

# CATALOGUE DE COURS

## Diplôme d'Ingénieur Informatique

Troisième année

Campus de Metz de CentraleSupélec

dernière mise à jour : 25 janvier 2026

### Semestre 9

ISP-INF-S09-09		<b>Informatique 1 S09</b>	<b>9.5 ECTS</b>
SPM-INF-022	2.5	<i>Applications mobiles : stratégies et mise en œuvre</i>	27.0 h
SPM-INF-020	2.5	<i>HPC-HPDA sur cluster de multi-cœurs</i>	27.0 h
SPM-INF-021	2	Logique des Systèmes Déductifs	24.0 h
SPM-INF-019	2.5	Éléments de cybersécurité	29.5 h
3MD4050	2.5	Modèles statistiques 2	33.0 h

ISP-INF-S09-10		<b>Informatique 2 S09</b>	<b>6.5 ECTS</b>
3MD4010	2	Apprentissage automatique 2	21.5 h
3MD4030	2	HPC-HPDA sur GPU en CUDA	22.5 h
SPM-INF-024	2.5	<i>Technologies Web</i>	27.0 h
SPM-INF-023	2.5	<i>Développement de logiciels sûrs</i>	27.0 h

ISP-INF-S09-11	<b>Projet de fin d'études S09</b>	<b>7 ECTS</b>
SPM-PRJ-012	1	Projet de fin d'étude

ISP-INF-S09-25	<b>HEP S09</b>	<b>3 ECTS</b>
SPM-HEP-020	1	Systèmes juridiques et normatifs
SPM-HEP-015	1	Innovation

ISP-INF-S09-19	<b>Langues S09</b>	<b>4 ECTS</b>
LV1S09	1	Langues Vivantes et Culture 1
LV2S09	1	Langues Vivantes et Culture 2

## Semestre 10

ISP-INF-S10-12	<b>Projet de fin d'études S10</b>	<b>4 ECTS</b>
SPM-PRJ-013	1 Projet de fin d'étude	42.0 h

ISP-INF-S10-13	<b>Intelligence artificielle S10</b>	<b>7 ECTS</b>
3MD4120	2 <i>Apprentissage par renforcement</i>	23.0 h
SPM-INF-018	2 <i>Bases de données avancées</i>	23.0 h
3MD4150	3 Traitement automatique du langage naturel	36.0 h
3MD4110	2 Perspectives en Apprentissage et Intelligence Artificielle	23.5 h

ISP-INF-S10-26	<b>HEP S10</b>	<b>2 ECTS</b>
SPM-HEP-007	1 Gestion Financière	15.0 h
SPM-HEP-022	1 Management	19.0 h

ISP-INF-S10-14	<b>Stage de fin d'études</b>	<b>15 ECTS</b>
SPM-STA-003	1 Stage de fin d'études	0.0 h

ISP-INF-S10-20	<b>Langues S10</b>	<b>2 ECTS</b>
LV1S10	1 Langues Vivantes et Culture 1	11.5 h
LV2S10	1 Langues Vivantes et Culture 2	11.5 h

---

## APPLICATIONS MOBILES : STRATÉGIES ET MISE EN ŒUVRE

**Responsable de cours :** Virginie Galtier

**Total :** 27.0 h (électif)

**CM :** 6.0 h, **TP :** 20.0 h

SPM-INF-022

*retour*

**Description :** Ce cours est une introduction au développement d'applications mobiles : on y présente différentes stratégies pour le mobile (développement natif, web et progressive web app, hybride, MBaaS) avec les possibilités de publication associées, et on en illustre deux par une mise en œuvre pratique (a priori : développement natif avec Android, et développement hybride avec Flutter).

**Acquis d'apprentissage :** A l'issue de ce cours, les élèves seront capables de choisir une stratégie de développement d'application mobile, et seront capables de développer des applications simples suivant deux stratégies différentes.

**Modalités d'évaluation :** Examen écrit, 1h

**Compétences évaluées :**

— Développement

---

**CM :**

1. introduction : les différentes stratégies pour le mobile (3.0 h)
2. introduction à Android (1.5 h)
3. introduction à Flutter (1.5 h)

**TP :**

1. développement natif (7.0 h)
2. développement cross-platform (7.0 h)
3. processus de test et publication (6.0 h)

---

## HPC-HPDA SUR CLUSTER DE MULTI-CŒURS

**Responsable de cours :** Stéphane Vialle

**Total :** 27.0 h (électif)

**CM :** 10.5 h, **TD :** 1.5 h, **TP :** 15.0 h

SPM-INF-020

*retour*

**Description :** Programmation en MPI+multithreading et exploitation d'un cluster de PCs multi-coeurs pour du calcul à haute performance (hpc), et de l'analyse de données à haute performance. Etude des communications MPI pt-à-pt et collectives, des mécanismes de contrôle du déploiement d'applications MPI+multithreading sur des clusters de noeuds multi-coeurs. Algorithmique distribuée de problèmes 1D, 2D et hypercubiques, algorithmique distribuée synchrone et asynchrone. Apprentissage de la soumission d'applications distribuées en mode 'batch'. Rappel des métriques de performances (speedup, efficacité, size up, scale up) et modèles de performances théoriques ; analyse de cas. Mise en oeuvre sur des problèmes d'algèbre linéaire (HPC), puis sur un problème de clustering de données (HPDA), avec mesure et analyse des performances et de capacité de passage à l'échelle.

**Acquis d'apprentissage :** A l'issue de ce cours les étudiants sauront concevoir des algorithmes di'sr'ibués cumulant l'envoi de messages entre processus sur différents noeuds de calculs et la programmation multithreads par partage de mémoire au sein d'un processus. Ils sauront 'déployer' ces codes hybrides sur des clusters de noeuds multi-coeurs, rechercher les déploiements les plus efficaces, et mesurer et analyser leurs performances. Ils auront mis en oeuvre ces connaissances sur des calculs traditionnels du HPC et sur un problème moins classique d'IA. Dans les deux cas ils se seront confrontés à un problème de 'passage à l'échelle' de leurs codes.

