

(UE 1.1 – EC 1)

CHPS0701 Algorithmique et programmation parallèle

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
5	20	10	10	40	30	70	10

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	DST (2h)	projet	oral (30')
session 1	50%	50%	-
session 2	-		50%

- **Objectifs généraux :**
 - Principaux paradigmes du parallélisme : architectures, algorithmes, programmation
 - Problématiques conceptuelles et technologiques associées au calcul haute performance
 - Algorithmique parallèle, conception, analyse de performance
 - Modèles et environnements de programmation parallèle
- **Objectifs spécifiques :**
 - Modélisation par des méthodes de régression linéaire
- **Connaissances requises :**
 - Algorithmique et structures de données élémentaires
 - Notions de base en programmation multi-threadée (verrous, synchronisations)
 - Programmation C/C++
- **Programme :**
 - Architecture des ordinateurs parallèles :
 - machines à mémoire distribuée / à mémoire partagée, architectures hybrides
 - plateformes de calcul : clusters, processeurs multi-cœur, accélérateurs matériels
 - réseaux d'interconnexion : arbre, étoile, anneau, grille, hypercube ; simulations d'une architecture sur une autre
 - Algorithmique parallèle : modèles PRAM et DRAM
 - Algorithmique sur l'hypercube
 - Mesures de performance des algorithmes parallèles : accélération, efficacité, iso-efficacité
 - Environnements de programmation parallèle : MPI, OpenMP

(UE 1.1 – EC 2)

CHPS0702 Technologies des supercalculateurs

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
5	14	-	16	30	25	55	10

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	projet	oral
session 1	50%	50%
session 2		

- **Objectifs généraux :**
 - Utilisation de supercalculateurs
 - Veille technologique sur la base de présentations en langue anglaise (participation à des workshops / ...)
- **Objectifs spécifiques :**
 - Compréhension du contexte national et international du HPC et de ses enjeux futurs
 - Installation et configuration d'un cluster Linux HPC ; utilisation de gestionnaires de packages (module, spack)
 - Infrastructures cloud et grilles
- **Connaissances requises :**
 - Notions de base sur l'utilisation et l'administration d'une machine Linux
- **Programme :**
 - Introduction au calcul haute performance et présentation du contexte international
 - Présentation d'un centre de calcul, et en particulier du mésocentre de calcul régional ROMEO
 - Utilisation d'un supercalculateur moderne
 - Composantes principales d'un supercalculateur
 - Détail et mise en œuvre des différentes briques logicielles constituant les supercalculateurs ; administration, maintenance
 - Les enjeux futurs du calcul haute performance

(UE 1.2 – EC 1)

CHPS0703 Traitement d'images (mutualisé avec le M2 MA - parcours CS)

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
4	8	8	10	26	20	46	-

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	DST (2h)	CRTP	oral (30')
session 1	50%	50%	-
session 2	-		50%

- **Objectifs :**
 - L'objectif de cet enseignement est d'acquérir les notions fondamentales et les principes de bases pour l'étude, l'analyse et le traitement des images numériques
- **Compétences générales visées :**
 - Traitement et analyse d'images
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Compréhension et mise en œuvre des algorithmes classiques de traitement d'images
 - Connaissances de base sur une chaîne de traitement d'images, le filtrage, les notions de contour et de région et la classification de données pour le traitement des images
- **Connaissances requises :**
 - Notions de base de Mathématiques ; algorithmique et complexité ; programmation
- **Programme :**
 - Images : définition, exemples, caractéristiques
 - Images : modélisation (grille, topologie)
 - Traitement d'images : définition, exemples
 - Outils d'imagerie discrète
 - Opérateurs linéaires
 - Opérateurs non-linéaires
 - Structures hiérarchiques

(UE 1.2 – EC 2)

CHPS0704 Inférence statistique et modélisation

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
4	16	10	4	30	25	55	10

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	DST (2h)	CRTP	oral (30')
session 1	50%	50%	-
session 2	-		50%

- **Objectifs :**
 - Maîtrise des différentes étapes de la mise en œuvre d'une analyse statistique dans un objectif de modélisation
 - Maîtrise des tests paramétriques usuels
 - Mise en application avec le logiciel R
- **Compétences générales visées :**
 - Analyse statistique des données
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Modélisation par des méthodes de régression linéaire
- **Connaissances requises :**
 - Probabilités et statistiques niveau premier cycle scientifique.
 - Connaissance de base du logiciel R.
- **Programme :**
 - Estimation empirique
 - Estimation par des méthodes élaborées :
 - méthode des moments
 - méthode du maximum de vraisemblance
 - Intervalle de confiance
 - Introduction au test ; tests paramétriques usuels
 - Modélisation :
 - modélisation linéaire
 - ANOVA

(UE 1.3 – EC 1)

CHPS0705 Génie logiciel

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
4	10	10	10	30	25	55	10

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	DST (2h)	CRTP	oral (30')
session 1	50%	50%	-
session 2	-		50%

