

## Dossier d'opportunité pour l'ouverture d'une formation en apprentissage Années 2019-2020

Coordonnées de l'organisme gestionnaire	FORMASUP Paris 4, rue Blaise Desgoffe 75006 Paris	
Nom du CFA	FORMASUP Paris	
Date de la commission de l'apprentissage visée		
Coordonnées du responsable du projet	CFA FORMASUP Paris Valérie CANTAT-LAMPIN Tél. : 01 53 63 53 52 <a href="mailto:cantat-lampin@formasup-paris.com">cantat-lampin@formasup-paris.com</a>	

### Synthèse du projet :

Code diplôme <sup>1</sup>	Habilitation maquette 2019-2023 en cours
Intitulé de la formation	Master 1 et 2 Bio-Informatique Parcours In Silico Drug Design - Modélisation des Macromolécules (ISDD-Macromolécules)
Niveau de la formation	Master 1 & 2
Durée de la formation (en mois)	24 mois sur le Master 12 mois si uniquement le Master 2
Lieu de la formation  <i>S'il s'agit d'un nouveau site, préciser le code UAI<sup>2</sup></i>	Université Paris Diderot Paris 7
Présentation synthétique de l'objet de la formation (nouvelle filière, sécurisation de parcours, domaine des métiers de la formation, ...)	<p>Le processus de conception d'un médicament reste une entreprise colossale en temps (15 ans minimum), en risque (probabilité de succès inférieure à 9,6%) et en moyens financiers (budget moyen de 800 millions d'euros). Les méthodes de Drug Design in silico facilitent la découverte de molécules bioactives, permettent de diminuer les coûts et d'identifier plus rapidement des molécules potentiellement thérapeutiques tout en suivant les nouvelles directives visant à réduire l'expérimentation animale. Elles ont démontré leur intérêt pour favoriser l'émergence de molécules innovantes au bénéfice de la santé humaine, et accélérer la prise de décision lors des projets de recherche et de développement de nouvelles molécules thérapeutiques (comme cela a été souligné par de nombreuses entreprises : <i>Lombardo, F. et al. 2017, In Silico Absorption, Distribution, Metabolism, Excretion, and Pharmacokinetics (ADME-PK): Utility and Best Practices. An Industry Perspective from the International Consortium for Innovation through Quality in Pharmaceutical Development. J. Med. Chem. 60, 9097-9113 (2017).</i></p> <p>L'université Paris Diderot, a ouvert la première formation novatrice de « In silico Drug Design (ISDD) » ou « Innovation thérapeutiques assistées par ordinateur », en 2010. Cette formation a été créée pour former des professionnels dans le domaine de l'innovation thérapeutique et de la recherche de nouvelles molécules assistées par ordinateur. Les apprentis sont formés aux approches in silico, (i) méthodologiques telles que la programmation, l'algorithmique, les biostatistiques, la modélisation mathématique, le développement de script permettant de chaîner des logiciels, mais aussi (ii) applicatives avec la connaissance de logiciels de pointe en</p>

<sup>1</sup> Si pas de code diplôme, merci de contacter [dominique.abriac@education.gouv.fr](mailto:dominique.abriac@education.gouv.fr)

<sup>2</sup> Si pas de code UAI, merci de contacter le SAIA

	chemoinformatique, bioinformatique structurale, criblage in silico, docking, dynamique moléculaire. Ils acquièrent ainsi l'ensemble des compétences nécessaires au design de nouvelles molécules thérapeutiques, assisté par ordinateur.
Pour l'enseignement supérieur : Domaine : Mention : Spécialité/Parcours :	Domaine : Sciences, Technologies, Santé Mention : Bio-Informatique Parcours In Silico Drug Design - Modélisation des Macromolécules (ISDD-Macromolécules)
Effectifs minimum Effectifs maximum	3 15
Participation régionale au titre de l'investissement sur les 3 ans à venir :	Oui <input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/>
Montant total de l'investissement nécessaire (subvention régionale ou taxe apprentissage)	