**Compétences évaluées :**

- Développement
  - Système
- 

**CM :**

1. Cours d'architectures distribuées (1.5 h)
2. Programmation MPI en comm pt-a-pt (1.5 h)
3. Programmation MPI en comm collectives (1.5 h)
4. Déploiement d'application MPI sur cluster de multi-coeurs (1.5 h)
5. Rappels de métriques de performance, et modèles de performances théoriques (1.5 h)
6. Algorithmique et programmation distribuée synchrone (1.5 h)
7. Algorithmique et programmation distribuée asynchrone (1.5 h)

**TD :**

1. TD-MPI-Clustering (1.5 h)

**TP :**

1. TP-MPI pb 1D synchrone en MPI+OpenMP et déploiement (3.0 h)
2. TP-MPI pb 2D synchrone en MPI+OpenMP et déploiement (3.0 h)
3. TP-MPI pb asynchrone en MPI+OpenMP et déploiement (3.0 h)
4. TP-MPI-Clustering - part 1 (3.0 h)
5. TP-MPI-Clustering - part 2 (3.0 h)

---

## LOGIQUE DES SYSTÈMES DÉDUCTIFS

**Responsable de cours :** Benoît Valiron

**Total :** 24.0 h

**CM :** 12.0 h, **TD :** 3.0 h, **TP :** 9.0 h

SPM-INF-021

*retour*

**Description :** L'objectif est de présenter la logique comme un outil de modélisation, de montrer qu'on peut l'utiliser pour résoudre des problèmes sans coder dans un langage de programmation classique, et qu'on peut aussi l'utiliser pour modéliser la sémantique des programmes et faire des preuves de correction et de terminaison, ce qui mène au troisième bloc spécification/vérification/preuve. On abordera les solvers SAT et SMT, la preuve de programme, avec des mise en oeuvre en travaux pratiques.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, les élèves auront fait le lien entre les aspects théoriques de la logique et l'informatique, ouvrant la voie à l'informatique certifiée.

**Modalités d'évaluation :** Evaluation à partir des participations aux manipulations (TD/TP) et des résultats rendus

**Compétences évaluées :**

- Certification
- 

**CM :**

1. Leçon de choses (3.0 h)
2. Logique propositionnelle, fonctionnement d'un solveur SAT (3.0 h)
3. Extension avec des types, notion de théorie, fonctionnement d'un SMT (3.0 h)
4. Logique de Hoare : logique sur les types du langage de programmation. (1.5 h)
5. Calcul des plus faibles préconditions (WP), chainage, obligations de preuves. (1.5 h)

**TD :**

1. Logique de Hoare (1.5 h)
2. Exemple de dérivation (1.5 h)

**TP :**

1. Ecriture d'un solveur SAT (3.0 h)
2. Utilisation de Z3 (3.0 h)
3. Outil Why3, exemple avec un calcul sur des entiers. (3.0 h)

---

## ÉLÉMENTS DE CYBERSÉCURITÉ

**Responsable de cours :** Hervé Frezza-Buet

**Total :** 29.5 h

**CM :** 13.5 h, **TP :** 16.0 h

SPM-INF-019

*retour*

**Description :** Concepts de sécurité (confidentialité, intégrité, disponibilité, authentification, chiffrement, vulnérabilité, dénis de service, etc... le vocabulaire essentiel), cryptographie (théorie, algos important AES, RSA), sécurité réseau (pare feux, vpn), sécurité du logiciel (la sécurité des langages C et Java), sécurité des systèmes d'exploitation (gestion des mots de passe, active directory, les mécanismes de protection d'un OS), sécurité web (injections, XSS, ...), analyse de risques (EBIOS, PCA, PRA). Eventuellement blockchain et virologie.

**Acquis d'apprentissage :** Sans être experts en cybersécurité, les élèves auront acquis à l'issue de ce cours une vision générale et solide du domaine, à partir de laquelle ils pourront approfondir.

**Compétences évaluées :**

— Système

---

**CM :**

1. Cours-1 (1.5 h)
2. Cours-2 (1.5 h)
3. Cours-3 (1.5 h)
4. Cours-4 (1.5 h)
5. Cours-5 (1.5 h)
6. Cours-6 (1.5 h)
7. Cours-7 (1.5 h)
8. Cours-8 (1.5 h)
9. Cours-9 (1.5 h)

**TP :**

1. TP-1 (4.0 h)
2. TP-2 (4.0 h)
3. TP-3 (4.0 h)
4. TP-4 (4.0 h)

---

## MODÈLES STATISTIQUES 2

**Responsable de cours :** Frédéric Pennerath

**Total :** 33.0 h

**CM :** 12.0 h, **TD :** 6.0 h, **TP :** 12.0 h

3MD4050

*retour*

**Description :** Ce cours est le prolongement du cours ModStat1. Il s'articule autour des trois concepts fondamentaux de processus stochastique, de variable latente et de techniques d'inférence approchées. La première partie du cours sur les processus s'articule autour de trois grandes familles de processus : les processus ponctuels, les processus de Markov et les processus Gaussiens. La notion de variable latente est ensuite abordée à travers les modèles de mélange et l'algorithme EM. Les deux notions sont ensuite combinées pour développer les modèles de Markov cachés, dans le cas d'états discrets (HMM) comme continus (Filtres de Kalman). Enfin sont présentées les techniques d'inférence approchées avec d'une part les techniques d'échantillonnage (MCMC) et l'inférence variationnelle.

**Prérequis :** - Avoir suivi le cours "Modèles statistiques 1" - Niveau débutant en programmation Python / Numpy

**Acquis d'apprentissage :** A l'issue de ce cours, les élèves sauront associer à des séries de données le type de processus stochastique qui leur correspond et appliquer les méthodes d'estimation associées. Ils sauront également spécifier un modèle intégrant des variables cachées et appliquer l'algorithme EM pour en estimer les paramètres. Ils sauront modéliser un problème de clustering sous la forme d'un modèle de mélange. Ils sauront spécifier une HMM ou un filtre de Kalman pour modéliser le comportement dynamique d'un système à état discret ou continu.