- **Objectifs :**
 - Être capable de définir et de gérer la politique de développement d'un projet dans un contexte hautement collaboratif
- **Compétences générales visées :**
 - Appréhension des modèles à objet
 - Compréhension des enjeux d'un développement industriel dans un contexte Agile
 - Gestion de projet collaborative
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Acquisition/renforcement de la modélisation UML
 - Maîtrise des patrons de conception objet
 - Prise en main d'un gestionnaire de versions décentralisé
- **Connaissances requises :**
 - Programmation orientée objet
- **Programme :**
 - Présentation des modèles à objet
 - Les relations entre objets : étude des différents types de couplage
 - La modélisation UML : présentation, étude des principaux diagrammes et écueils à éviter
 - Les patrons de conceptions : présentation et mise en œuvre
 - Modèle Vue Contrôleur (MVC) : présentation et étude de cas
 - Gestion de projet Agile : manifeste Agile, bonnes pratiques et détails autour de l'Extreme Programming (XP)

(UE 1.3 – EC 2)

CHPS0706 Introduction aux éléments finis

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
4	14	6	10	30	25	55	10

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	DST (2h)	CRTP	oral (30')
session 1	50%	50%	-
session 2	-		50%

- **Objectifs généraux :**
 - Appliquer sur ordinateur la méthode des éléments finis et les méthodes numériques associées
 - Obtenir les bases fondamentales de la simulation numérique et de l'intelligence artificielle
- **Objectifs spécifiques :**
 - Mise en œuvre informatique de la méthode des éléments finis
- **Connaissances requises :**
 - Bases de calcul différentiel et intégral ; intégration numérique.
 - Algorithmique/Programmation
- **Programme :**
 - Maillages : triangulation, qualité, structures de données
 - Modélisation de la diffusion et du transfert thermique
 - Méthode des Eléments Finis en 2D : formulation variationnelle, méthode de Galerkin, discrétisation EF-P1, coefficients élémentaires, intégration numérique, algorithme d'assemblage du système linéaire
 - Systèmes linéaires creux : méthodes numériques ; préconditionnement ; stockage creux
 - Mise en œuvre en Octave/Matlab et FreeFem++

(UE 1.4 – EC 1)

An0711 Anglais

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
4	-	20	-	20	10	30	-

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	projet	oral
session 1	50%	50%
session 2		

- **Objectifs :**
 - Acquérir les compétences de base de l'Anglais technique dans le domaine de l'Informatique
- **Compétences générales visées :**
 - Compétences relatives à l'apprentissage d'une langue étrangère au niveau B2 du Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues (CECRL) : compréhension de l'oral, compréhension de l'écrit, expression orale en continu et en interaction, expression écrite
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Faire une présentation orale convaincante d'un thème/document étudié (méthodologie de la communication)
 - Ecrire un texte argumentatif (méthodologie de l'essay)
 - Elargir sa connaissance du lexique relatif à l'Informatique et aux TIC à travers les documents étudiés
- **Connaissances requises :**
 - Etude de la langue anglaise dans l'enseignement secondaire et supérieur
- **Programme (non exhaustif) :**
 - L'ordinateur et les TIC : matériel et logiciels ; les systèmes d'exploitation ; les langages de programmation ; Informatique, Internet et société (programme non exhaustif)

(UE 2.1 – EC 1)

CHPS0801 Modèles de programmation parallèle

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
4	12	6	12	30	25	55	10

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	projet	oral
session 1	50%	50%
session 2		

- **Objectifs :**
 - Programmation parallèle avancée
- **Compétences générales visées :**
 - Maîtriser différents modèles de programmation parallèle
 - Choisir le mieux adapté vis-à-vis de l'application et de la machine cible
 - Comprendre les défis liés aux modèles de programmation sur les machines actuelles et futures
 - Maîtriser des technologies avancées (potentiellement encore au stade recherche)
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Analyse fine d'un programme en vue de sa parallélisation
 - Choix du modèle de programmation le mieux adapté au besoin de performance
 - Mise en pratique sur des applications réalistes (charge équilibrée ou non)
 - Analyse et compréhension de troubles de performances selon le modèle de programmation
- **Connaissances requises :**
 - Programmation C/C++
 - Programmation parallèle (mémoire partagée / mémoire distribuée)
- **Programme :**
 - Présentation de modèles de programmation avancés : Bulk synchronous, multi-threading, modèle de programmation par tâche
 - Mise en pratique sur des cas concrets rencontrés en situation réelle
 - C++ pour le HPC
 - Profiling d'application
 - Mise en évidence des problèmes de portabilité de performances (mise en pratique avec Kokkos)

(UE 2.1 – EC 2)

CHPS0802 Programmation GPU

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
4	16	-	14	30	25	55	10

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	C RTP	projet	oral (30')
session 1	50%	50%	-
session 2	25%	25%	50%

- **Objectifs :**
 - Fournir aux étudiants une introduction à la programmation massivement parallèle sur GPU, au travers de l'étude approfondie de cas d'applications concrets
- **Compétences générales visées :**
 - Programmation hétérogène sur architecture GPU et manycore
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Programmation graphique 3D en temps réel
 - Programmation parallèle sur GPU
 - Programmation en CUDA et OPENCL
- **Connaissances requises :**
 - Programmation C/C++.
 - Programmation parallèle (mémoire partagée / mémoire distribuée)
- **Programme :**
 - Modèles de programmation (architecture, modèle mémoire, programmation parallèle)
 - Programmation graphique avancée (tracé de rayons temps réel, ...)
 - Méthode et outils de débogage et d'optimisation (NSIGHT, ...)
 - Programmation GPGPU / manycore (portage d'algorithmes sur architectures massivement parallèles, localité mémoire, stratégie de cache, vectorisation ...)
 - Algorithmique manycore (tri parallèle, résolution de systèmes linéaires, générateurs de nombres aléatoires, ...)

