)

II. La dosimétrie passive

Le film photographique

La radiophotoluminescence (RPL)

La thermoluminescence (TLD)

La luminescence stimulée optiquement (OSL)

Les détecteurs solides de traces nucléaires (DSTN)

III. Le fonctionnement d'un organisme agréé

aspects règlementaires (technique, qualité)

IV. SISERI

rôle, les acteurs et leurs rôles

Cours 5 : MÉTROLOGIE DES NEUTRONS

Le cours « Métrologie des neutrons » propose de faire le tour des aspects relatifs à la métrologie des neutrons, depuis son organisation au niveau national et mondial, jusqu'aux applications en dosimétrie des neutrons aux postes de travail.

 R. Babut, Ingénieur-chercheur, IRSN, Laboratoire de métrologie et de dosimétrie des neutrons (LMDN)

 Plan du cours :

I. Historique, organisation et méthodologie

Ce chapitre débute par un historique de la métrologie depuis la fin du 18^{ème} siècle à nos jours, avec la mise en place des grandeurs du système international d'unités ainsi que les unités de mesure pour les rayonnements ionisants. Une présentation générale de l'organisation de la métrologie au niveau national (Laboratoire National de Métrologie et d'Essais : LNE) et mondial (Bureau International de Poids et Mesures : BIPM) est effectuée. Sont abordées en particulier la métrologie des neutrons, déléguée au laboratoire associé LNE-IRSN LMDN (Laboratoire de Métrologie et de Dosimétrie des Neutrons) et la méthode générale de définition des références neutroniques. Les différents types de champs neutroniques d'étalonnage (champs de référence) et les installations existantes au niveau mondial sont ensuite présentés. Pour terminer, la méthodologie générale de l'étalonnage d'un appareil dans un laboratoire primaire est décrite.

II. Métrologie des neutrons

Il s'agit de traiter, d'une part, des origines des champs neutroniques, naturels ou artificiels, avec des applications industrielles et médicales mais aussi en science et en recherche. D'autre part, un recensement des champs neutroniques émergents est présenté, où les neutrons sont principalement issus de réactions secondaires, notamment dans les domaines de la hadronthérapie ou de la fusion thermonucléaire.

III. Caractérisation des champs neutroniques

Nous présentons la caractérisation par spectrométrie (mesure de la fluence en fonction de l'énergie), dans le cadre de besoins métrologiques ou dosimétriques. La notion de fonction de réponse et de caractérisation des instruments de référence est introduite. Les différentes méthodes de spectrométrie des neutrons et les spectromètres associés sont ensuite passés en revue, le tout illustré par quelques exemples pratiques issus du LNE-IRSN.

IV. Les spectromètres à sphères de Bonner

Sont abordés les aspects liés à la mesure, l'analyse et la déconvolution des données

acquises avec ce type de spectromètre.

Cours 6 : FAIBLES RADIOACTIVITÉ ET ENVIRONNEMENT

Ce cours porte sur la radioactivité dans l'environnement et les techniques de mesures associées.

🎓 F. Perrot, Maître de Conférences Université de Bordeaux, équipe NEMO - Neutrino et Faibles Radioactivités, LP2iB

🌐 visite de la plateforme PRISNA (Plateforme Régionale de Spectrométrie Nucléaire en Aquitaine) du LP2iB et illustré par la mesure en ligne d'échantillons d'intérêt environnemental (sédiments, etc.) par spectrométrie gamma bas bruit de fond.

📖 Contenu du cours : • Origines de la radioactivité (primordiale, cosmogénique, artificielle) • Spécificités de la spectrométrie gamma bas bruit de fond avec des détecteurs semi-conducteurs au Germanium • Origine du Radon et techniques de mesure associées (dosimétrie, spectrométrie alpha et gamma) • Techniques de mesure des radionucléides émetteurs bêta purs

Cours 7 : QUALITÉ DANS LE SECTEUR DU NUCLÉAIRE

Le cours de Qualité (UE 4TPF902U) est complété par une contextualisation des concepts et de leurs applications dans le secteur particulier de l'industrie nucléaire, où la sûreté est au cœur de toute activité et intervention.

🎓 S. Belin et B. Chapel, Ingénieurs Qualité au CEA-CESTA

📝 Évaluation : examen écrit - durée 1h

📖 Contenu du cours :

- Le contexte du nucléaire
 - o Référentiels : code de l'environnement, arrêté INB et INBS o Norme ISO 19443 o Vocabulaire : SMI, AIP, EIP, AIS, EIS, IPSN, CFS. . .
- Le contexte lié à l'organisme
- Notion de Leadership
- Planification
- Support

- Réalisation des activités opérationnelles
 - Évaluation des performances et amélioration
 - CEFRI
-

Cours 8 : MÉTROLOGIE ET CERTIFICATION

Etre capable d'appréhender les problèmes et contraintes de l'utilisation d'instruments de mesures et estimer l'incertitude de mesure.

 D. Caillé, entrepreneur entreprise CEMAM Aquitaine

 Plan du cours :

- Historique du système international d'unités (SI), définition des unités de bases, principales normes et vocabulaire de métrologie.
- Organisation en métrologie.
- Métrologie en entreprise, fonction métrologie.
- Raccordement des instruments de mesures.
- Comparaison entre étalonnage et vérification.
- Rappel de statistique.
- Mise en place d'un calcul d'incertitude.
- Traitement des erreurs de mesures.
- Prise en compte de la dérive des instruments (pérennité).
- Corrélation des mesures.

Filières énergétique et médicale

Semestre:	9	ECTS	12	Code UE	UE 4TSN902U
Évaluation:	CC intégral	Cours	8	Intervenants	9

Objectif: Comprendre les enjeux et applications du Nucléaire dans deux secteurs phares de la radioprotection et de la mesure nucléaire : la production d'énergie et le médical. Être capable de les aborder avec le recul de la démarche ingénieur, pour ouvrir son évolution de carrière présente et future, pour se donner les moyens d'être force de proposition dans l'entreprise dans des contextes variés et complexes. Saisir, pour ces deux secteurs d'activité, les spécificités et les complémentarités des approches en radioprotection, interaction rayonnement-matière (y compris rayonnement-vivant), simulation (Monte Carlo, MCNP...), sûreté : cycle électronucléaire, déchets, protection des personnels, démantèlement. Être capable de comprendre les attentes et contraintes d'un appel d'offres et d'y répondre. Des visites de sites industriels et médicaux viennent compléter cette approche.

Contenu: L'UE contient 8 cours qui permettent d'aborder les secteurs d'activités industriel et médical sous différents aspects.