**Modalités d'évaluation :** Examen écrit de 3h avec documents, rattrapable.

**Compétences évaluées :**

- Modélisation
  - Recherche et Développement
- 

**CM :**

1. Processus ponctuels (1.5 h)
2. Processus de Markov (1.5 h)
3. Processus gaussiens (1.5 h)
4. Modèles de mélanges (1.5 h)
5. Modèles de Markov cachés (1.5 h)
6. Filtre de Kalman (1.5 h)
7. Echantillonnage (1.5 h)
8. Inférence variationnelle (1.5 h)

**TD :**

1. Processus de Poisson et de Markov (1.5 h)
2. Modèles de Markov cachés (1.5 h)
3. Filtre de Kalman (1.5 h)
4. Echantillonnage (1.5 h)

**TP :**

1. Processus gaussiens (3.0 h)
2. Modèles de mélange (3.0 h)
3. Filtre de Kalman et particul. (3.0 h)

4. Echantillonnage (3.0 h)

---

## APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE 2

**Responsable de cours :** Arthur Hoarau

**Total :** 21.5 h

**CM :** 10.5 h, **TP :** 9.0 h

3MD4010

*retour*

---

**Description :** Ce cours complète le cours d'apprentissage automatique 1 avec les notions de traitement de données (réduction de dimension, etc.), l'apprentissage non-supervisé, l'apprentissage actif et semi-supervisé, les questions d'explicabilité.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, les élèves auront complété leur approche en largeur de l'apprentissage automatique.

**Modalités d'évaluation :** Examen écrit de 2h, rattrapable.

**Compétences évaluées :**

- Recherche et Développement
  - Développement
- 

**CM :**

1. Réduction de dimension (1.5 h)
2. Partitionnement (1.5 h)
3. Quantification vectorielle (1.5 h)
4. Détection anomalies (1.5 h)
5. Apprentissage semi-supervisé (1.5 h)
6. Apprentissage actif (1.5 h)
7. Explicabilité (1.5 h)

**TP :**

1. Réduction de dimension (3.0 h)
2. Apprentissage non supervisé (3.0 h)
3. Apprentissage semi-supervisé (3.0 h)

---

## HPC-HPDA SUR GPU EN CUDA

**Responsable de cours :** Stéphane Vialle

**Total :** 22.5 h

**CM :** 6.0 h, **TD :** 4.5 h, **TP :** 12.0 h

3MD4030

*retour*

**Description :** Ce cours a pour objectif de présenter l'algorithmique et la programmation à haute performance sur GPU, avec des mises en oeuvre sur des algorithmes de Machine Learning, et sur des plates-formes de calculs équipées de GPU.

**Contenu :** Architecture des GPU Principes algorithmiques du parallélisme de données à grain fin sur GPU (modèles SIMD et SIMT) Programmation en CUDA Utilisation de la bibliothèque CUBLAS Optimisations de codes GPU et CPU-GPU, en CUDA Conception et mise en oeuvre d'un algorithme de K-means sur GPU

**Prérequis :** Cours commun de 1A : Systèmes d'Information et Programmation (1CC1000) Cours commun de 1A : Algorithmique & Complexité (1CC2000) Cours de Programmation Avancée en C++ (3MD1020) de la mention SDI à Metz Cours d'Apprentissage Automatique (3MD1040) de la mention SDI à Metz

**Acquis d'apprentissage :** A la fin de ce cours les élèves seront en mesure : AA1 : d'analyser l'adéquation d'une solution mathématique avec une implantation et une exécution sur GPU, AA2 : de concevoir un algorithme sur GPU, ou d'adapter un algorithme pour qu'il soit plus efficace sur GPU, AA3 : de concevoir des algorithmes hybrides CPU-GPU avec des recouvrement des transferts de données et des calculs AA4 : d'implanter des algorithmes et de mettre au point des codes sur GPU AA5 : d'analyser et de décrire synthétiquement des solutions sur GPU

**Moyens :** Plateforme de développement et d'exécution : serveurs de GPU du Data Center d'Enseignement du campus de Metz de CentraleSupélec. Environnements de développement CUDA de NVIDIA.

**Modalités d'évaluation :** Evaluation à partir des TP des parties 2 et 3 Comptes rendus des TP des parties 2 et 3 (le contenu et le nombre de pages des comptes rendus sont contraints, afin de forcer les étudiants à un effort de synthèse et de clarté) En cas d'absence non justifié à un TP la note de 0 sera appliquée, en cas d'absence justifiée la moyenne des autres TPs sera appliquée. L'examen de rattrapage sera un examen oral qui constituera 100

**Compétences évaluées :**

— Développement

---

**CM :**

1. Architecture des GPU (1.5 h)
2. Bases d'algorithmique de programmation CUDA (1.5 h)
3. Coalescence et mémoire partagée (1.5 h)
4. Optimisations avancées en CUDA (1.5 h)

**TD :**

1. Conception et estimation de performances d'un code CUDA (1.5 h)
2. Optimisation et accélération d'un code CUDA (1.5 h)
3. K-means sur GPU (1.5 h)

**TP :**

1. Produit de matrices en CUDA : implantation et expérimentation (3.0 h)
2. Produit de matrices en CUDA : optimisation et mesure de gain (3.0 h)

3. K-means sur GPU : conception, implantation et expérimentation (3.0 h)
4. K-means sur GPU : optimisations multiples (3.0 h)

---

## TECHNOLOGIES WEB

**Responsable de cours :** Michel Ianotto

**Total :** 27.0 h (électif)

**CM :** 9.0 h, **TP :** 17.0 h

SPM-INF-024

*retour*

**Description :** Cet enseignement porte sur la conception et la réalisation de sites Web dynamiques. Pour la partie frontend, on présentera les langages HTML, CSS et Javascript qui permettent de structurer les pages Web. Côté backend, on présentera l'architecture MVC à travers une application 3-tiers accédant à une base de données de type MySQL. L'accès au SGBD se fera via un ORM. Un framework de développement d'application web sera également présenté. Coté développement, des outils d'intégration et de déploiement continu seront mises en oeuvre. L'application Web sera déployée dans le cloud.