(UE 2.2 – EC 1)

CHPS0803 Informatique graphique et réalité virtuelle

ECTS	volumes horaires						dont
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
4	10	12	12	34	25	59	-

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	DST (2h)	CRTP	oral (30')
session 1	50%	50%	-
session 2	-		50%

- **Objectifs :**
L'objet de cet enseignement est de présenter :
 - les différentes étapes de la génération d'une image de synthèse à partir d'un modèle 3D
 - un état de l'art sur les concepts fondamentaux, les principaux modèles et les différents matériels existants autour de la réalité virtuelle et/ou augmentée
 - ainsi qu'une mise en pratique des principaux concepts avec quelques outils dédiés
- **Compétences générales visées :**
 - Aspects conceptuels, matériels et logiciels de la réalité virtuelle et augmentée
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Maîtriser les différentes étapes de la génération d'une image de synthèse à partir d'objets 3D
 - Implémenter une application de rendu 3D
 - Comprendre et maîtriser les différents aspects matériels et logiciels de la réalité virtuelle
 - Connaître, comprendre, et évaluer les différentes techniques de la réalité virtuelle et augmentée
 - Concevoir et évaluer un projet d'environnement virtuel à partir d'objectifs définis
- **Connaissances requises :**
 - Notions de base de Mathématiques ; algorithmique et complexité ; programmation en C++ et en Python
- **Programme :**
 - **Informatique graphique :**
 - Représentation, modélisation d'objet 3D et traitement algorithmique pour la synthèse d'images
 - Graphe de scène et représentation hiérarchique
 - Z-Buffer, ray-tracing
 - Rendu réaliste (radiométrie, méthodes de Monte-Carlo, modèles de matériaux)
 - OpenGL et shader, ...
 - **Réalité virtuelle et réalité augmentée :**
 - Aspects généraux ; historique
 - Concepts de base et définitions
 - Interfaces et technologies : différents types d'interfaces
 - Techniques associées à la réalité virtuelle et à la réalité augmentée
 - Visualisation immersive et interaction

(UE 2.2 – EC 2)

CHPS0804 Introduction à l'IA

ECTS	volumes horaires						dont
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
4	14	-	16	30	25	55	10

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	C RTP	projet	oral (30')
session 1	50%	50%	-
session 2	25%	25%	50%

- **Objectifs généraux :**
 - Les différentes approches du machine learning
 - Architecture des réseaux de neurones élémentaires
 - Principaux algorithmes du machine learning
- **Objectifs spécifiques :**
 - Connaissance des principales méthodes pour la classification et la régression linéaire
 - Connaître les principaux frameworks et bibliothèques pour le machine learning
 - Réaliser un projet de bout-à-bout (organisation du dataset, choix des algorithmes, entraînement, validation, déploiement)
- **Connaissances requises :**
 - Programmation en langage Python
- **Programme :**
 - Introduction au machine learning avec Scikit-Learn
 - Régression Linéaire
 - régression lineaire simple et polynomiale
 - KNN
 - Régression Logistique (classification)
 - Gaussian
 - arbres de décision / forêts aléatoires
 - boosting
 - SVM
 - réseaux de neurones
 - Clustering
 - KMeans
 - DBSCAN
 - classification hiérarchique
 - Réduction de la dimensionnalité
 - Préparation et découpage de données
 - Les principales métriques de performance, leurs atouts et inconvénients
 - Introduction aux réseaux de neurones profonds
 - frameworks Pytorch et Tensorflow
 - wrappers (Fast.ai, Keras, Pytorch-lightning)

(UE 2.3 – EC 1)

CHPS0805 Optimisation et recherche opérationnelle

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
4	20	10	10	40	30	70	10

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	DST (2h)	projet	oral (30')
session 1	50%	50%	-
session 2	-		50%