### Etude d'opportunité du projet :

#### Pré-requis nécessaires à l'instruction

Coût prévisionnel de la section par an (frais complets comprenant à la fois les frais pédagogiques et frais généraux) Cf. budget prévisionnel	<b>9970</b> euros pour le M1 <b>9970</b> euros pour le M2 <b>9970+9970= 19940</b> euros pour le Master complet Voire l'Annexe 6
Numéro de la fiche RNCP (fiche à fournir en PJ du dossier)	Maquette 2019-2023 : en cours, Annexe 2A  <u>Anciennes fiches RNCP mises en Annexes 2B et 2C.</u> 2B. 27303 Master mention In Silico Drug Design (Conception de Médicament Assistée par Ordinateur), spécialité analyse in silico des complexes médicament-macromolécules biologiques 2C. 26609 Master mention In Silico Drug Design (Conception de Médicament Assistée par Ordinateur), spécialité Développement In Silico Des Molécules Bioactives
Pour les formations autres que CAP, Bac Pro, MC, BP, BTS, DUT :  La formation a-t-elle récemment (ou doit-elle) faire l'objet d'une 1ère habilitation ou d'un renouvellement d'habilitation RNCP ou CTI ? (Si oui, joindre le dossier en PJ) Date de d'habilitation ou de renouvellement d'habilitation du titre	Oui doit faire l'objet d'une habilitation par le MESR dans le cadre du nouveau contrat d'établissement 2019-2023.
Identification des formations analogues existantes (Formation initiale et continue et le département d'implantation de la formation) : recherche de formations répondant aux mêmes codes ROME	C'est un parcours original et unique en France. Il n'existe pas de programmes identiques au parcours M1 et M2 en In Silico Drug Design - Modélisation des Macromolécules, qui dispense une formation avec une spécialisation en entreprise dans le domaine du drug design in silico. Il existe des Masters de Pharmacie qui intègrent des modules in silico ou en Chemoinformatique (Universités de Lille, Strasbourg, Nantes), mais ces masters ne combinent pas la modélisation in silico des molécules chimiques à celles des macromolécules thérapeutiques. De plus, aucun de ces masters n'est ouvert en apprentissage.

Volume horaire conventionnel (comme indiqué dans la saisie dans Glori@) <sup>3</sup>	MASTER 1 & 2 : (484+ 450) = 934h en présentiel <b>MASTER 1 : 484h en présentiel</b> MASTER 2 : 450 h en présentiel
Pour l'enseignement supérieur : <u>Avis du président de l'université ou de l'école d'ingénieur</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- attestant de l'ouverture de la formation pour la rentrée concernée,</li> <li>- autorisant l'ouverture de la formation en apprentissage avec le CFA (cf. critères d'instruction) et</li> <li>- s'engageant à affecter les ressources nécessaires à la bonne mise en œuvre de la formation en apprentissage</li> </ul>	Avis de La Présidente de l'Université Paris Diderot joint en Annexe 4.

### Vérification de l'inscription de la formation dans le positionnement métier du CFA

Préciser succinctement la stratégie du CFA	Cette formation répond au besoin des entreprises du secteur d'activité et à une demande des étudiants.
En cas de formations analogues existantes à proximité spécifier la valeur ajoutée de la demande	Il n'existe pas de formations similaires

### Vérification de l'adéquation de la formation avec les besoins économiques

Avis : <ul style="list-style-type: none"> <li>- branche et/ou</li> <li>- commission formation de la branche et/ou</li> <li>- données issues de l'observatoire de la branche</li> <li>- organisations professionnelles représentatives</li> </ul>	Ne relève pas d'une branche en particulier
Liste des employeurs soutenant le projet : Nom et lieu d'implantation, ont-ils déjà accueilli des apprentis (Oui/Non)	Entreprises soutenant le projet avec lettre de soutien : Sanofi-Aventis, Aneo, voire l'Annexe 5.
La formation s'appuie-t-elle sur un partenariat particulier avec le monde économique ? Si oui, préciser.	Des intervenants de plusieurs entreprises (Aventis-Sanofi, Servier, Galapagos, Anéo, Tripos, Helixem) participent aux enseignements en présentant les priorités de la recherche privée, animent des séminaires scientifiques ou de management de projets de recherche et/ou proposent des démonstrations de logiciels. De nombreuses propositions de stages de recherche ont régulièrement émané du privé par exemple Discngine, Servier, Galderma, oriBasePharma, Harmonic pharma, Sanofi- Aventis, L'Oréal, illustrant l'intérêt de cette formation pour contribuer à la recherche privée. Une visite sur le site d'Aventis-Sanofi avec une présentation de l'entreprise et des séminaires scientifiques est organisée chaque année.