**Acquis d'apprentissage :** A l'issue de ce cours, les élèves auront acquis les connaissances de base sur les technologies web et seront capables de piloter et/ou de réaliser un projet de développement d'application web aussi bien du côté frontend que du côté backend.

**Compétences évaluées :**

- Développement
- 

**CM :**

1. Concepts de base des applications Web (1.5 h)
2. Langages utilisés côté client (1.5 h)
3. L'authentification (session et cookies) (1.5 h)
4. Les Architecture 3-tiers et le modèle MVC (1.5 h)
5. Présentation d'un framework de développement d'applications Web (1.5 h)
6. Intégration continue et déploiement d'une application Web dans le cloud (1.5 h)

**TP :**

1. Développement de la partie frontend d'une application (4.0 h)
2. L'authentification (session et cookies) (3.0 h)
3. Les Architecture 3-tiers et le modèle MVC (3.0 h)
4. Développement de la partie backend d'une application et présentation d'un framework de développement d'applications Web (3.0 h)
5. Intégration continue (qualité du code, tests) et déploiement d'une application Web dans le cloud (4.0 h)

---

## DÉVELOPPEMENT DE LOGICIELS SÛRS

**Responsable de cours :** Idir Ait Sadoune

**Total :** 27.0 h (électif)

**CM :** 13.5 h, **TD :** 7.5 h, **TP :** 6.0 h

SPM-INF-023

*retour*

**Description :** Ce cours permettra aux étudiants de découvrir les concepts de base de la méthode formelle Event-B à travers les activités de modélisations et de la preuve en utilisant l'Atelier Rodin, l'IDE principal de la méthode Event-B. L'application d'une approche de spécification Top-Down permettra aux étudiants d'utiliser le raffinement, qui est l'une des opérations de base de la méthode Event-B, et de générer automatiquement un code C vérifié et conforme à la spécification initiale. L'animation de modèles Event-B en utilisant l'outils ProB est également abordée. Enfin, pour couvrir les besoins de vérification d'un code critique existant, les techniques de vérification formelle seront également présentées et mises en pratique avec les greffons WP et MetAcsL de la plateforme Frama-C.

**Acquis d'apprentissage :** À la fin de ce cours, les étudiants seront capable d'appliquer un processus de développement de logiciels critiques complet en partant de la spécification jusqu'à la génération automatique du code source.

**Modalités d'évaluation :** Evaluation à partir des participations aux manipulations (TD/TP) et des résultats rendus

**Compétences évaluées :**

- Développement
  - Certification
- 

**CM :**

1. Introduction à la méthode Event-B (1.5 h)
2. L'activité de preuve dans la méthode Event-B (1.5 h)
3. Le raffinement d'un modèle Event-B (1.5 h)
4. Introduction au Model-Checking (1.5 h)
5. Validation d'une spécification Event-B par Model-Checking (1.5 h)
6. Spécification et vérification formelle avec Frama-C/WP (3.0 h)
7. Vérification formelle de propriété de sécurité avec Frama-C/MetAcsL (3.0 h)

**TD :**

1. Introduction à la méthode Event-B (1.5 h)
2. L'activité de preuve dans la méthode Event-B (1.5 h)
3. Le raffinement d'un modèle Event-B (1.5 h)
4. Introduction au Model-Checking (1.5 h)
5. Validation d'une spécification Event-B par Model-Checking (1.5 h)

**TP :**

1. Etude de cas - s1 (3.0 h)
2. Etude de cas - s2 (3.0 h)

---

## PROJET DE FIN D'ÉTUDE

**Responsable de cours :** Hervé Frezza-Buet

**Total :** 72.0 h

**Projet :** 72.0 h

SPM-PRJ-012

*retour*

**Description :** Projet de fin d'études, réalisation de niveau ingénieur/chercheur. Ce projet concerne des sujets plutôt recherche et développement, d'étude prospectives, et sont similaires à des projets de master recherche dans les sujets qu'ils abordent, l'étude bibliographique requise, et la présentation des résultats.

**Acquis d'apprentissage :** Le projet de fin d'étude est une expérience aboutie d'ingénieur recherche et développement, également comparable dans sa méthodologie et dans les aspects prospectifs à un projet de master recherche.

**Compétences évaluées :**

- Développement
- Modélisation
- Management
- Recherche et Développement

---

## SYSTÈMES JURIDIQUES ET NORMATIFS

**Responsable de cours :** Damien Rontani, Hervé Frezza-Buet

**Total :** 12.0 h

**CM :** 6.0 h, **TD :** 6.0 h

SPM-HEP-020

*retour*

**Description :** L'objectif de ce cours, à travers un exemple concret, est de permettre aux élèves de se familiariser avec l'environnement normatif de l'ingénieur. Un cours permettra de présenter les services de l'Etat et leurs rapports avec les collectivités territoriales ainsi que les différents niveaux normatifs. Une partie pratique permettra de mettre en œuvre un cas concret, par exemple l'implantation d'un champ photovoltaïque, une unité de méthanisation, un champ d'éoliennes, etc.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours les élèves auront acquis des connaissances sur les systèmes juridiques et normatifs qui influencent la pratique de l'ingénieur, notamment ceux régissant la protection de l'environnement et la transition écologique.

**Modalités d'évaluation :** L'évaluation s'effectuera en notant la note de synthèse rédigée selon les indications données en TD, sur la base des documents examinés.