- **Objectifs :**
 - Acquérir les connaissances de base permettant d'appréhender la résolution d'un problème d'optimisation
 - Se familiariser avec les différentes méthodes d'optimisation et leurs implémentations logicielles
 - Développer une application permettant de résoudre un problème d'optimisation donné
- **Compétences générales visées :**
 - Domaines d'application de l'optimisation et de la recherche opérationnelle
 - Modélisation de problèmes d'optimisation dans un paradigme donné
 - Méthodes d'optimisation exactes, heuristiques et méta-heuristiques
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Programmation linéaire
 - Programmation dynamique
 - Résolution exacte ou approchée de problèmes d'optimisation
 - Implémentation logicielle de méthodes d'optimisation, utilisation d'outils libres et commerciaux
- **Connaissances requises :**
 - Algorithmique et structures de données élémentaires (tas, piles, files, listes, arbres, graphes)
 - Programmation C/C++
- **Programme :**
 - Programmation linéaire : méthode du simplexe, dualité
 - Programmation dynamique : modélisation sous forme de problèmes de plus courts chemins
 - Problèmes d'optimisation : voyageur de commerce, sac à dos, ordonnancement, flot
 - Programmation linéaire en nombres entiers : méthodes *branch and bound*
 - Notion de voisinage, méthodes de recherche locale, heuristiques
 - Méta-heuristiques : algorithmes génétiques, optimisation par colonie de fourmis, recherche taboue

(UE 2.3 – EC 2)

CHPS0806 Etude bibliographique

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
2	4	6	-	10	70	80	-

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	CR	oral
session 1	50%	50%
session 2		

- **Objectifs :**
 - Initier à la recherche bibliographique et à la synthèse de l'information scientifique
- **Compétences générales visées :**
 - Réaliser un état de l'art scientifique sur un thème associé à l'Informatique
 - Rechercher, analyser et comparer des informations provenant de sources scientifiques variées
 - Appréhender les questions scientifiques nouvelles et l'innovation en Informatique
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Savoir utiliser un logiciel de gestion bibliographique (Zotero, EndNote, BibTeX, ...)
 - Rédiger un rapport de synthèse bibliographique dans un style scientifique
 - Présenter oralement le résultat d'une étude bibliographique
- **Programme :**
 - Description et fonctionnement des bases de données scientifiques
 - Description d'un article scientifique et de la notion de bibliographie
 - Réalisation d'une étude bibliographique : recherche des informations, analyse et synthèse des informations, rédaction et présentation orale

Le travail demandé doit représenter l'équivalent de deux semaines de travail à temps plein.

(UE 2.4 – EC 1)

An0811 Anglais

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
3	-	20	-	20	10	30	-

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	projet	oral
session 1	50%	50%
session 2		

- **Objectifs :**
 - Consolider ses connaissances de l'Anglais technique dans le domaine de l'Informatique
 - Valider et consolider un niveau B2 du référentiel du Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues (CECRL)
- **Compétences générales visées :**
 - Compétences relatives à l'apprentissage d'une langue étrangère au niveau B2 du Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues (CECRL) : compréhension de l'oral, compréhension de l'écrit, expression orale en continu et en interaction, expression écrite
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Extraire des informations pertinentes dans un texte ou un dossier de textes
 - Prendre part à une discussion contradictoire
 - Elargir sa connaissance du lexique relatif à l'Informatique et aux TIC à travers les documents étudiés
- **Connaissances requises :**
 - Etude de la langue anglaise dans l'enseignement secondaire et supérieur
- **Programme (non exhaustif) :**
 - La sécurité des données et des réseaux, le cloud, la technologie portable, l'Internet des objets, le Big Data (programme non exhaustif)

Remarque : Etant donné le niveau attendu en fin de diplôme de Master (B2/C1), il est vivement recommandé de compléter les enseignements et apprentissages en TD d'Anglais par un travail personnel au CRL (Centre de Ressources en Langues) du campus. Ce travail complémentaire se fera en autonomie mais l'étudiant pourra bénéficier du guidage et de l'accompagnement de son enseignant d'Anglais.

(UE 2.4 – EC 2)

DI0801 Droit et Informatique

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
1	10	-	-	10	5	15	-

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	DS	DST	oral (30')
session 1	50%	50%	-
session 2	-	-	100%

- **Objectifs :**
 - Connaître la réglementation en vigueur liée à l'Informatique
- **Compétences générales visées :**
 - Appréhender les obligations liées aux réglementations en vigueur
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Connaître les niveaux de responsabilités des différents postes
 - Connaître les impératifs législatifs liés aux données informatiques
- **Programme :**
 - Lois classiques sur l'Informatique
 - Règles européennes
 - Nouvelles réglementations

(UE 2.4 – EC 3)

CHPS0807 Stage

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
4	1	-	-	1	280	281	-

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	CR	oral
<i>l'étudiant ne passe qu'une seule des deux sessions</i>	50%	50%

- **Objectifs :**
 - Traiter en entreprise d'un sujet préalablement étudié dans le cursus
- **Compétences générales visées :**
 - Connaître la vie de l'entreprise
 - Maîtriser les codes et usages du travail en entreprise
- **Programme :**
 - Le stage peut être à visée industrielle ou académique.
 - Le sujet est fixé en accord avec les responsables de la formation.
- **Durée minimale ; organisation :**
 - Durée minimale : 8 semaines équivalent temps plein
 - Le stage respecte le calendrier de l'alternance.
Pour les étudiants en FI classique, il peut commencer dès début janvier.