Cours 1: PHYSIQUE DES REACTEURS : GENERALITES, RAPPELS SUR LA FISSION ET LA NEUTRONIQUE

Ce cours présente le fonctionnement des réacteurs, les divers types, le choix des Réacteurs à Eau Pressurisée (REP), les paliers technologiques français jusqu'à l'EPR, les enjeux pour l'avenir. Il donne également une présentation générale du cycle électronucléaire (des mines aux déchets).

 M. Aiche, Maître de Conférences Université de Bordeaux, équipe ACEN, LP2iB.

 Évaluation : examen écrit - durée 2h

 Plan du cours :

I. Introduction générale

Pourquoi reparle-t-on aujourd'hui de l'énergie ? Contexte général, Unités usuelles, Définitions dans le secteur de l'énergétique, Electronucléaire : principe de production

- II. **Atome**
Définitions fondamentales Constituant de l'atome, Le noyau atomique, Elément chimique, Le nucléide, Les isotopes, Abondance isotopique, Le neutron
- III. **Stabilité des nucléides**
Rayon et densité nucléaire, Forces en présence dans le noyau, Stabilité et instabilité du noyau
- IV. **Instabilité et radioactivité nucléaire** Principaux rayonnements, Lois de l'évolution d'une substance radioactive
- V. **Masse et énergie du noyau**
Unité de masse atomique, Excès de masse, Energie de liaison, Réactions nucléaires et lois de conservation, Chaleur de réaction, Bilans énergétiques, Energie de séparation
- VI. **Interaction neutron-matière**
Spécificité du neutron, Interactions neutron-noyau, Diffusion et ralentissement des neutrons, Absorption, Les sources neutrons pour les réacteurs
- VII. **Notion de Sections efficaces**
Définition d'un flux, Section efficace microscopique, Section efficace macroscopique, Additivité des sections efficaces, Le libre parcours moyen, Morphologie des sections efficaces neutroniques, Les états résonnants, Comportement au seuil d'émission de neutrons, La région du continuum
- VIII. **Le processus de fission**
La barrière de fission, Distribution en masse des fragments de fission, Energie cinétique des fragments, Emission de neutrons par les fragments de fission – neutrons retardés, Compétition entre fission et capture
- IX. **Introduction aux réacteurs nucléaires**
Les différentes filières de réacteurs, Le combustible nucléaire, Les composantes du combustible REP, Céramique nucléaire, MASTilles, Crayons et assemblage, Désactivation du combustible usé, Principe des réacteurs, Facteurs de multiplication, Energie récupérable, Notions sur le pilotage d'un réacteur
- X. **Aval du cycle du combustible**
Le devenir d'un combustible irradié, La gestion des déchets radioactifs, Transmutation dans les réacteurs, Les besoins en données nucléaires
- XI. **Les systèmes du futur**
Les réacteurs hybrides, Etudes de cycles de combustible innovants, Les réacteurs de génération IV.

Cours 2 : INSTRUMENTATION NUCLEAIRE DEDIEE A LA PRODUCTION D'ELECTRICITE

L'objectif de ce cours est d'appréhender la place des instruments de mesure nucléaire dans le fonctionnement général des réacteurs à eau sous pression d'EDF en abordant successivement les différents types de réacteurs et leur fonctionnement, les grands principes de sûreté nucléaire, la structure et l'organisation de l'ingénierie en France et à l'international, les fonctions principales de l'instrumentation nucléaire et enfin l'organisation de l'industrie de l'instrumentation nucléaire.

 V. Nénert, Directeur de projet, entreprise INGEROP Conseil & Ingénierie

 Évaluation : A l'issue du cours, les étudiants traitent en équipe une étude de cas, qui consiste à répondre à un appel d'offre d'un industriel du secteur nucléaire, par une proposition commerciale argumentée et chiffrée décrivant les choix d'instrumentation et les solutions techniques prévues.

 Bibliographie :

- AIEA. (2012). Sûreté des centrales nucléaires : conception. AIEA.
- Bernard, J. (2008). Energie Nucléaire - Les réacteurs électrogènes - Génie Energétique. Ellipses.
- Grand, H. (2014). Physique, Fonctionnement et sûreté des REP. EDP Sciences.
- Lyoussi, A. (2010). Détection des rayonnements et Instrumentation Nucléaire. EDP Sciences.
- Marey, G. (2014). Radioactivité - Radioprotection. Ellipses.
- Paulin, P. (2008). L'exploitation des cœurs REP. EDP Sciences.
- Reuss, P. (2007). L'épopée de l'énergie nucléaire - Une histoire scientifique et industrielle. EDP Sciences.

 Plan du cours :

I. Réacteurs et Fonctionnement

- Les filières nucléaires ● Les réacteurs à eau pressurisée ● Fusion thermonucléaire et neutronique ● Fonctionnement Normal ● Variation de puissance et pilotage ● Démarrage en approche sous-critique ● Pilotage d'une tranche ● Fonctionnement Accidentel

II. Sûreté Nucléaire

- Règlementation et Organisation ● Principes généraux ● Concept de défense en

profondeur • Facteur Organisationnel et Humains • Etude Probabiliste de sûreté • Essais périodiques • Qualifications des matériels

III. Ingénierie

• Organisation de l'ingénierie nucléaire Française • Phase de conception d'un réacteur nucléaire • La place de l'ingénieur en instrumentation nucléaire (missions, fonctions et responsabilités)

IV. Instrumentation Nucléaire

• Rappel en Détection des Rayonnements et électronique associée • Instrumentation Nucléaire pour le fonctionnement des réacteurs • Mesure neutronique du cœur • Détection des fuites primaires/secondaires • Instrumentation Nucléaire pour la radioprotection • Dose et protections biologiques • Mise en œuvre de la radioprotection de terrain

V. Industrie de l'Instrumentation Nucléaire

• Les forces en présence • La recherche et développement • Les business-model qui fonctionnent

Cours 3 : DÉMANTÈLEMENT NUCLÉAIRE

Ce cours vient en complément du cours de Physique des réacteurs pour donner un approfondissement sur les problématiques du démantèlement. Il s'agit de donner une approche sur ce secteur d'activité dans l'industrie nucléaire française. Le cours s'appuie sur les conditions réelles de travail présentes sur un chantier de démantèlement.

 T. Comin, Ingénieur responsable radioprotection, CEA Saclay.

 Évaluation : Une étude de cas sera donnée aux étudiants à la fin de ce cours pour qu'ils puissent développer la démarche d'un ingénieur confronté à des problématiques rencontrées sur un chantier de démantèlement.

 Le cours est orienté selon deux axes principaux :

- I. Le démantèlement en général, la description des postes et des tâches que l'on trouve sur un chantier ainsi que l'organisation mise en place sur un chantier de travail.
- II. La radioprotection sur un chantier de démantèlement, les dispositifs de protection radiologique et les missions d'un ingénieur en radioprotection sur un chantier nucléaire.