---

### CM :

1. Acteurs et instruments de la transition énergétique (3.0 h)
2. Appréhender les grands ensembles normatifs (3.0 h)

### TD :

1. présentation du projet (1.5 h)
2. identifier les démarches à accomplir (urbanisme, environnement) et les interlocuteurs (3.0 h)
3. rédaction de la note de synthèse (1.5 h)

---

## INNOVATION

**Responsable de cours :** Ninel Kokanyan

**Total :** 35.0 h

**CM :** 17.0 h, **TD :** 16.0 h

SPM-HEP-015

*retour*

**Description :** Si l'innovation est un moteur de progrès, c'est avant tout un moteur de croissance économique. Portée par les entrepreneurs et les intrapreneurs, elle doit se développer aujourd'hui pour le bien des citoyens et de l'environnement : "Innovation for Good" résume le slogan. L'innovation, c'est aussi une aventure, un pari risqué dans un environnement inconnu. Mais l'entrepreneur a à sa disposition des outils et des méthodologies lui permettant de naviguer à vue, de réduire les risques et de transformer sa vision en valeur pour lui et pour la société. L'objectif de ce cours est de familiariser les étudiants avec ces outils afin de leur donner les moyens de l'aventure entrepreneuriale. Le cours progresse selon la même logique que les projets d'innovation, depuis l'émergence de l'idée et la phase d'idéation jusqu'à la recherche de financement et la mise sur le marché. Il oscille entre présentation des notions et mise en pratique sur des projets d'innovation proposés par les étudiants eux-mêmes. Le module sera évalué lors d'un pitch start-up final, cristallisant l'acquisition de l'ensemble des notions présentées.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, les élèves maîtriseront des outils et méthodologies de développement créatif, connaîtront le cadre juridique pour protéger et valoriser l'innovation et auront acquis des compétences pour mener des projets innovants en entreprise ou en tant qu'entrepreneur.

**Modalités d'évaluation :** Chaque groupe pitch son projet pendant 5 minutes devant un jury constitué des différents intervenants, L'évaluation portera sur la qualité et le contenu du pitch ainsi que sur le contenu du dossier projet reprenant les différents éléments travaillés lors de chaque séquence et constituant ainsi un argumentaire crédible décrivant la valeur, l'aspect innovant et la faisabilité du projet.

---

### CM :

1. Introduction : L'entrepreneur et l'intrapreneur au cœur de la destruction créative comme moteur de l'innovation. (2.0 h)
2. Design Thinking, de l'idéation au prototype. (2.0 h)
3. Eléments d'éco-design et innovation. (1.0 h)
4. Le business model canvas comme outil de visualisation des projets d'innovation. (2.0 h)
5. L'innovation ouverte comme accélérateur d'innovation. (3.0 h)
6. Protéger l'innovation grâce aux outils de la PI. (2.0 h)
7. L'innovation et le droit des entreprises : créer son entreprise. (2.0 h)
8. Créer son business plan et rechercher des financements. (2.0 h)
9. Pitcher son projet comme une start-up : outils. (1.0 h)

### TD :

1. Créativité et problématisation des projets d'innovation. Brainstorming et Value-Proposition Canvas (2.0 h)
2. Créativité et Design thi'nk'ing, vers un premier prototype par groupe projet (2.0 h)
3. La fresque du numérique et l'impact environnemental du numérique (3.0 h)
4. Créativité et Design thi'nk'ing, suite du prototype par groupe projet (4.0 h)
5. Mise en pratique du BMC dans les contextes des groupes projet (2.0 h)
6. Pitch des BMC devant jury (1.0 h)
7. Pitcher son projet comme une start-up : outils, atelier et mise en pratique. (2.0 h)

---

## LANGUES VIVANTES ET CULTURE 1

**Responsable de cours :** Elisabeth Leuba

**Total :** 21.0 h

**TD :** 21.0 h

LV1S09

*retour*

**Description :** La Langue Vivante 1 sera généralement l'anglais. Répartis par niveau, les étudiants travailleront non seulement les 4 compétences langagières mais aborderont aussi des sujets variés qu'ils approfondiront suivant leur niveau. Les sujets traités peuvent être d'ordre civilisationnel, sociétal, professionnel, etc. Les effectifs des groupes constitueront un environnement propice à une participation active et une progression conséquente dans la langue. Différentes méthodes pédagogiques seront utilisées : travail en groupe, exposés, exercices spécifiques, recherche, débats, etc.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, l'élève aura progressé pour communiquer dans un environnement universitaire, professionnel ou personnel internationalisé

**Compétences évaluées :**

- Recherche et Développement
  - Conseil
  - Business Intelligence
  - Management
- 

**TD :**

1. Cours (21.0 h)

---

## LANGUES VIVANTES ET CULTURE 2

**Responsable de cours :** Beate Mansanti

**Total :** 21.0 h

**TD :** 21.0 h

LV2S09

*retour*

**Description :** En Langue Vivante 2, une offre de plusieurs langues sera proposée aux étudiants, en poursuite d'étude ou en débutant. Répartis par niveau, les étudiants travailleront non seulement les 4 compétences langagières mais aborderont aussi des sujets variés qu'ils approfondiront suivant leur niveau. Les sujets traités peuvent être d'ordre civilisationnel, sociétal, professionnel, etc. Les effectifs des groupes constitueront un environnement propice à une participation active et une progression conséquente dans la langue. Différentes méthodes pédagogiques seront utilisées : travail en groupe, exposés, exercices spécifiques, recherche, débats, etc.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, l'élève aura progressé pour communiquer dans un environnement universitaire, professionnel ou personnel internationalisé

**Compétences évaluées :**

- Recherche et Développement
  - Conseil
  - Business Intelligence
  - Management
- 

**TD :**

1. Cours (21.0 h)

---

## PROJET DE FIN D'ÉTUDE

**Responsable de cours :** Hervé Frezza-Buet

**Total :** 42.0 h

**Projet :** 42.0 h

SPM-PRJ-013

*retour*

**Description :** Projet de fin d'études, réalisation de niveau ingénieur/chercheur. Ce projet concerne des sujets plutôt recherche et développement, d'étude prospectives, et sont similaires à des projets de master recherche dans les sujets qu'ils abordent, l'étude bibliographique requise, et la présentation des résultats.

**Acquis d'apprentissage :** Le projet de fin d'étude est une expérience aboutie d'ingénieur recherche et développement, également comparable dans sa méthodologie et dans les aspects prospectifs à un projet de master recherche.