(UE 3.1 – EC 1)

CHPS0901 Programmation cluster

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
4	14	-	16	30	25	55	15

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	projet	oral	oral (30')
session 1	50%	50%	-
session 2	25%	25%	50%

- **Objectifs :**
 - Tirer parti d'un environnement HPC complet : cluster et environnement logiciel
- **Compétences générales visées :**
 - Conception d'applications parallèles sur architectures HPC
 - Connaissance de l'environnement technologique HPC actuel
 - Utilisation des moyens de calcul haute performance généralistes et spécialisés
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Développement d'applications sur architectures HPC dans un environnement Unix
 - Programmation parallèle avancée : hybridation OpenMP / MPI ; programmation multi-GPU OpenMP/CUDA et MPI/OpenMP/CUDA
 - Évaluation et optimisation des performances de codes parallèles
 - Placement des tâches et des données
- **Connaissances requises :**
 - Programmation C/C++
 - Programmation parallèle (mémoire partagée / mémoire distribuée) et accélérée
- **Programme :**
 - Architectures HPC : clusters de calcul, SMP, processeurs graphiques, cloud-computing
 - Modèles de mémoires : mémoires distribuées, mémoire partagée, mémoire interne à l'accélérateur de calcul
 - Panorama du calcul haute performance actuel (Top500, constructeurs, utilisateurs)
 - Systèmes d'exploitation HPC : Linux, Red Hat Cluster
 - Environnements de développement HPC : OpenMP, MPI, OpenACC, OpenStack

(UE 3.1 – EC 2)

CHPS0902 Virtualisation et cloud pour le HPC

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
4	14	-	16	30	25	55	10

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	ITP	CRTP	oral (30')
session 1	50%	50%	-
session 2	25%	25%	50%

- **Objectifs :**
 - Connaître, appréhender et mettre en œuvre les différents types de virtualisation
- **Compétences générales visées :**
 - Comprendre les problématiques liées à la virtualisation (accès aux éléments virtualisés, configuration du réseau, partage de ressources, ...)
 - Maîtriser la configuration et le déploiement de machines virtuelles et de conteneurs
 - Mettre en œuvre des environnements virtualisés sur des plateformes HPC et cloud
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Création d'une architecture virtualisée
 - Gestion de conteneurs Docker / Singularity
 - Utilisation des gestionnaires Docker Swarm / Kubernetes
- **Connaissances requises :**
 - Connaissances en administration Linux/Unix
 - Maîtrise de langages de scripting (bash, python)
- **Programme :**
 - Les solutions de virtualisation
 - isolation et conteneurs
 - hyperviseurs de types 1 & 2
 - Gestion des architectures virtuelles
 - installation des plates-formes d'exécution
 - création et configuration d'invités
 - exécution et gestion des invités
 - Gestion des ressources et déploiement d'applications
 - sur une plateforme HPC
 - sur un environnement cloud

(UE 3.2 – EC 1)

CHPS0903 Architecture des processeurs et optimisation

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
4	12	-	18	30	25	55	15

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	projet 1	projet 2
session 1	50%	50%
session 2		

- **Objectifs :**
 - Connaissances sur le fonctionnement interne des processeurs, et prise en compte pour le développement de programmes efficaces
- **Compétences générales visées :**
 - Connaissance avancée des processeurs et de leur fonctionnement interne, permettant leur meilleure exploitation dans un objectif de calcul haute performance
 - Connaissance et pratique des techniques d'optimisation classiques (blocking, double buffering, vectorisation)
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Connaissance des architectures scalaires et superscalaires des processeurs
 - Connaissance des mémoires caches et de leur fonctionnement
 - Connaissance des spécificités des architectures x86 (SMT, AVX, ...)
 - Connaissance des métriques d'optimisation (roofline model, taux de vectorisation)
- **Connaissances requises :**
 - Programmation C/C++
 - Programmation parallèle (mémoire partagée / mémoire distribuée)
- **Programme :**
 - Découverte des architectures des processeurs (ARM, x86) et des jeux d'instructions spécifiques
 - Mise en pratique des méthodes d'optimisation
 - résolution des partages de données
 - utilisation de la vectorisation
 - déroulage de boucles
 - double buffering
 - utilisation de halos
 - algorithmes bloqués

(UE 3.2 – EC 2)

CHPS0904 Accélérateurs & HPC

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
4	10	6	14	30	25	55	10

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	projet	oral
session 1	50%	50%
session 2		

- **Objectifs :**
 - Comprendre et mettre en œuvre à la bonne échelle la programmation hétérogène à l'aide des accélérateurs de calcul (GPU, FPGA) au sein de supercalculateurs
- **Compétences générales visées :**
 - Architectures des processeurs et accélérateurs
 - Programmation hétérogène
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Programmation CUDA, OpenACC, OpenMP pour accélérateurs, OpenCL
 - Architectures des accélérateurs GPU et FPGA, modèle de programmation
 - Utilisation des architectures CPU x86 et ARM
 - Programmation multi-GPU
 - Programmation MPI mono-nœud et multi-nœud
- **Connaissances requises :**
 - Programmation C/C++
 - Programmation parallèle, programmation GPU
- **Programme :**
 - Les différents types d'accélérateurs
 - architectures, analyse des hiérarchies mémoire
 - performances théoriques
 - modèles d'exécution, modèles de programmation
 - Les différentes API de programmation
 - Benchmarks, performances réelles
 - Résolution accélérée de problèmes concrets