Cours 4 : SIMULATION NUMERIQUE : TRANSPORT MONTE CARLO DANS UNE GEOMETRIE 3D - POINT DE VUE MCNP

L'objet de ce cours est de sensibiliser les étudiants du Master Instrumentation Nucléaire aux calculs de type Monte-Carlo dans une géométrie en 3D, au travers de l'utilisation du code MCNP. L'objectif est de permettre aux étudiants qui souhaitent s'orienter vers la simulation dans le domaine du nucléaire d'être déjà familiers avec le fonctionnement du code et le jargon associé. Le support de cours est basé sur le manuel de l'utilisateur et se présente comme un guide succinct à l'attention du débutant.

Bibliographie :

- MCNP6 – LA-CP-13-00634 LANL May 2013

Contenu du cours :

1. Introduction à la méthode Monte-Carlo
2. La méthode Monte-Carlo dans MCNP
3. Structure du code et architecture informatique
4. Structure des fichiers de calcul entrée/sortie
5. Approche de calcul et validité statistique d'un résultat
6. Introduction aux fonctionnalités avancées du code
7. Modélisation 3D d'une géométrie et visualisation dans MCNP

Cours 5 : BIO-PHYSIQUE – EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS IONISANTS SUR LE VIVANT

L'objectif de ce cours est d'apporter aux jeunes physiciens du Master les informations et définitions nécessaires à la compréhension des effets biologiques induits par les rayonnements ionisants. Cet enseignement vient en complément des enseignements liés à l'interaction rayonnement-matière et à la radioprotection. Les thématiques principales sont les suivantes : rayonnements ionisants, radiobiologie, Bio-physique, effets sur le cancer, dose et plus spécifiquement faible dose.

 F. Ralite, Physicien médical, Institut Bergonié, Bordeaux

 Évaluation : examen écrit - durée 1h

 Plan du cours :

1. Introduction à la radiobiologie, aspect historique
 2. Interactions des rayonnements ionisants sur le vivant
 3. Rappels, définitions et descriptions des différents types de rayonnements ionisants
 4. Définition des unités physiques et biologiques
 5. Définition et notion de « Dose »
 6. Les sources d'expositions et l'Homme
 7. Définition du Vivant : caractéristiques biologiques, de la cellule à l'organisme (cycle cellulaire, réparation de l'ADN/mutations, cancers,...)
 8. Introduction à la biologie du cancer et sa relation aux expositions aux rayonnements ionisants
 9. Introduction aux différentes lois/principes de la radiobiologie («dogme classique»)
 10. Les effets biologiques radio-induits à faible dose – données actuelles
-

Cours 6 : IMAGERIE MEDICALE A PARTIR DES RAYONNEMENTS X ET GAMMA

L'imagerie à l'aide de rayons X occupe une place importante en imagerie médicale et la part liée à l'imagerie en coupes (tomodensitométrie ; TDM) ne cesse d'augmenter. A côté de cette imagerie dite morphologique ou anatomique, un autre moyen d'imagerie par rayonnements ionisants est basé sur l'utilisation de radio-isotopes émetteurs de rayonnement (γ , ou β^+ suivie d'annihilation). Cette imagerie réalisée dans les services de médecine nucléaire, à l'aide de molécules radiomarquées (radio-pharmaceutiques) est qualifiée d'imagerie fonctionnelle ou métabolique. De manière intéressante, les 2 moyens d'imagerie, anatomique et fonctionnelle, peuvent être maintenant associés, grâce à des instruments hybrides permettant une imagerie multimodale.

 S. Buj, Physicien médical, Haut Lévêque

 visite du service de médecine nucléaire du Groupe Hospitalier Sud -Hôpital Haut-Lévêque, Pessac

 Contenu du cours :

- Rappel sur la production des rayons X : le tube de Coolidge
 - Rappel sur les interactions des rayonnements électromagnétiques dans la matière
 - Radiographie plane analogique et numérique
 - Tomodensitométrie « TDM »
-

Cours 7 : RADIOTHERAPIE - PHYSIQUE MEDICALE

Ce cours présente les principaux processus relatifs à la délivrance d'un traitement par radiothérapie externe. Quelques notions de radiobiologie sont rappelées ainsi que les principes de justification et d'optimisation des doses délivrées aux patients. La problématique est abordée sous des points de vue complémentaires : interaction rayonnement-vivant, radiobiologie, métrologie, simulation, instrumentation, radioprotection. Le processus clinique inclut l'acquisition des modalités d'imagerie qui permettent d'établir la balistique de faisceaux (IRM, scanner, TEP-TDM...). Les différents types d'accélérateurs linéaires d'électrons médicaux sont présentés, ainsi que les particules utilisées, leur gamme d'énergie et de débit. Les systèmes informatiques de simulation (système de planification de traitement) des dépôts de dose sont également abordés. Enfin, les problématiques de radioprotection et de gestion des déchets sont explicitées : collecte, tri, stockage, identification et élimination conformément à la législation en vigueur.

 J. Caron, Physicien médical, PCR, Département de Radiothérapie, Institut Bergonié, Bordeaux

 Évaluation : examen écrit - durée 1h

 visite des installations des plateaux techniques de radiothérapie externe et de médecine nucléaire de l'Institut Bergonié, Bordeaux

 Plan du cours :

I. **Traitement par radiothérapie externe**

principe et instrumentation associée

II. **Planification de traitement**

- Contourage des organes à risque et des volumes cibles par les radiothérapeutes - Technique de traitement avec définition optimale des faisceaux de traitement (balistique) réalisée par le physicien médical - Algorithmes utilisés pour le calcul de ces dépôts d'énergie (correction d'hétérogénéités) - Contrôle de qualité des plans de traitement validés conjointement par le radiothérapeute et le physicien - Contrôle technique des paramètres géométriques et dosimétriques des appareils de traitement (métrologie des faisceaux) - instrumentation utilisée : chambres d'ionisation, diodes, détecteurs thermo-luminescents ou OSL, films argentiques ou gafchromiques, détecteurs plans ou 2D/3D.

III. **Radioprotection et gestion des effluents et des déchets radioactifs en milieu hospitalier**

- Origine (sources non scellées) et forme physico-chimique des déchets - Risques

encourus (contamination externe, interne par inhalation, ingestion. . .) - Personnel concerné et secteurs où ces déchets sont produits : laboratoires, chambres de radiothérapie interne, médecine nucléaire, blocs opératoires - Règles générales de stockage et d'élimination (décroissance in situ ou ANDRA), mesures de sécurité associées - Matériel de détection (radiamètres, contaminamètres, spectromètres) couramment employé par une unité de radioprotection en milieu hospitalier : les diodes, les chambres d'ionisation pressurisées ou non, les compteurs proportionnels ou Geiger-Muller (GM), les scintillateurs plastique.