### Vérification de l'adéquation de la formation avec la demande sociale

<sup>3</sup> **ATTENTION ! Ce volume horaire peut être différent du volume horaire plafonné (pris en charge par la subvention régionale) dont le référentiel est disponible dans la Base doc Glori@ (chemin: Accueil/2. Contrat de performance et effectifs/2.2. Contrat de performance/Procédure pour avenant et renouvellement/)**

La formation permet-elle à des jeunes déjà apprentis de poursuivre leur cursus ?	Oui, à la condition d'avoir les pré-requis
Si oui, quelles formations (et quels CFA et ville d'implantation) constitueraient son vivier ?	<p><u>Vivier pour le M1 :</u> Licence Sciences de la Vie/ du Vivant, Chimie, Bioinformatique, Biologie-Informatique, Biologie, Biochimie, Biologie Moléculaire, Biophysique, Chimie-Physique, Sciences Biomédicales ou équivalent.</p> <p><u>Vivier pour le M2 :</u> Master 1 ou 2 ou de Biologie, Biochimie, Chimie, Bio-Informatique, Pharmacie, Biophysique, du domaine de la santé ou équivalent.</p>
Existe-t-il des plans d'actions pour les jeunes en difficulté sérieuse d'apprentissage (afin de prévenir l'échec du jeune et la rupture du contrat) ?	<p>Compte tenu du niveau de recrutement, peu de jeunes devraient rencontrer des difficultés sérieuses d'apprentissage. Si tel était le cas, l'équipe pédagogique et notamment le tuteur universitaire se mobiliseront pour apporter l'aide nécessaire et éviter la rupture de contrat.</p> <p>Plans d'actions prévus pour prévenir l'échec du jeune et la rupture du contrat :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Préparation du jeune grâce à la recherche proactive d'entreprise dans un cadre d'échange et de transmission de documentation par les responsables de la formation.</li> <li>- Evaluation de la faisabilité du projet d'apprentissage proposé par l'entreprise par l'équipe pédagogique et les responsables de la formation.</li> <li>- Affinage du projet professionnel du jeune en impliquant le jeune, le maître d'apprentissage, le tuteur pédagogique et les responsables de la formation.</li> <li>- Accompagnement et suivi régulier du jeune par le maître d'apprentissage, le tuteur pédagogique et les responsables de la formation. Réajustement si nécessaire.</li> </ul>