**Compétences évaluées :**

- Développement
- Modélisation
- Management
- Recherche et Développement

---

## APPRENTISSAGE PAR RENFORCEMENT

**Responsable de cours :** Hervé Frezza-Buet

**Total :** 23.0 h (électif)

**CM :** 9.0 h, **TD :** 3.0 h, **TP :** 9.0 h

3MD4120

*retour*

**Description :** Le cours présente les bases théoriques de l'apprentissage par renforcement ainsi que les principes des algorithmes les plus courant. Par le biais de travaux pratiques, ces éléments seront étendus à des situations plus complexes, permettant d'introduire les algorithmes les plus récents ayant, par exemple, permis à l'ordinateur de maîtriser le jeu de Go.

**Contenu :** L'apprentissage par renforcement est introduit en s'appuyant sur le cadre formel des Processus Décisionnels de Markov. Après avoir montré l'existence et l'unicité d'une solution sous la forme de la fonction valeur, nous aborderons les algorithmes classiques permettant de calculer cette fonction. Nous verrons ensuite comment des méthodes approchées (approximation linéaire, estimation de monte carlo, bandits, apprentissage profond) permettent de s'attaquer à des contextes plus complexes.

**Prérequis :** Ce cours requiert des notions élémentaires d'algèbre linéaire et de théorie des probabilités. Pour les travaux pratique, une bonne connaissance de python (numpy) est nécessaire. Le dernier TP s'appuie sur une maîtrise pratique de l'apprentissage profond avec pytorch.

**Acquis d'apprentissage :** Comprendre les fondements théorique de l'apprentissage par renforcement. Mettre en oeuvre ces méthodes de façon adaptée en fonction des problèmes à résoudre. Aiguiser son esprit critique.

**Méthodes pédagogiques :** Dans la mesure du possible (taille du groupe), les cours magistraux seront les plus interactifs possibles et auront comme objectif de présenter les notions théoriques et algorithmiques qui soutiennent l'apprentissage par renforcement. Les travaux pratiques ont pour but de vraiment se confronter aux méthodes en implémentant et testant les algorithmes pour mieux en saisir le fonctionnement et les limites.

**Moyens :** Cours et travaux pratiques sont assurés par Alain DUTECH, Hervé FREZZA-BUET et Jérémie FIX. Les travaux pratiques s'appuieront sur le langage python et ses bibliothèques scientifiques.

**Modalités d'évaluation :** Le module sera évalué par un examen écrit, où l'idée est de tester la capacité de l'étudiant à utiliser intelligemment des méthodes, à analyser les résultats d'un algorithme, etc.

**Compétences évaluées :**

- Modélisation
  - Recherche et Développement
- 

**CM :**

1. Intro (1.5 h)
2. Prog. Dynamique (1.5 h)
3. Apprentissage par Renforcement (1.5 h)
4. Méthodes approchées (1.5 h)
5. Difficultés classiques (1.5 h)
6. Apprentissage par Renforcement Profond (1.5 h)

**TD :**

1. Modéliser une Question (3.0 h)

**TP :**

1. Probl. Académiques (3.0 h)

2. Probl. Continus (3.0 h)
3. App. Renf. Profond (3.0 h)

---

## BASES DE DONNÉES AVANCÉES

**Responsable de cours :** Stéphane Vialle

**Total :** 23.0 h (électif)

**CM :** 9.0 h, **TD :** 3.0 h, **TP :** 6.0 h, **Projet :** 4.5 h

SPM-INF-018

*retour*

**Description :** Mécanismes d'indexation des BdD relationnelles et d'optimisation des requêtes, mise en oeuvre et mesure de performances. Principes des 'Object Relational Mappers' (ORM) et exemples d'API. Emergence des BdD NoSQL : limitations du modèle relationnel ('Object–relational impedance mismatch' et 'OnLine Analytical Processing') ; besoins de volumétries 'web-scale' ; mécanisme de distribution massive avec tolérance aux pannes ('sharding' et réplication) ; compromis cohérence-disponibilité. Introduction aux différentes BdD NoSQL (orientées colonnes, documents, clé-valeur, graphes, index inversés). Principes et intérêts du nettoyage et de la préparation des données. Présentation de MongoDB (architecture, ingestion de données, interrogation, framework d'agrégation, mécanisme de jointure, indexation). Mise en oeuvre de MongoDB sur des 'Open Data'

**Acquis d'apprentissage :** A l'issue de ce cours les étudiants sauront optimiser le fonctionnement d'une BdD SQL et l'interfacer avec un langage de programmation. Ils sauront également programmer une BdD NOSQL orientée documents sans schémas précis, réaliser un nettoyage et une préparation des données, puis analyse de ces données nettoyées et préparées.

**Modalités d'évaluation :** Rapport et soutenance de projet

**Compétences évaluées :**

- Modélisation
  - Système
  - Développement
- 

**CM :**

1. Cours d'indexation et d'optimisation d'une BdD relationnelle (1.5 h)
2. Cours de principes et d'exemples d'ORM (1.5 h)
3. Cours d'introduction aux BdD NoSQL : émergence et types de bases) (1.5 h)
4. Cours d'introduction aux BdD NoSQL : mécanismes, construction de bases, déploiement) (1.5 h)
5. Cours de présentation de MongoDB (1.5 h)
6. Cours sur la nécessité du nettoyage et de la préparation des données (1.5 h)

**TD :**

1. TD d'optimisation d'une BdD relationnelle (1.5 h)
2. TD de préparation des données en MongoDB (1.5 h)

**TP :**

1. TP d'optimisation d'une BdD relationnelle (3.0 h)
2. TP d'interrogation d'une BdD MongoDB (3.0 h)

---

## TRAITEMENT AUTOMATIQUE DU LANGAGE NATUREL

**Responsable de cours :** Joël Legrand

**Total :** 36.0 h

**CM :** 9.0 h, **TP :** 25.0 h

3MD4150

*retour*

**Description :** Ce cours explore les fondamentaux du traitement automatique du langage naturel (TALN), couvrant des sujets tels que les word embeddings, les modèles de langue, les réseaux de neurones récurrents et récursifs, les transformers, permettant aux étudiants de maîtriser l'analyse et la génération de texte.