Cours 8 : PROTECTION DES PERSONNELS

Ce cours vise à présenter les aspects plus spécifiquement liés à la radioprotection ainsi que les dispositions prévues par la réglementation dans les secteurs de l'industrie et du médical. Cette présentation est approfondie dans l'UE « Métrologie, radioprotection, certification », dans laquelle le plan détaillé de l'ensemble de ce cours est donné. Ce cours débouche sur l'obtention de la qualification de Personne Compétente en radioprotection.

 L. Masson, Ingénieur/gérant, Société de radioprotection PROGRAY - formation, contrôle, assistance.

 Évaluation : sous partie de la qualification PCR Niveau II

Anglais

Semestre:	9	ECTS	3	Code UE	UE 4TPF901U
Évaluation:	CC intégral	Cours	7	Intervenants	1

Objectif: Maîtriser une seconde langue universelle et indispensable dans les métiers de cadre au niveau national et/ou international dans les domaines de l'ingénierie et de la recherche scientifique.

Obtenir le TOEIC niveau B1 minimum.

Contenu: L'objectif de l'enseignement d'Anglais en Master 2 Instrumentation est d'acquérir une maîtrise de l'anglais à l'écrit et l'oral afin de :

- Communiquer et participer efficacement dans la communauté scientifique /professionnelle (à ce titre, la soutenance du stage de spécialisation s'effectue en Anglais et la qualité de l'expression orale scientifique et technique y est également évaluée).
- Assurer un niveau de compétence langagière suffisant pour assurer une bonne intégration lors d'un stage dans un environnement international

En pratique, il s'agit de :

- Consolider les acquis grammaticaux
- Elargir le champ lexical
- Approfondir la compréhension écrite et orale
- Améliorer la prise de parole dans un contexte professionnel

Le test TOEIC est passé par tous les étudiants en janvier. Il est indispensable pour valider le master d'atteindre un niveau B1 minimum (TOEIC 550 pts).

 J. Lewis, Maître de Conférences Université de Bordeaux, Département Lettres Langues et Communication (DLLC) Certains enseignements bénéficient de l'encadrement de lecteurs du DLLC.

 Évaluation : note TOEIC, soutenances en anglais

Gestion de Projets Instrumentaux, Qualité

Semestre:	9	ECTS	6	Code UE	UE 4TPF902U
Évaluation:	CC intégral	Cours	3	Intervenants	~10

Objectif: Apprendre à manager un projet scientifique dans toutes ses dimensions (techniques, financières, organisationnelles). Faire découvrir l'environnement du transfert de technologie et apprivoiser la notion de "risque". Maîtriser la démarche qualité dans l'entreprise : normes, réglementations et interrelation des systèmes de management qualité/ environnement/ sécurité. Mettre en application ces compétences en développant un projet instrumental en équipe. Il s'agit d'approfondir son savoir-faire technique et managérial dans le cadre d'un projet instrumental qui implique dans une même équipe de travail des étudiants de M1 et de M2. Identifier les différents points critiques du processus d'acquisition de données, en insistant plus particulièrement sur la transformation du signal physique en données informatiques et sur l'interfaçage système physique-ordinateur.

Contenu: L'UE s'organise autour de 3 thèmes qui permettent de traiter les points clés de la gestion de projets et de la qualité.

! Cette UE est commune avec le parcours IPC (ex-CUCIPhy)

Cours 1 : MISE EN PLACE D'UN SYSTÈME DE MANAGEMENT DE LA QUALITÉ (SMQ)

 S. Belin et B. Chapel, Ingénieurs Qualité au CEA/CESTA

 Évaluation : examen écrit - 1h

 Plan du cours :

- I. Présentation et introduction sur la qualité (de l'assurance qualité à la nouvelle qualité)
- II. Introduction d'éléments de langage (approche processus, SMQ, les 7 principes du management de la qualité, Les outils de la qualité, Le PDCA, l'approche par les risques...)
- III. Les outils de la qualité (5 pourquoi, 5S, AMDEC, PDCA, PESTEL, SWOT ...)

- IV. Compréhension de l'organisme et de son contexte (enjeux, parties intéressées, définir un SMQ)
- V. Leadership (manager/leader, engagement de la direction, orientation client, politique, rôles et responsabilités)
- VI. Planification (Risques & Opportunités, objectif qualité, modification)
- VII. Support (RH, infrastructure, environnement de travail, ESM, traçabilité, connaissance organisationnelle, compétence, sensibilisation, communication, information documentées)
- VIII. Réalisation des activités opérationnelles (exigences, conception et développement, sous-traitance, production et prestation de services, libération du produit, NC)
- IX. Evaluation des performances et amélioration (surveillance, mesure, satisfaction client, audit, revue de direction, NC, amélioration continue)
- X. Récapitulatif des points importants, des normes utiles, sites utiles. . .

Cours 2 : GESTION DE PROJETS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

Les enseignements de cette UE abordent les concepts, les principes et les méthodes de pilotage projet en les recontextualisant aux évolutions fortes des normes managériales et de l'emploi du numérique, dans le but d'appréhender l'orientation des pratiques vers le collaboratif et l'adaptabilité permanente.

La sensibilisation aux principales sources d'échec du projet et de mise en dérive de la performance est notamment abordée afin d'amorcer l'émergence d'une culture et d'une compétence managériale à la gestion du risque et de l'incertitude.

Les enseignements mettent l'accent sur les 3 champs de réflexion, de compétences et d'engagements que constituent dorénavant la culture projet, à savoir :

- 1. la culture instrumentale, telle que référencée classiquement par les normes, les référentiels de pratiques comme le PMBook du PMI et l'approche processus, où l'étudiant se voit présenter les scénarii d'intégration, de mise en œuvre et de coordination des modèles et outils indispensables au pilotage projet tout au long de son cycle de vie, depuis l'idée jusqu'à terminaison et extinction des obligations contractuelles ou normatives inhérentes ; (Session de 3h00)*
- 2. l'animation d'équipe, à visée d'engagement et de mobilisation des équipes, de formalisation de la vision et de la stratégie de valorisation de l'autonomie, de l'engagement responsable (portefort) et du développement d'une aptitude au leadership ; (Session de 3h00)*

3. *la conduite du changement, pour élément de management et de régulation de l'incertitude et de l'innovation tout au long du projet (Session de 3h00)*

Conclure la session sur une démarche qui puise ses fondements dans l'échange d'expérience et la mise en œuvre d'une communication dialogique guidée. La méthodologie engage un travail d'exploration, de discernement et de confrontation des étudiants au sens du projet. Les objectifs généraux se déclinent comme suit :