## Déroulement de la formation et prise en compte des spécificités de l'alternance

### Dossier pédagogique

Description de la spécificité pédagogique (organisation du parcours de formation, grandes lignes du calendrier d'alternance...)	<p><u>Organisation du parcours</u> Parcours en alternance avec des périodes universitaires et <b>en entreprise</b>. En universités, des cours magistraux et des travaux dirigés et pratiques sont combinés avec des projets individuels ou à effectuer en groupe.</p> <p><u>Grande ligne du calendrier du parcours du parcours :</u></p> <p><u>En M1, les périodes de cours et en entreprise sont les suivantes :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>De septembre à fin février</b> : 3 jours de cours et <b>2 jours en entreprise</b></li> <li>- Mars : 3 semaines de cours et <b>1 semaine en entreprise</b></li> <li>- Avril : 1 mois de cours</li> <li>- <b>Mai à fin août</b> : <b>quatre mois en entreprise</b></li> </ul> <p><u>En M2, les périodes de cours et en entreprise sont les suivantes :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En septembre : 2 semaines de cours et <b>2 semaines en entreprise</b></li> <li>- Octobre à mi-novembre : un mois et une semaine de cours</li> <li>- Mi-novembre : <b>10 jours en entreprise</b></li> <li>- Fin novembre à la troisième semaine de décembre : un mois de cours</li> <li>- <b>De fin-décembre à mi-février</b> : <b>un mois et trois semaines en entreprise</b></li> <li>- De mi-février à mi-avril : deux mois de cours</li> </ul>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>- <b>De mi-avril à fin août : quatre mois en entreprise</b></p> <p>Le calendrier est donné en Annexe 7.</p> <p>La structure des enseignements de la formation en apprentissage est donnée en Annexe 12, (Titre des modules, responsable, crédits, contenu, compétences).</p> <p>Ce parcours propose l'ensemble des compétences complémentaires nécessaires au processus de recherche de nouvelles molécules thérapeutiques et de modélisation des macromolécules pour le «Drug Discovery» par des approches computationnelles. Les étudiants acquièrent des connaissances solides sur les composés chimiques et leur toxicité et sur les cibles thérapeutiques (macromolécules biologiques), en biochimie et physique-chimie ainsi que des notions de chimie médicinale et de médecine moléculaire. Ils acquièrent des compétences avancées sur la modélisation par ordinateur des interactions cibles-molécules chimiques. Ils sont formés à la modélisation, l'analyse et la prédiction des molécules thérapeutiques, des cibles biologiques et des interactions « médicament-cible ». Par exemple, aux approches in silico telles que les biostatistiques et l'analyse de données (« QSAR »), la programmation, la chimoinformatique, la bioinformatique structurale, la modélisation et dynamique moléculaire, les méthodes d'amarrage moléculaire (docking) et le criblage virtuel. De nombreux projets communs leur apprennent à travailler en équipe et à effectuer leur travail dans ce domaine en pluridisciplinaire.</p> <p>L'apprenti bénéficie d'un double tutorat : <u>le maître d'apprentissage et le tuteur pédagogique.</u></p> <p>Dans l'entreprise l'apprenti est encadré par un Maître d'apprentissage référent qui a pour rôle de le former, le conseiller, l'orienter et l'accompagner tout au long de son apprentissage. Il rédige sur le livret d'apprentissage des compte-rendu à destination de l'apprenti et du responsable de la formation.</p> <p>Le tuteur pédagogique, désigné au sein de l'université, est chargé de suivre la formation de l'apprenti et assure la liaison avec le maître d'apprentissage</p> <p>Outils pédagogiques spécifiques utilisés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'attestation du premier entretien d'évaluation de l'apprenti</li> <li>- Le livret d'apprentissage : outil de communication privilégié entre l'apprenti, le maître d'apprentissage, le tuteur pédagogique</li> <li>- L'attestation d'évaluation de fin de formation</li> </ul> <p><u>Public pour le M1</u> : Titulaire d'une licence ou équivalent pour le Master 1</p> <p><u>Public pour le M2</u> : Titulaire d'un M1 ou Master 1 ou Master 2 ou équivalent pour le Master 2</p>