(UE 3.3 – EC 1)

CHPS0905 Imagerie médicale

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
4	9	9	7	25	20	45	10

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	DST (2h)	projet	oral (30')
session 1	50%	50%	-
session 2	-		50%

- **Objectifs :**
 - Comprendre les problématiques liées à l'imagerie médicale 2D et 3D
 - Maîtriser les méthodes classiques de traitement et à l'analyse des images médicales
- **Compétences générales visées :**
 - Traitement et analyse d'images
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Maîtriser l'algorithmique pour l'imagerie médicale
 - Maîtriser programmation pour l'imagerie médicale 2D et 3D
 - Comprendre les enjeux technologiques et industriels afférents à l'imagerie médicale
- **Connaissances requises :**
 - Notions de base de Physique ; éléments de Mathématiques
 - Algorithmique et complexité ; programmation
 - Notions de traitement et d'analyse d'images
- **Programme :**
 - Modalités d'acquisition des images médicales (IRM, TDM, TEP...)
 - Physique de l'acquisition et physiologie
 - Propriétés des images médicales (structure, valeurs, ...)
 - Prétraitement (filtrage, débruitage, ...)
 - Recalage (temporel, multimodal, intrapatient, ...)
 - Segmentation et classification
 - Analyse (structurelle, quantitative, ...)
 - Modèles (atlas, patient-spécifique)
 - Simulation (physique, physiologique, biomécanique)
 - Applications cliniques

(UE 3.3 – EC 2)

CHPS0906 IA & HPC

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
4	14	-	16	30	25	55	10

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	CRTP	projet	oral (30')
session 1	50%	50%	-
session 2	25%	25%	50%

- **Objectifs :**
 - Etude, analyse et développement d'application de Deep Learning en contexte HPC ; applications
- **Compétences générales visées :**
 - Connaissance des principaux modèles de réseaux de neurones et leurs domaines d'application
 - Maîtrise de la constitution d'un jeu d'apprentissage
 - Caractérisation de la performance et réseau de neurones et optimisation
 - Utilisation de l'intelligence artificielle dans le développement d'objets connectés (IoT, HPDA, ...)
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Les applications industrielles du deep learning (traitement du signal, médecine, reconnaissance d'image, reconnaissance de la parole)
 - Développement d'applications de deep learning dans des environnements matériels fortement parallèles (HPC, GPU, TPU)
 - Application du deep learning au service de la simulation
- **Connaissances requises :**
 - Les bases du fonctionnement des frameworks TensorFlow/Keras et PyTorch
- **Programme :**
 - Etude et conception de modèles
 - Convolutional Neural Networks
 - Recurrent Neural Networks (RNN, LSTM, GRU) / Temporal Convolutional Networks
 - Generative Adversarial Networks
 - Etude d'éléments avancés
 - les principes des Transformers (et leurs utilisations avec les LLM et ViT)
 - Denoising Diffusion Probabilistic Networks
 - Deep Reinforcement Learning
 - Physics-Informed Neural Networks
 - Optimisation des modèles
 - Quantization, Pruning, Distillation
 - adaptation aux TPUs, dispositifs Edge (TensorRT, TinyML)

- (UE 3.4 – EC 1)

An0911 Anglais

ECTS	volumes horaires						dont
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
3	-	30	-	30	15	45	-

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	projet	oral
session 1	50%	50%
session 2		

- **Objectifs :**
 - Consolider ses connaissances de l'Anglais technique et professionnel
 - Valider et consolider un niveau B2/C1 du référentiel du Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues (CECRL)
- **Compétences générales visées :**
 - Compétences relatives à l'apprentissage d'une langue étrangère au niveau B2/C1 du Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues (CECRL) : compréhension de l'oral, compréhension de l'écrit, expression orale en continu et en interaction, expression écrite
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Savoir parler de son parcours universitaire et/ou professionnel, décrire ses missions et responsabilités
 - Elaborer CV et lettre de motivation en Anglais
 - Répondre aux questions types d'un entretien d'embauche en Anglais
 - Conduire et participer à une réunion professionnelle/scientifique ou technique
- **Connaissances requises :**
 - Avoir étudié et pratiqué la langue anglaise dans l'enseignement secondaire et supérieur
- **Programme :**
 - Présentation à l'oral et à l'écrit d'un stage / d'un projet de recherche
 - Elaboration d'un dossier de candidature (recherche d'une offre d'emploi, étude et élaboration du CV vidéo et papier et d'une lettre de motivation en fonction de l'offre)
 - Entraînement à l'entretien d'embauche en Anglais
 - Participation à une réunion : bref exposé, argumentation, analyse critique, prise de décision
 - Conduite de réunion : donner et prendre la parole, synthétiser, réguler
 - Présentation du TOEIC et des ressources possibles pour le travailler

Remarque : étant donné le niveau attendu en fin de diplôme de Master (B2/C1), il est vivement recommandé de compléter les enseignements et apprentissages en TD d'Anglais par un travail personnel au CRL (Centre de Ressources en Langues) du campus. Ce travail complémentaire se fera en autonomie mais l'étudiant pourra bénéficier du guidage et de l'accompagnement de son enseignant d'Anglais.