- Préparer les étudiants à occuper les différents rôles qu'un manager peut être amené à tenir dans un projet, complexe ou non ;*
- Fournir aux étudiants les connaissances, les méthodes et les grands traits de posture pour qu'ils soient opérationnels dans le rôle de Chef de projet ou de Responsable de lot ;*
- Faire émerger chez les étudiants une capacité à l'analyse critique, à l'agilité décisionnelle et opérationnelle ;*

 P.H. Fromentin, ingénieur CEA/CESTA

 Évaluation : examen écrit - durée 1h

 Bibliographie :

- « Management de projet » - Editions AFNOR
- « Guide du référentiel des connaissances en gestion de projet » : le guide officiel du Project Management Body of knowledge (PMOBK) du PMI, Dernière édition
- « Culture du contrat et conduite du projet » par Dominique Tack, 2011, Edition Je Publie
- « Les secrets de la conduite de projet » par Alain Fernandez – Editions d'organisation (Groupe Eyrolles).
- « MARKETING INDUSTRIEL » par MICHEL SALLE et VALLA Editions ECONOMICA
- « PROJETS ET QUALITE TOTALE » par LEMAITRE Editeur : Institut LEMAITRE - PARIS
- « La gestion de projet » par Roger Aim – Gualino Editeur
- « Ingénierie et intégration des systèmes » par Meinadier – Newton Square Project Management Institute.
- « Amélioration des performances par l'analyse de la valeur » - Gilles Lasnier – Hermès – LAVOISIER.

– « Pratique de l'analyse fonctionnelle » - Robert Tassinari – 4° édition DUNOD.

 Plan du cours :

I. L'ajustement au besoin

- Contextualisation, enjeux, culture et normes associées, la symbolique projet, la chaîne de valeur de Porter (valeur ajoutée, perçue et d'usage), taille critique versus innovation, le writestorming

II. Au niveau haut d'appréhension

- Phases précontractuelle, phase contractuelle, l'approche par processus, les champs de compétences associées, la notion de performance et d'exigences clefs (KPI), les principales sources d'échec, de non-conformité et de dérive, le synopsis projet et le cycle de vie, l'analyse de la valeur, l'optimum parétien et le point de contre-production, les pathologies du projet, l'expression de besoin, la conduite de changement et la courbe de deuil

- III. Manager le contenu du projet** • L'obligation et sa matérialisation, le contrat et le cahier des charges, le référentiel projet et sa gestion documentaire, la revue de contrat, le jeu des partenariats (cotraitance et sous-traitance), le re-use/benchmark/-make/team/buy/RID, l'analyse stratégique (SWOT, Silver Bullet), la notion de stratégie émergente, les objectifs (SMARTer, KISS, Rasoir d'Ockham), la revue Kick-off Meeting, la revue de lancement, l'organisation (QQOQCCP), la cartographie des compétences clefs, l'analyse causale (règle des 5 pourquoi), la note de cadrage, la charte projet, la matrice de traçabilité, optimiser versus maximiser

IV. Les lots de travaux

- OBS et WBS, la fiche de lot, les livrables, le cycle en V, les modalités d'évaluation des livrables, la Dream Team en projet, la matrice de conformité

V. Les échéances et les tâches

- Le PDCA, la notion de feuille de route, notion de phases/jalons et étapes, échéancier, planning directeur et détaillé, PERT, GANTT, le planning et le rétro-planning, la méthode des 3 points de vue, planification versus planification adaptative, chemin critique versus chaîne critique, les pathologies managériales, l'analyse des retards

VI. Le budget

- La constitution du prix et les 8 modalités de pilotage induites, les étages de budgétisation, le devis global et analytique, la trésorerie et sa gestion

VII. Piloter ou conduire

- La gestion des risques, différenciation entre risque, opportunité, gisement, peur et aléa, processus de traitement, valorisation et budgétisation des risques, stratégie de

traitement, le plan d'action, les outils de gestion (Diagramme Ishikawa - construire et utiliser les 5M, du 5M au 7M)

VIII. **Réaliser et piloter**

- Le mythe du tout contrôle, la matrice de conformité, les indicateurs, notion de tableau de bord, construire le tableau de bord, la courbe en S et le diagramme temps/temps, le tableau de bord outil de communication, les plans d'action en correction, en prévention et en précaution, mettre la mémoire dans les processus (main courante et livre blanc), notion de revue de pairs, tenir conseil, processus de traitement des litiges clients, l'amélioration continue

IX. **Clore le projet**

- L'audit, le solde de tous comptes, le bilan de fin de projet, la capitalisation, le retour sur expérience (RETEX)

Cours 3 : PROJETS INSTRUMENTAUX

Il s'agit de développer en autonomie un dispositif expérimental répondant à une problématique de mesure physique. Le travail est effectué en équipe de 3 à 4 étudiants de 1ère et de 2ème année de Master, qui gèrent la totalité du projet, de la conception à la réalisation expérimentale en passant par le chiffrage financier et l'achat du matériel nécessaire. Différentes étapes jalonnent ce travail : rédaction d'un cahier des charges, dimensionnement du matériel, partage des rôles au sein de l'équipe, réalisation technique.

! Les projets instrumentaux sont également communs avec la promotion de M1 Instrumentation. Les étudiants des 3 promotions de M1, M2 IPC et M2 IN se répartissent en groupes projets.

🎓 Responsable : Yann Louyer, Maître de Conférences Université de Bordeaux, équipe Photonique & Matériaux, Nano-Optics Group, LOMA.

📝 Évaluation : rapport écrit et présentation orale

📖 Modalité du cours :

Le projet se déroule sur des journées dédiées, entre septembre et mars. Il est suivi par un ou plusieurs tuteurs et évalué par un jury. Les points clés sont les suivants :

- Savoir mettre en application ses connaissances théoriques en physique pour dimensionner un banc de mesure
- Savoir gérer un projet en équipe
- Travailler en autonomie sur un montage expérimental

Les thématiques traitées sont les suivantes :

I. Aspect scientifique et technique

Mesure physique, instrumentation, capteurs / détecteurs, chaîne de mesure, signal, traitement du signal, interfaçage, numérisation, acquisition et traitement de données, rayonnements, interaction rayonnement-matière

II. Compétences transverses

Gestion de projet, rédaction d'un cahier des charges, estimation des coûts, travail en équipe

Spécialisation

Semestre:	10	ECTS	6	Code UE	UE 4TPF002U
Évaluation:	CC intégral	Cours	3	Intervenants	-

Objectif: Acquérir une spécialisation (technique, numérique, organisationnelle...) en fonction du métier, de la thématique, du secteur d'activités visé par chaque étudiant dans son projet professionnel. Cet enseignement de spécialisation repose sur des cours complémentaires en calcul, en instrumentation pour la radioprotection, des travaux pratiques, et sur un stage de spécialisation.