<p>Maquette horaire (enseignement général et professionnel), répartition des heures selon les opérateurs (universités, écoles, entreprises habilitées à dispenser une partie des formations normalement assurées par le CFA)</p>	<p>Les heures se répartissent selon les opérateurs : Université Paris Diderot Paris 7 et périodes en entreprises. Les périodes de cours sont indiquées en noir <b>et les périodes en entreprise en bleu.</b></p> <p>MASTER 1 : (484H)</p> <p>SEMESTRE 1 (260h, sans la mise à niveau)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Bases d' Unix et R (Mise à niveau, 25h)</li> <li>› Fondamentaux (66h) : <ul style="list-style-type: none"> <li>◊ Biochimie (36h)</li> <li>◊ Biostatistique et programmation R (30h)</li> </ul> </li> <li>› Programmation et outils Mathématiques (90h) <ul style="list-style-type: none"> <li>◊ Mathématiques (30h)</li> <li>◊ Programmation Python (30h)</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>◊ Algorithmique (30h)</li> <li>› Pratique et approfondissement (47h) : <ul style="list-style-type: none"> <li>◊ Période en entreprise et préparation tuteurée (17h)</li> <li>◊ ADME/Chémométrie (20h)</li> <li>◊ Période en entreprise (10h)</li> </ul> </li> <li>› Orientation thématique I : Chimoinformatique et chimie (57h) <ul style="list-style-type: none"> <li>◊ Chémoinformatique (30h)</li> <li>◊ Chimie: chiralité - liaisons non covalentes (27h)</li> </ul> </li> </ul> <p>SEMESTRE 2 (230h)</p> <p>Fondamentaux avancés (65h)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◊ Analyse de données massives (31h)</li> <li>◊ Biophysique des interactions (34h)</li> </ul> <li>› Orientation thématique II (148h) <ul style="list-style-type: none"> <li>◊ Protein-Protein Docking (30h)</li> <li>◊ Période en entreprise (10h)</li> <li>◊ Bioinformatique structurale: Dynamique (27h)</li> <li>◊ Bioinformatique structurale en Toxicologie (27h)</li> <li>◊ Chimie RéSO (Réactivité et synthèse organique) (24h)</li> <li>◊ Initiation au Drug Design In Silico (30h)</li> </ul> </li> <li>› Professionnalisation : Période en entreprise (17h)</li> <p>MASTER 2 : (450h)</p> <p>SEMESTRE 3 (305h)</p> <li>› Remise à niveau (45h) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Base d' Unix et R (25h)</li> <li>- Mise à niveau toxicologie-biochimie-chimie (20h)</li> </ul> </li> <li>› Période en entreprise (10h)</li> <li>› Analyse de donnée en drug design (101h) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Projet programmation python (30h)</li> <li>- Analyses de données en drug design (30h)</li> <li>- Application en drug design &amp; QSAR (15h)</li> <li>- Séminaires et R&amp;D (26h)</li> </ul> </li> <li>› Analyse et dynamique moléculaire &amp; drug design (68h) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exploration structurale des protéines (30h)</li> <li>- Analyse dynamique des cibles II (18h)</li> <li>- Modélisation structurale et dynamique (20h)</li> </ul> </li> <li>› Période en entreprise (5h)</li> <li>&gt; Criblage haut-débit : Structure &amp; ligand-based (52h) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Structure-based (30h)</li> <li>- Ligand-based (12h)</li> <li>- Hits to lead (10h)</li> </ul> </li> <li>› Projet de criblage haut débit (24h) <ul style="list-style-type: none"> <li>Application de criblage haut-débit (G. Moroy) (24h)</li> </ul> </li> <li>› Période en entreprise</li> <p>SEMESTRE 4 (145h)</p> <li>› Période en entreprise (5h)</li> <li>› Conception et gestion d'un projet de recherche (60h)</li> <li>› Bilan et perspective d'un projet de recherche en drug design (60h)</li> <li>› Période en entreprise (20h)</li>
<p>En cas de formation à distance préciser sa quotité par rapport au volume global et les principales modalités de mise en œuvre pédagogiques<sup>4</sup></p>	<p>Sans objet</p>
<p>Description des plateaux techniques</p>	<p>Plate-forme Ressources Parisiennes en Bioinformatique Structurale (bioserv.rpbs.univ-paris-diderot.fr) propose service et prestation en</p>