(UE 3.4 – EC 2)

CHPS0907 Gestion de projets

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
2	12	8	-	20	15	35	10

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	CR 1	CR 2
session 1	50%	50%
session 2		

- **Objectifs :**
 - Maîtriser les techniques de gestion et d'organisation des projets informatiques
- **Compétences générales visées :**
 - Rédaction de documents techniques
 - Organisation des équipes
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Connaître les méthodes de gestion de projet
 - Savoir exprimer un besoin : comprendre l'organisation d'un projet et le rôle des parties prenantes ; gérer la complexité
 - Savoir planifier des tâches et quantifier le travail associé
- **Connaissances requises :**
 - Bases de génie logiciel
- **Programme :**
 - Etat des lieux et évolution de la gestion de projet en entreprise
 - Le contenu et la rédaction d'un cahier des charges
 - Les outils de la gestion de projet (cycle en V, user story, epic, instances de Scrum, outils de testing)
 - Méthodes agiles (focus SCRUM, acculturation à Kanban, Extreme Programming, ...)
 - expression d'un besoin
 - notion de mvp
 - Estimation et planification des tâches à réaliser dans un projet

(UE 3.4 – EC 3)

CHPS0908 Conférences professionnelles

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
1	20	-	-	20	10	30	-

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	CR 1	CR 2
session 1	50%	50%
session 2		

- **Objectifs :**
 - Cette matière d'ouverture permet aux étudiants d'interagir avec des professionnels dans leur domaine d'activité, soit à travers des séminaires et exposés, soit en contact direct lors de salons professionnels.
 - Il est également envisagé la formation à des certifications professionnelles.
- **Compétences générales visées :**
 - Découvrir différents aspects de la vie professionnelle dans le domaine du HPC et de la simulation, de l'imagerie numérique, de l'IA, grâce à des conférences d'intervenants présentant leurs activités ou un projet particulier développé au sein de leur entreprise.
- **Programme :**
 - conférences et séminaires donnés par des professionnels
 - certifications professionnelles (NVIDIA et autres)
 - participation à des événements dans le domaine du HPC, Image et IA (Forum Teratec, Conférence Supercomputing)

(UE 4.1 – EC 1)

CHPS1001 Eléments de bioinformatique ; HPC pour la biologie

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
3	8	-	12	20	15	35	10

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	C RTP	projet	oral (30')
session 1	50%	50%	-
session 2	-		50%

- **Objectifs :**
 - Les objectifs sont de montrer comment les informations physiques, chimiques et biologiques sont intégrées dans la mise au point de méthodes informatiques permettant de répondre à des questions biologiques, et comment différentes approches et ressources informatiques sont mises en œuvre en bio-informatique, avec un focus sur les aspects HPC.
 - Différents niveaux de complexité de la biologie seront succinctement présentés avec les méthodologies utilisées pour générer les données qui seront traitées informatiquement. Les approches de bioinformatique seront alors déclinées selon chacun des niveaux considérés.
 - Les travaux pratiques associés présenteront les méthodes utilisées, et la validation sera effectuée par la déclinaison de projets individuels et/ou en équipe.
- **Compétences générales visées :**
 - S'insérer dans des projets multidisciplinaires et exploiter pleinement les approches HPC pour le traitement des données biologiques dans un contexte scientifique
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Méthodes informatiques de résolution de problèmes biologiques
 - Différentes approches et ressources informatiques en bio-informatique ; aspects HPC
- **Programme :**
 - **Cours magistraux**
 - Données biologiques, méthodes informatiques en bioinformatique et bases de données
 - Traitements informatiques des séquences et prédictions structure-fonction
 - Modélisation des structures moléculaires et des leurs interactions
 - Visualisations dédiées aux données bio-informatiques et aux objets biologiques
 - **Travaux pratiques**
 - Problématique de visualisation et de représentation spatiale de données informatiques
 - Traitement des séquences et utilisation des bases de données biologiques
 - Structure/fonction/dynamique d'interactions moléculaires
 - **Projets**
 - Projet de groupe sur une thématique d'intérêt scientifique en bioinformatique

(UE 4.1 – EC 2)

CHPS1002 Éléments de chimie théorique ; HPC pour la chimie

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
3	8	-	12	20	15	35	-

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	CRTP 1	CRTP 2	oral (30')
session 1	50%	50%	-
session 2	25%	25%	50%