Contenu: L'UE comporte 2 cours de spécialisation, et un stage.

! Cette UE est commune avec le parcours IPC (ex-CUCIPhy). Les cours proposés sont néanmoins différents dans les deux parcours.

Cours 1 : SIMULATION MONTE-CARLO AVEC GEANT4

L'enseignement « Formation à l'outil Monte Carlo Geant4 » propose d'initier les étudiants du Master à l'utilisation de l'outil de simulation Monte Carlo généraliste Geant4, qui permet de simuler les interactions des radiations ionisantes avec la matière. Cet outil, en accès entièrement libre à la communauté scientifique, est l'outil de simulation Monte Carlo aujourd'hui le plus utilisé dans le monde (<http://geant4.org>). Il couvre un vaste domaine d'applications, depuis la physique des particules à haute énergie (par ex. boson de Higgs) et la physique nucléaire, vers les applications médicales, spatiales, microélectroniques et archéométriques, à fort potentiel sociétal. La formation alterne des cours combinés avec des exercices pratiques sur machine. Cette combinaison permet de rendre les étudiants rapidement opérationnels à l'utilisation de Geant4, en particulier dans la perspective d'un stage long en entreprise, là où la demande de savoir-faire en modélisation Monte Carlo est grandissante. Les supports de cours sont accessibles aux étudiants au format PDF après la formation. Les étudiants sont accompagnés pour installer cet outil sur leur propre ordinateur personnel et peuvent ainsi continuer à travailler librement avec Geant4 après la formation.

! Ce cours est mutualisé avec le Master Recherche Noyaux Plasmas Univers (NPU).

🎓 P. Barberet, Professeur de l'Université de Bordeaux, équipe Interactions Rayonnements Ionisants et Biologie (iRiBio), LP2iB

✍️ Évaluation : La formation se termine par un examen individuel de deux heures sur machine, durant lequel l'étudiant(e) doit répondre à une question de physique des radiations ionisantes en développant sa propre application Geant4.

🕒 séances de TD Machine.

📖 Bibliographie :

- <http://geant4.in2p3.fr/cours/>

📖 Contenu du cours :

- Introduction Générale à la simulation Monte Carlo
- Introduction à Geant4
- Structure de base de Geant4
- Définir les matériaux
- Construire la géométrie
- Physique électromagnétique « standard »
- Physique électromagnétique de « basse énergie »
- Physique hadronique
- Listes de physique
- Particules primaires
- Processus et particules
- Interface utilisateur
- Documentation
- Application utilisateur
- Les « hooks »
- Rappels sur Linux
- Exemples d'applications
- Mise à jour de Geant4
- L'outil d'analyse de données ROOT

Cours 2 : INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION

Ce cours vise à donner des bases de connaissances théoriques et pratiques concernant les principaux appareils utilisés en Radioprotection. L'objectif est que chaque étudiant puisse avoir une expérience concrète de l'utilisation de ces appareils, basée sur les technologies utilisées, les types d'appareils, les avantages/inconvénients de chacun, les pièges à éviter, etc.

Le cours est axé sur la pratique, avec plusieurs manipulations proposées en cours, ainsi que 2 demi-journées de Travaux Expérimentaux.

🎓 L. Mathieu, PCR au LP2iB, M. Gerbaux, Maître de Conférence à l'Université de Bordeaux, groupe NEX au LP2iB, S. Roudeau, Ingénieur de recherche CNRS, équipe ICS, LP2iB

📝 Évaluation : Compte-rendus de manipulations

🧪 Travaux Expérimentaux :

- Mesures de Radioprotection en sources scellées
- Spectrométrie γ pour l'identification et la quantification d'objets contaminés

📖 Plan du cours :

- Le cours contient un rappel théorique de radioactivité et de radioprotection, suivi des concepts importants pour les appareils de radioprotection : type d'appareil, rayonnement détecté, gamme de mesure (en énergie ou débit de dose), mode de mesure. Avant d'entamer les expériences, des conseils pratiques de Radioprotection sont donnés, suivis d'une présentation des 6 type d'appareils utilisés par la suite, en détaillant pour chacun les concepts présentés précédemment.
- Une partie pratique complète le cours par une série de petites expériences : observation d'un scintillateur et d'un photomultiplicateur, mesure de mouvements propres, tests comparatifs d'appareils, localisation d'une source, observation d'une chambre à brouillard, mesure en environnement radon, mesure d'une source béta-pur, tests distance & écrans. Une attention particulière est apportée pour que chaque étudiant manipule chaque appareil

Cours 2 : STAGE DE SPÉCIALISATION

Le stage de spécialisation, d'une durée de 6 semaines, s'effectue généralement en laboratoire mais dans certains cas peut se dérouler en entreprise. Il s'agit de donner à la formation

de l'étudiant(e) un approfondissement spécifique "à la carte", si nécessaire complètement individualisé, en accord avec son projet professionnel. Il permet à l'étudiant(e) de se démarquer et d'être force de proposition lors de son stage long, de lui donner un atout supplémentaire et original pour se positionner sur le marché du travail. L'objectif est de donner à l'étudiant(e) les moyens d'être opérationnel dès son arrivée en entreprise sur les missions qu'on lui confie. En concertation avec l'équipe pédagogique, l'étudiant(e) identifie les compétences présentes dans les équipes de recherche des laboratoires de l'université en relation avec le secteur d'activité et définit la thématique de formation qu'il devrait approfondir. Il s'insère dans l'équipe choisie pour y acquérir les compétences visées. Confronté à des idées et des problématiques nouvelles de recherche et développement, il apprend ainsi à maîtriser des techniques innovantes et exclusives et à acquérir un savoir-faire opérationnel qui vont lui permettre d'effectuer dans les meilleures conditions les missions demandées dès son arrivée en entreprise lors du stage de fin d'études. Cet apprentissage peut constituer la base d'un transfert de technologie éventuel.

 Évaluation : **soutenance orale en anglais**. Le niveau d'anglais est évalué par un enseignant d'anglais de l'université.

Professionalisation et Stage en entreprise

Semestre: 10 **ECTS** 18 **Code UE** UE 4TPF004U

Évaluation: CC intégral **Cours** - **Intervenants** -

Objectif: Une partie de l'UE est dédiée à la professionnalisation, qui a pour principal objectif de préparer l'étudiant(e) à son entrée dans le monde professionnel en l'accompagnant dans la détermination et éventuellement l'évolution de son projet professionnel et en lui permettant de mettre en valeur ses connaissances et ses compétences en vue de l'obtention d'un poste dans le cadre de simulations d'entretiens d'embauche avec des recruteurs.