<sup>4</sup> MOOC, SPOC, distanciel asynchrone, distanciel synchrone,....)

	bioinformatique structurale et développement de composés à vocation thérapeutique (docking/criblage de petits composés à vocation thérapeutique, docking/optimisation de peptides). La plate-forme est reconnue par le GIS (Groupement d'Intérêt Scientifique) IBISA (Infrastructures Biologie Santé et Agronomie) et est membre de l'IFB (Institut Français de Bioinformatique) et de ChemBio France. Elle accueille les étudiants dans une salle d'ordinateurs de 25 places sur lesquels un très grand nombre de logiciels sont accessibles.
Equipes pédagogique internes mobilisables et/ou recrutement pressentis	Enseignants-chercheurs et professionnels L'équipe pédagogique est décrite dans l'Annexe 13.
Métiers visés à la sortie de la formation ou poursuite d'étude.	Ingénieur en bioinformatique structurale, en chemoinformatique, en biostatistique, en modélisation moléculaire, en in silico drug design dans des industries chimiques et pharmaceutiques, laboratoires publics ou privés de recherche et développement en drug design, dans les Secteurs pharmaceutiques. Ingénieur plate-forme de chemoinformatique, de criblage. Ingénieur d'études recruté sur Concours nationaux de la fonction publique spécialisé. Universités, CNRS, INSERM, INRA, CEA, ou autres EPST, milieux hospitaliers, Ce master peut déboucher dans de rares cas sur une poursuite en doctorat.

### Pédagogie de l'alternance

Comment le CFA compte-t-il prendre en compte les expériences vécues en entreprise par les apprentis dans le cadre de la formation ?	Etude de cas élaboré en commun entre l'apprenti, son tuteur universitaire et son maître d'apprentissage en relation avec le projet professionnel de l'apprenti.
Comment le CFA compte-t-il permettre aux apprentis d'évaluer leurs apprentissages en entreprise ?	Mise à disposition d'un questionnaire aux apprentis pour leur permettre de s'auto-évaluer. Evaluation par des fiches de relation avec le maître d'apprentissage et un cahier de liaison.
Dans le cadre du tutorat quelles sont les missions du tuteur du CFA ?	Les tuteurs sont choisis pour leur compétence dans le cadre des enseignements dispensés.  Le tuteur pédagogique, désigné au sein de l'université, est chargé de suivre la formation de l'apprenti et assure la liaison avec le maître d'apprentissage ; - il veille à ce que les missions confiées à l'apprenti au sein de l'entreprise correspondent au diplôme préparé et au contenu des enseignements, échange avec le maître d'apprentissage sur les réalisations ou difficultés rencontrées par l'apprenti en entreprise - il suit le bon déroulement du contrat, rencontre le maître d'apprentissage avant la fin des deux premiers mois du contrat pour établir une relation de confiance et d'échange avec le maître d'apprentissage, recueille des informations sur l'adaptation de l'apprenti à son poste de travail, effectue une visite de bilan au sein de l'entreprise à la fin du contrat et récupère le livret d'apprentissage. - En cas de difficultés d'apprentissage, il apporte à l'apprenti l'aide nécessaire. Il est l'interlocuteur privilégié de l'apprenti à l'université. Il veille à ce que le livret d'apprentissage soit dûment mis à jour.
Quelles sont les modalités de mobilisation du maître d'apprentissage ?	- Organiser, accompagner le parcours de formation et transmettre des savoirs professionnels, en liaison avec le CFA, afin de développer le maximum de compétences prévues dans le référentiel du diplôme. - Suivi de l'apprenti et évaluation de l'activité du jeune sur le lieu de travail et suivi de la progression de sa formation en liaison avec le CFA. - Veiller à la bonne tenue des documents de liaison institutionnels (carnet d'apprentissage,...)

ANNEXES :

- 1 – Arrêté ministériel d’habilitation ou d’accréditation (pour les formations autres que CAP, Bac Pro, MC, BP, BTS, DUT) En cours
- 2 – Fiche RNCP (pour les formations autres que CAP, Bac Pro, MC, BP, BTS, DUT)
- 3 - Avis du Conseil d’administration (si formation implantée dans un EPLE)
- 4 – Avis du Président de l’université ou de l’école
- 5 – Courriers de soutien de la branche ou de l’organisation professionnelle représentative
- 6 – Budget de la formation
- 7 – Calendrier prévisionnel de l’alternance
- 8 – Copie de la Convention de partenariat entre le CFA et l’établissement de formation (si disponible) dans la mesure où cela précise le cadre juridique de la délégation (sous-traitance ou UFA ...) précisant les engagements de chacun quant au suivi des apprentis
- 9 – Référentiel de compétences (*si disponible*)
- 10 – Fiches de poste (*si disponibles*)
- 11 – Enquête d’insertion professionnelle (*si disponible*)
- 12 – Structure des enseignements de la formation en apprentissage (Titre, responsable, contenu, compétences)
- 13 – Equipe pédagogique