**Contenu :** Cet enseignement introduit les principales théories linguistiques permettant de modéliser le langage naturel (ex : grammaires formelles, grammaires de dépendances, ...). Il présente les différents outils de traitement automatique de langues (TAL) disponibles ainsi que modèles statistiques à la base de ceux-ci. L'accent sera notamment porté sur les méthodes d'apprentissage profond qui constituent l'état de l'art pour la plupart des tâches de TAL.

**Prérequis :** Maîtriser les concepts de base de l'apprentissage automatique Avoir une expérience d'utilisation de librairie d'apprentissage profond (Tensorflow, pytorch, torch, ...)

**Acquis d'apprentissage :** À la fin de ce cours, les participants auront acquis une compréhension approfondie des concepts fondamentaux du NLP. Ils seront en mesure d'appliquer des techniques de prétraitement de texte pour nettoyer et organiser des données linguistiques, ainsi que d'utiliser des modèles de langage pré-entraînés pour diverses tâches telles que la classification de texte, la génération de texte, la traduction automatique. Les apprenants seront compétents dans l'utilisation de bibliothèques populaires de traitement du langage naturel telles que NLTK, SpaCy, Transformers.

**Méthodes pédagogiques :** Chaque séance comprendra une partie de cours magistral (CM) au cours duquel de nouvelles notions seront introduites, suivie d'une séance de travaux pratiques (TP) sur machine. Les TP seront des applications directes des notions vues en CM. L'ensemble du matériel pédagogique (support de CM et de TP) sera fourni aux étudiants.

**Modalités d'évaluation :** Examen écrit de 2h, ratrappable.

**Compétences évaluées :**

- Recherche et Développement
  - Business Intelligence
- 

**CM :**

1. Word representations (1.0 h)
2. Language models (1.0 h)
3. Sequence labeling (1.0 h)
4. Sentence classification (1.0 h)
5. Syntactic analysis : constituency parsing (1.0 h)
6. Syntactic analysis and RNN (1.0 h)
7. Machine translation (1.0 h)
8. Machine translations with Seq2seq RNN and attention mechanisms (1.0 h)
9. Le modèle transformer (1.0 h)

**TP :**

1. Word representations (2.0 h)
2. Word embeddings (2.0 h)
3. Sequence labeling (2.0 h)
4. LSTM (2.0 h)

5. RNN language model (2.0 h)
6. Sentiment analysis with RNN (2.0 h)
7. Machine translation (2.0 h)
8. Machine translations with Seq2seq RNN and attention mechanisms (2.0 h)
9. Le modèle transformer (2.0 h)
10. Fine-tuning de transformers génératifs (4.0 h)
11. Retrieval-augmented generation (RAG) (3.0 h)

---

## PERSPECTIVES EN APPRENTISSAGE ET INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

**Responsable de cours :** Joël Legrand

**Total :** 23.5 h

**CM :** 8.5 h, **TP :** 15.0 h

3MD4110

*retour*

**Description :** Ce module propose une ouverture vers des applications concrètes de l'apprentissage automatique à travers des interventions de chercheurs et d'industriels. Chaque séance met en lumière un domaine d'application spécifique (santé, finance, énergie, robotique, etc.), illustrant comment des techniques classiques ou avancées sont mobilisées pour répondre à des problématiques réelles. Ces interventions complètent les enseignements académiques en exposant les étudiants à des approches parfois plus poussées, favorisant ainsi une compréhension élargie des défis et des pratiques actuelles en milieu professionnel ou en recherche.

**Prérequis :** Ce module requiert une bonne maîtrise des concepts d'apprentissage automatique abordés dans les différents cours de la mention SDI-Metz (Deep learning, Natural language processing, Machine Learning, ...).

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce module, les étudiants auront acquis une vision élargie des applications concrètes de l'apprentissage automatique dans différents secteurs. Ils seront capables d'analyser des problématiques réelles sous l'angle de l'IA, de comprendre les choix méthodologiques faits par des experts, et d'identifier les contraintes spécifiques liées à l'implémentation de solutions en contexte industriel ou de recherche. Ce module développera également leur capacité à dialoguer avec des professionnels du domaine et à se projeter dans des projets interdisciplinaires mobilisant l'apprentissage automatique.

**Moyens :** Chaque module (5 au total) est assuré par un industriel ou un chercheur. Il est composé d'un cours magistral de 1h30 suivi d'une session pratique de 3h.

**Modalités d'évaluation :** À la fin de chaque session pratique, un rendu sera exigé par l'intervenant. Un seul rendu sera ensuite sélectionné aléatoirement pour être évalué par l'intervenant en question. La note attribuée servira d'évaluation pour l'ensemble du module.

**Compétences évaluées :**

- Recherche et Développement
  - Développement
- 

**CM :**

1. Introduction (1.0 h)
2. Conférence 1 (1.5 h)
3. Conférence 2 (1.5 h)
4. Conférence 3 (1.5 h)
5. Conférence 4 (1.5 h)
6. Conférence 5 (1.5 h)

**TP :**

1. TP 1 (3.0 h)
2. TP 2 (3.0 h)
3. TP 3 (3.0 h)
4. TP 4 (3.0 h)
5. TP 5 (3.0 h)

---

## GESTION FINANCIÈRE

**Responsable de cours :** Hervé Frezza-Buet, Damien Rontani

**Total :** 15.0 h

**CM :** 7.5 h, **TD :** 7.5 h

SPM-HEP-007

*retour*

**Description :** Ce module a pour objectif de doter les élèves-ingénieurs des fondamentaux de la gestion financière appliquée aux projets innovants et à l'entrepreneuriat. Conçu spécifiquement pour les profils techniques en phase de création ou de développement de startups, il combine une approche comptable rigoureuse (lecture et interprétation du bilan, compte de résultat, tableau des flux de trésorerie, analyse des coûts) avec une compréhension fine des logiques de financement propres à l'innovation (levée de fonds, capital-risque, subventions, prévision de trésorerie, évaluation d'entreprise). L'ensemble du cours est structuré autour d'une étude de cas fil rouge : une startup fictive technologique que les étudiants suivent dans son développement, en mobilisant progressivement les outils d'analyse et de pilotage financier. Le module accorde une attention particulière aux spécificités des entreprises tech (actifs immatériels, KPIs SaaS comme le CAC ou le CLV, méthodes de valorisation adaptées) et introduit également les grandes stratégies de gestion des risques financiers. La pédagogie est interactive, avec des travaux en groupe, des simulations sur Excel et des restitutions orales, afin de préparer les étudiants à prendre des décisions financières éclairées dans des environnements complexes, mouvants et incertains.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, les élèves seront capables d'interpréter des états financiers et de développer des stratégies pour financer des projets audacieux.