Le stage long en fin de cycle de Master Professionnel a pour objectif de mettre à l'épreuve le futur professionnel sur des missions d'ingénieur. Il est le fruit du travail réalisé en amont sur la définition du projet professionnel et l'apprentissage du métier de cadre. Il constitue un lien vers une première embauche.

! Cette UE est commune aux parcours IN et IPC (ex-CUCIPhy).

Contenu:

Cours 1 : PROJET PROFESSIONNEL ET INSERTION

Cet enseignement s'organise avec une progression pédagogique qui vise un double objectif : organiser et optimiser la recherche de stage en entreprise, valoriser les compétences professionnelles, et anticiper la recherche active d'emploi en élargissant son réseau, ses connaissances, en affinant son projet et en démontrant un savoir-faire en situation professionnelle.



- C. Brulatout, Consultante, coach, formatrice en entreprise, Maître de conférences associée (MAST) Université de Bordeaux,
- S. Pams, Responsable d'activités, Ingénieur Conception Mécanique, ARIANE GROUP,
- I. Biarnes-Poulliat Coach en Développement Personnel et Professionnel, Professeur Associé (PAST) Université de Bordeaux

Évaluation : Simulations d'entretiens d'embauche et dissertation.

 Contenu du cours :

I. Professionnalisation

Les étudiants sont appelés à démontrer un comportement de "PEF" (professionnel en formation) : véritables acteurs de leur formation, il leur sera demandé des capacités d'autonomie et de prise d'initiative pour affiner leur connaissance du secteur professionnel. Ils seront accompagnés dans cette démarche d'un point de vue méthodologique. Du point de vue de la communication et de la valorisation des atouts, les thèmes déjà abordés en M1 seront approfondis : communication, projet professionnel (métiers et secteurs), connaissance de soi, développement des soft skills au travers de différents outils, techniques de recherche de stage et d'emploi. L'approfondissement de la connaissance des secteurs visés, le contact avec les entreprises, le travail sur l'image de la formation, la constitution et l'entretien du réseau sont des points clés de cet enseignement et du travail personnel du PEF. Il est demandé à chaque PEF de démontrer son implication tout au long de la recherche de stage. Seront évaluées sa capacité à réinvestir et appliquer les enseignements de communication sociale et projet professionnel, à s'engager dans une véritable démarche d'insertion professionnelle, à se positionner en tant que cadre, à communiquer avec le réseau professionnel et à rendre des comptes à l'équipe pédagogique. Savoir valoriser son action (reporting, présentations orales, soutenance...) est également une compétence à acquérir.

II. Simulations d'entretiens de recrutement

Point d'orgue de la formation, deux journées sont consacrées, juste avant le départ en stage de fin d'études, à des simulations d'entretiens de sélection. L'objectif est de permettre à chaque étudiant(e) de définir et consolider son projet professionnel et d'affûter sa présentation dans le but de faciliter son recrutement. Chaque étudiant(e) postule sur une offre qui correspond à son projet d'insertion en entreprise. Il est évalué par deux recruteurs professionnels, dans une mise en situation qui se veut la plus réaliste possible, sur la base d'une candidature mail (CV, lettre de motivation) suivie d'un entretien. L'entretien est filmé, analysé en direct devant le reste de la promo. Des pistes d'amélioration sont proposées. L'étudiant(e) en fin de formation doit démontrer sa capacité à faire la synthèse de ses atouts personnels et professionnels, des points forts et des originalités de sa formation. Il doit également démontrer sa capacité à mettre en valeur sa candidature et à convaincre.

Cours 2 : STAGE EN ENTREPRISE

Le stage de fin d'études a pour objectif de mettre à l'épreuve le futur professionnel sur des missions d'ingénieur. Il est le fruit du travail réalisé en amont sur la définition du projet

professionnel et l'apprentissage du métier de cadre. Il constitue un lien vers une première embauche.

Il s'agit pour l'étudiant(e) de s'intégrer dans une entreprise pour une durée de 6 mois environ, en tant qu'ingénieur. Le sujet de stage est validé par l'équipe pédagogique, qui s'assure, en concertation avec l'étudiant(e) de l'adéquation des missions prévues avec la formation du master. Ces missions doivent relever d'un niveau cadre ingénieur à bac+5. L'étudiant(e) est suivi par un tuteur industriel et un responsable du master.

L'évaluation se fait à plusieurs niveaux, tout d'abord par un reporting régulier (mensuel) de l'étudiant(e) tout au long du stage ainsi qu'un suivi par l'équipe pédagogique. Est également demandée une évaluation du tuteur industriel de l'implication et du comportement dans les missions confiées. Outre la qualité du travail effectué, un accent particulier est mis sur la capacité de l'étudiant(e) à valoriser son stage et l'année de formation dans la construction de son projet professionnel et sa stratégie d'insertion professionnelle.

✍ Évaluation : rapport et soutenance orale

Communication Sociale et Management d'équipes

Semestre:	10	ECTS	6	Code UE	UE 4TPF005U
Évaluation:	CC intégral	Cours	-	Intervenants	-

Objectif: Il est essentiel pour les ingénieurs/cadres en formation d'être capables d'analyser les contenus d'une mission en harmonie avec le projet de leur entreprise. Il s'agit de saisir notamment les différents aspects du management d'équipes : expliciter les attentes du donneur d'ordres, coordonner les actions, donner des instructions, déléguer les responsabilités, mettre en place une communication efficace, donner de l'efficacité à son esprit critique et à son esprit d'initiative, déceler et résoudre les dysfonctionnements et conflits.

Une des conditions pour mener à bien ce travail est également de se connaître soi-même : identifier ses atouts et points d'amélioration, son potentiel, apprendre à devenir efficace dans ses relations professionnelles, développer ses soft skills. L'étudiant(e) se positionne en tant que professionnel en formation et acquiert une sensibilisation au team building : motivation, coopération, pilotage, communication interpersonnelle. Les savoir, savoir-faire et savoir-être sont mis en pratique et à l'épreuve dans le cadre de projets professionnalisants.

! Cette UE est commune aux parcours IN et IPC (ex-CUCIPhy).

Contenu: Les piliers de l'UE, qui en structurent tout son déroulé, sont les projets professionnalisants qui permettent de positionner les étudiants en acteurs de leur formation.