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

ANNEXES

- 1 – Arrêté ministériel d’habilitation ou d’accréditation (pour les formations autres que CAP, Bac Pro, MC, BP, BTS, DUT)  
En cours

- 2 – Fiche RNCP (pour les formations autres que CAP, Bac Pro, MC, BP, BTS, DUT)

2A. Fiche RNCP EN COURS

Anciennes Fiches RNCP

2B. 27303 Master mention In Silico Drug Design (Conception de Médicament Assistée par Ordinateur), spécialité analyse in silico des complexes médicament-macromolécules biologiques

2C. 26609 Master mention In Silico Drug Design (Conception de Médicament Assistée par Ordinateur), spécialité Développement In Silico Des Molécules Bioactives

## RÉSUMÉ DESCRIPTIF DE LA CERTIFICATION (FICHE RÉPERTOIRE)

### Intitulé (cadre 1)

MASTER DOMAINE SCIENCES, TECHNOLOGIE, SANTÉ,  
MENTION BIO-INFORMATIQUE  
PARCOURS IN SILICO DRUG DESIGN - MODÉLISATION DES MACROMOLÉCULES (M1 ET M2)  
(ISDD-MACROMOLÉCULES)

### Autorité responsable de la certification (cadre 2)

Ministère de l'Éducation Nationale, de  
l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Université Paris Diderot

### Qualité du(es) signataire(s) de la certification (cadre 3)

Présidente de l'Université Paris Diderot

### Niveau et/ou domaine d'activité (cadre 4)

Niveau : I

Code NSF : 110 - Spécialités pluriscientifiques  
118 Sciences de la vie  
116 Chimie  
112 Chimie-biologie, biochimie  
118b Modèles d'analyse biologique ; Informatique en biologie  
114c Mathématiques de la physique, de la chimie, de la biologie  
331 Santé

### Résumé du référentiel d'emploi ou éléments de compétences acquis (cadre 5)

Liste des activités visées par le diplôme, le titre ou le certificat

Liste des activités :

- **Recherche in silico de nouvelles molécules thérapeutiques**
- Analyse structurale des macromolécules et de leurs implications dans des pathologies
- Développement de logiciels et méthodologies permettant de participer à la découverte de nouveaux médicaments.
- Gestion et résolution de problèmes dans les différents domaines du drug design in silico
- Gestion de projets de conceptions de médicaments (en drug design) par des approches in silico

Compétences ou capacités évaluées Compétences dans trois domaines complémentaires : en chimoinformatique (molécules chimiques), en bioinformatique structurale (protéines) et dans l'assemblage « docking » de ces entités biologiques (molécules et protéines) à l'aide des approches *in silico* ».

- Capacité à déployer et gérer des bases de données biologiques et chimiques et de plateforme chimoinformatique.

- Savoir manipuler les outils logiciels dédiés à l'exploration et l'exploitation de données d'interactions chimie-biochimie et en drug design : bases de données de chimie et de biologie, de dynamique moléculaire, de « docking » (amarrage moléculaire) virtuel, de criblage.
- Capacité à déployer des techniques et méthodes de la chemoinformatique, biostatistiques, QSAR, analyse de données, de langage de programmation, de modélisation moléculaire, de bioinformatique structurale et de criblage *in silico* s'appliquant aussi bien aux données de séquences, de structures, d'interactions moléculaires
- Capacité à réaliser une analyse des bases de données statistiques du drug design (data mining) pour le filtrage de chimiothèques
- Capacité de réaliser des criblages *in silico*
- Etre en mesure d'évaluer les potentiels risques de toxicité et d'effets secondaires associés à la prise de médicaments
- Savoir interpréter des phénomènes physicochimiques mis en jeu au niveau moléculaire
- Capacité à analyser de manière critique les résultats, les outils théoriques et les logiciels informatiques grâce à la maîtrise des principales techniques physico-chimiques d'analyse et de mesures de propriétés.
- Savoir analyser un problème en drug design afin de mettre en œuvre des outils adaptés à la problématique posée.