**Modalités d'évaluation :** examen QCM + restitution étude de cas

**Compétences évaluées :**

- Business Intelligence
- 

**CM :**

1. Introduction à la gestion financière pour l'innovation (1.0 h)
2. Lecture des états financiers : bilan, compte de résultat, flux de trésorerie (1.0 h)
3. Comptabilité analytique & analyse de rentabilité (1.0 h)
4. Trésorerie et besoin en fonds de roulement (BFR) (1.0 h)
5. Méthodes d'évaluation des startups (1.5 h)
6. Stratégies de financement de l'innovation (1.0 h)
7. Gestion des risques financiers liés à l'innovation (1.0 h)

**TD :**

1. Analyse d'états financiers simplifiés (2.0 h)
2. Application à la structure de coûts de la startup (1.0 h)
3. Construction d'un plan de trésorerie (1.0 h)
4. Valorisation de la startup fictive (1.5 h)
5. Construction d'une stratégie de financement (1.0 h)
6. Finalisation & restitution de l'étude de cas (1.0 h)

---

## MANAGEMENT

**Responsable de cours :** Damien Rontani, Hervé Frezza-Buet

**Total :** 19.0 h

**TD :** 19.0 h

SPM-HEP-022

*retour*

**Description :** L'objectif de ce cours est de permettre aux élèves de comprendre les dynamiques personnelles et interpersonnelles à l'oeuvre dans un contexte professionnel de manière à gérer humainement et efficacement leur carrière et leurs projets.

**Acquis d'apprentissage :** By the end of this course, students will have acquired knowledge and skills in self-awareness tools and in understanding team and organizational dynamics, enabling them to manage projects and change initiatives effectively with various stakeholders.

**Compétences évaluées :**

- Management
- 

**TD :**

1. tbd (19.0 h)

---

## STAGE DE FIN D'ÉTUDES

**Responsable de cours :** Hervé Frezza-Buet, Damien Rontani

---

SPM-STA-003

*retour*

**Description :** Stage de fin d'étude, 22 semaines minimum, en entreprise ou laboratoire de recherche. Ce stage a pour objectif de mettre les étudiants dans une situation d'ingénieur junior afin qu'ils approfondissent leurs connaissances et compétences professionnelles. L'étudiant doit être intégré à une équipe et placé sous la responsabilité d'un ingénieur. Il doit participer aux activités de l'équipe avec un bon niveau d'initiative et d'autonomie. Lors de son immersion, l'étudiant doit à la fois répondre aux enjeux techniques de son travail et prendre le recul nécessaire sur les dimensions méthodologiques, éthiques et organisationnelle de son travail. Il doit en particulier être capable de formaliser ou reformuler les attentes sur son travail et de le resituer dans une vue plus large. L'évaluation prendra en compte ces deux dimensions et les capacités d'intégration, de travail en équipe, de communication, de recherche active d'information et d'analyse des besoins de formation de l'étudiant.

**Acquis d'apprentissage :** Capacité à travailler en tant qu'ingénieur junior en entreprise, chercheur junior en laboratoire de recherche.

**Modalités d'évaluation :** Rapport de stage et soutenance

**Compétences évaluées :**

- Modélisation
- Recherche et Développement
- Développement
- Certification
- Système
- Conseil
- Business Intelligence
- Management

---

## LANGUES VIVANTES ET CULTURE 1

**Responsable de cours :** Elisabeth Leuba

**Total :** 11.5 h

**TD :** 11.5 h

LV1S10

*retour*

**Description :** La Langue Vivante 1 sera généralement l'anglais. Répartis par niveau, les étudiants travailleront non seulement les 4 compétences langagières mais aborderont aussi des sujets variés qu'ils approfondiront suivant leur niveau. Les sujets traités peuvent être d'ordre civilisationnel, sociétal, professionnel, etc. Les effectifs des groupes constitueront un environnement propice à une participation active et une progression conséquente dans la langue. Différentes méthodes pédagogiques seront utilisées : travail en groupe, exposés, exercices spécifiques, recherche, débats, etc.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, l'élève aura progressé pour communiquer dans un environnement universitaire, professionnel ou personnel internationalisé

**Compétences évaluées :**

- Recherche et Développement
  - Conseil
  - Business Intelligence
  - Management
- 

**TD :**

1. Cours (11.5 h)

---

## LANGUES VIVANTES ET CULTURE 2

**Responsable de cours :** Beate Mansanti

**Total :** 11.5 h

**TD :** 11.5 h

LV2S10

*retour*

**Description :** En Langue Vivante 2, une offre de plusieurs langues sera proposée aux étudiants, en poursuite d'étude ou en débutant. Répartis par niveau, les étudiants travailleront non seulement les 4 compétences langagières mais aborderont aussi des sujets variés qu'ils approfondiront suivant leur niveau. Les sujets traités peuvent être d'ordre civilisationnel, sociétal, professionnel, etc. Les effectifs des groupes constitueront un environnement propice à une participation active et une progression conséquente dans la langue. Différentes méthodes pédagogiques seront utilisées : travail en groupe, exposés, exercices spécifiques, recherche, débats, etc.

**Acquis d'apprentissage :** À l'issue de ce cours, l'élève aura progressé pour communiquer dans un environnement universitaire, professionnel ou personnel internationalisé

**Compétences évaluées :**

- Recherche et Développement
  - Conseil
  - Business Intelligence
  - Management
- 

**TD :**

1. Cours (11.5 h)