Cours 1 : COMMUNICATION SOCIALE – PROJETS PROFESSIONNALISANTS

Le master Instrumentation vise à faire passer le jeune physicien en formation de la position d'étudiant(e) à celle de professionnel(le). Ainsi, les étudiants sont considérés comme des professionnels en formation ("PEF"). Ils seront accompagnés tout au long de cette UE, dans le cadre de cours magistraux, d'études de cas pratiques et de projets professionnalisants (avec également des enseignants référents). Il est demandé à chaque PEF de démontrer son implication tout au long des projets confiés, sa capacité à réinvestir et appliquer les enseignements théoriques et pratiques en communication et management, sa capacité à se positionner en tant que professionnel, au sein d'une équipe de travail. La professionnalisation se fait à travers l'organisation en équipes-projet autonomes, accompagnées par des enseignants référents. Pour ce qui est de la partie théorique, il s'agit

de présenter la « boîte à outils » du métier de cadre : image de soi, communication interpersonnelle et analyse transactionnelle, analyse et développement du leadership, constitution et la conduite positive d'une équipe, savoir-dire « non » : la méthode OSBD (communication non violente), construire une culture partagée au sein d'un groupe, etc.

! Les projets professionnalisants sont communs aux promotions de M2 IN et IPC (ex-CUCIPhy) et de M1 Instrumentation.

✍ Évaluation : Revue de projet (oral), compte-rendu écrit et suivi de déroulement.

📖 Contenu du cours :

I. La boîte à outil du métier de cadre

- Connaissance du groupe, présentations des thèmes qui seront traités pendant l'année (entretien de sélection, définition et débat sur les projets...), élection des représentants de la promotion et organisation des séances de régulation.
- Image de soi : ce que je dis de moi, ce qui est perçu de moi
- Communication interpersonnelle et analyse transactionnelle
- Se préparer aux entretiens de recrutement
- Découvrir et s'appropriier les différents types de management. Développer son leadership.
- La constitution et la conduite positive d'une équipe
- Les leviers de la motivation
- Les degrés de l'autonomie
- Apprendre à nourrir les relations : les signes de reconnaissance, l'empathie, les positions de vie, la gestion des émotions
- Savoir dire « non » : la méthode OSBD (communication non violente) - prévenir et gérer les conflits, recadrer, encourager...
- Construire une culture partagée au sein d'un groupe (illustration par appropriation de la méthode "des 6 chapeaux" ®)
- Conduire une réunion.
- Utiliser les outils du management (donner des instructions, fixer des objectifs, déléguer, contrôler, évaluer, valoriser...)

Organisation pédagogique :

- Des apports théoriques et méthodologiques
- De l'expérimentation en sous-groupe
- De la conduite de projet

- Des mises en situation, jeux de rôle, simulations d'entretien (téléphonique et face à face)
- Des recherches de terrain
- Des comptes rendus de chaque séance

Cet enseignement de communication sociale est complété par un séminaire spécifique d'une journée dédié à la sensibilisation au team building.

II. **LES PROJETS PROFESSIONNALISANTS**

Le travail est effectué en équipe de 4 à 7 étudiants de 1ère et de 2ème année de Master, qui gèrent la totalité du projet, de la conception à la réalisation en passant par le chiffrage financier et la recherche de financement. Différentes étapes jalonnent ce travail : partage des rôles au sein de l'équipe, réunions de travail, reporting, revue de projets, débriefing. Il s'agit pour chaque PEF de se positionner en tant que chef de projet, et/ou en tant que membre d'une équipe projet, en choisissant parmi plusieurs projets qui seront proposés en début d'année, au moins un projet qui sera évalué.

Exemples de projets : Forum des Masters, Rencontres Pros, Journée Relais, Relations inter-promotions licence et master, Réseau des anciens, Mon Job en 180s, Objectif SFRP, Transitions Sociétales et Environnementales

Chaque groupe projet fonctionne de façon autonome pour réaliser le projet dans sa totalité, accompagné par des enseignants référents. Des séances de régulation sont mises en place pour valider et/ou redéfinir graduellement les objectifs et les avancées des projets. Les projets sont évalués sur la base d'un contrôle continu, d'un rapport écrit et d'une revue de projet formelle devant l'équipe pédagogique. Un debriefing pour la promo entrante a lieu juste après le stage de fin d'études afin de passer le relais à la nouvelle promotion.

Supplément au Diplôme : Ingénierie Commerciale

Semestre:	9	ECTS	-	Code UE	-
Évaluation:	CC intégral	Cours	3	Intervenants	3

Objectif:

- Développer une posture commerciale pour mieux vendre son offre ou son projet
- Dépasser ses a priori sur l'approche commerciale
- Maîtriser les étapes d'un entretien centré sur les besoins et attentes client
- Argumenter en bénéfices pour son interlocuteur/client
- Animer une présentation structurée et dynamique de son offre

Contenu: L'ensemble des cours et de l'investissement personnel correspond à environ 30h supplémentaires par rapport à la formation IN.

! Les cours font partie du coeur de la formation du parcours IPC (ex-CUCIPhy). Les étudiants du parcours IN intéressés pour les suivre rejoindront la promotion IPC sur les créneaux dédiés.

🎓 P. Nedel, agrégée d'économie/gestion, L. Lescieux, ingénieur technico-commercial et chargé de communication AlphaNOV, P. Laygue, directeur des ventes et du marketing Azur-Light Systems.

✍ Évaluation : contrôle continu. Les étudiants du parcours IN s'engagent à participer à toutes les évaluations. Les notes ne participeront pas à la validation du diplôme de M2 IN mais seront reportées sur l'attestation de supplément au diplôme délivrée en fin d'année.

📖 Contenu des cours :

I. Les fondamentaux de la macro-économie

- Les indicateurs de base: PIB PNB Croissance OCDE classement des nations et significations, Dette, réglementation, les grands équilibres mondiaux
- IUE/Europe/Commerce en Europe

II. Ingénierie commerciale : les fondamentaux

- Plan d'action commerciale
- Prospection et méthode
- Outils d'analyse relationnelle UE/Euro

III. SIMULATION PAR BINOME DES DIFFERENTES PHASES DU TRAVAIL D'UN INGENIEUR TECHNICO-COMMERCIAL

- Transmettre l'enthousiasme, l'écoute active, organisation, suivi des ventes « du pipeline à la facturation
- La prospection
- La réalisation d'une brochure
- La préparation d'un devis
- La réalisation d'une présentation ppt de ses produits
- Simulation d'entretien chez le client/prospect (« visite client, conversation au téléphone, négociation »)
- Le suivi commercial jusqu'à la vente

IV. LA PROSPECTION COMMERCIALE

- Pourquoi prospecter ?
- Quels sont les différents réseaux de prospection ?
- Quels sont les différentes techniques de prospection ?
- Comment prospecter efficacement ?
- 2-3 cas concrets

V. PARCOURS PROFESSIONNELS

- Business developer
- Ingénieur technico-commercial Europe