- **Objectifs :**
 - Acquérir une base de connaissances sur les algorithmes majeurs rencontrés dans les méthodes de la Chimie théorique, en particulier en Chimie quantique
- **Compétences générales visées :**
 - Acquérir les éléments nécessaires pour un travail à l'interface Chimie théorique et de l'Informatique
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Comprendre les concepts de Chimie théorique et les grandes lignes d'une simulation moléculaire quantique sur des ressources HPC
 - Connaître la notion de densité électronique et son exploitation en vue d'identifier et quantifier les interactions chimiques au sein des systèmes moléculaires
 - Savoir programmer en Fortran (langage rencontré en majorité dans ce domaine)
- **Connaissances requises :**
 - Niveau de Terminale en Chimie (atome, électron)
 - Niveau 1er cycle scientifique en Mathématiques (diagonalisation de matrice, vecteur propre, déterminant, opérateur)
- **Programme :**
 - Programmation en langage Fortran :
 - les bases du langage
 - spécificités du langage dans le cadre du HPC (stockage mémoire, parallélisation OpenMP, ...)
 - Surface d'Énergie Potentielle (SEP) : gradient, point stationnaire, point selle d'ordre 1 et liens en Chimie
 - Notion centrale d'orbitale en Chimie quantique
 - Notion de densité électronique : calcul et exploitation
 - Mises en œuvre à travers le logiciel IGMPlot
 - installation du paquet
 - notions d'input/output
 - logiciel associé de post-visualisation des résultats (VMD)

(UE 4.1 – EC 3)

CHPS1003 Visualisation haute performance interactive

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
3	8	6	6	20	15	35	10

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	C RTP	projet	oral (30')
session 1	50%	50%	-
session 2	25%	25%	50%

- **Objectifs :**
 - Visualisation interactive de données massives
- **Compétences générales visées :**
 - Comprendre les stratégies de visualisation de données massives
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Gestion de mémoire et modèles out-of-core
 - Modèles de rendu (lancer de rayons vs rasterisation)
 - Visualisation multi-GPU
- **Programme :**
 - Motivations, contexte scientifique
 - Visualisation volumique haute performance
 - représentations volumiques
 - visualisation de données volumiques massives
 - Visualisation scientifique de données volumiques
 - microscopie virtuelle 2D
 - stéréoscopie et multiscopie
 - rendu volumique direct
 - Rendu volumique temps-réel sur GPU
 - méthodes basées texture
 - lancer de rayon
 - rendu distribué
 - Gestion de données out-of-core pour le rendu volumique
 - Vers un pipeline de virtualisation de très grands volumes de données entièrement gérée sur GPU

(UE 4.2 – EC 1)

CHPS1004 Image et IA

(mutualisé parcours IA pour la Santé)

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
3	6	6	8	20	15	35	10

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	C RTP	projet	oral (30')
session 1	50%	50%	-
session 2	25%	25%	50%

- **Objectifs :**
 - Être capable d'identifier et mettre en œuvre les algorithmes principaux de génération et de transformation d'images sous une forme qui relève du HPC
 - Savoir mettre en place des architectures de réseaux neuronaux profonds adéquates et optimisées pour les problèmes liés à la captation de flux denses d'images, la génération d'images et leur transformation et analyse
- **Compétences générales visées :**
 - Connaître et savoir évaluer les architectures de réseaux de neurones profonds pour l'analyse et la transformation d'images
- **Connaissances requises :**
 - Python NumPy
- **Programme :**
 - Réseaux convolutifs
 - Réseaux temporels
 - Autoencodeurs
 - Transformeurs
 - GAN
 - Apprentissage supervisé et auto-supervisé

(UE 4.3 – EC 1)

CHPS1005 Projet

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
4	1	-	-	1	140	141	-

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	projet	oral
<i>l'étudiant ne passe qu'une seule des deux sessions</i>	50%	50%

- **Objectifs :**
 - Projet intégrateur
- **Compétences générales visées :**
 - Exploiter l'ensemble des compétences et connaissances acquises afin de réaliser un projet répondant aux critères industriels
- **Programme :**
 - Le sujet est proposé :
 - - soit par un membre de l'équipe pédagogique du Master CHPS
 - - soit par l'entreprise dans laquelle l'étudiant effectue son alternance, quel que soit le type de contrat.
 - Le travail demandé doit représenter l'équivalent d'un mois de travail à temps plein.

(UE 4.4 – EC 1)

CHPS1006 Stage

ECTS	volumes horaires					dont	
	CM	TD	TP	Σ	travail étudiant	Σ	projet tutoré
14	1	-	-	1	560	561	-

Modalités de contrôle de connaissances (MCC)

	CR	oral
<i>l'étudiant ne passe qu'une seule des deux sessions</i>	50%	50%

- **Objectifs :**
 - Stage en entreprise, laboratoire ou service
 - Appliquer les compétences et connaissances acquises durant la formation
- **Compétences générales visées :**
 - Maîtriser les codes et usages du travail en entreprise
- **Compétences spécifiques visées :**
 - Connaître la vie de l'entreprise
- **Programme :**
 - Le stage peut être à visée industrielle ou académique.
 - Le sujet est fixé en accord avec les responsables de la formation.
- **Durée minimale ; organisation :**
 - Durée minimale : 16 semaines équivalent temps plein
 - Le stage respecte le calendrier de l'alternance.
Pour les étudiants en FI classique, il commence début janvier.