#### Compétences relationnelles dans un milieu pluridisciplinaire :

- Capacité à réaliser des synthèses bibliographiques
- Savoir formaliser et construire des raisonnements scientifiques
- Participer à la conception et à la conduite d'un programme de recherche dans une entité publique ou privée.
- Capacité à collecter et analyser des jeux de données complexes
- Etre apte à communiquer dans le domaine scientifique en français et en anglais : rédiger clairement, préparer des supports de communication adaptés, prendre la parole en public et présenter ces travaux
- Etre en mesure de réaliser un cahier des charges pour hiérarchiser les tâches à accomplir en bioinformatique et les coordonner en concertation avec les biologistes expérimentateurs.
- Capacité à travailler en équipe pluridisciplinaire avec des chimistes et biochimistes, des médecins, des pharmaciens et des méthodologistes
- Mobiliser les principaux concepts de la biologie et de la chimie moderne afin d'établir un dialogue aussi bien avec les biologistes expérimentateurs que les chimistes.
- Travailler au niveau international : s'intégrer, se positionner, collaborer, s'adapter à différents fonctionnements de recherche en Europe et dans le monde
- Capacité à dialoguer et travailler avec les différents partenaires, du privé ou du public, dans le domaine de l'informatique, de la chimie, de la biologie structurale, de la pharmacie, avec des biostatisticiens, des bioinformaticiens et chémoinformaticiens.

#### Compétences scientifiques générales

- Etre en mesure d'analyser une situation complexe, en faisant preuve de capacité d'abstraction
- Capacité à adopter une approche pluridisciplinaire nécessaire au drug design
- Savoir appréhender les difficultés des démarches expérimentales, être sensibilisé aux sources d'erreur ; analyser des données expérimentales et envisager leur modélisation ; valider un modèle par comparaison de ses prévisions aux résultats expérimentaux ; apprécier les limites de validité d'un modèle ; résoudre par approximations successives un problème complexe
- Etre capable d'utiliser des logiciels d'acquisition et d'analyse de données
- Maîtriser les outils mathématiques et statistiques
- Etre capable d'utiliser un langage de programmation

Secteurs d'activité ou types d'emplois accessibles par le détenteur de ce diplôme, ce titre ou ce certificat (cadre 6)

Secteurs d'activités et mots clefs secteurs d'activités

- M Recherche-développement scientifique
- M Recherche-développement en biotechnologie
- C Industrie pharmaceutique
- J Programmation, conseil et autres activités informatiques

- Entreprises pharmaceutiques, de biotechnologie, cosmétique ...
- Entreprises de développement produit (conception d'appareils technologiques, conception de logiciels, ...) notamment les start-up en drug design
- Pôles de coordination de réseaux de hautes technologies au niveau national ou international
- Fonction publique spécialisée (EPST, Universités, CNRS, INSERM, INRA, CEA, milieux hospitaliers,...)
- Industrie chimique et pharmaceutique
- Plate-forme de chimoinformatique, de criblage, drug design

Types d'emplois accessibles et mots clefs types d'emploi

Ingénieur d'étude, biologiste/bio-informaticien, biologiste, bio-informaticien, biomédical, bioformatrice, en chimoinformatique, en biostatistique, en modélisation moléculaire, en drug design, en docking

Ingénieur chargé d'études, ingénieur développement, chef de projet, chercheur (recherche fondamentale ou recherche appliquée sous réserve de la soutenance d'une thèse)

#### RECHERCHE FONDAMENTALE

- Modélisateurs (chimie, biologie, docking, modélisation moléculaire, calcul de structure et dynamique)
- Concepteur de bases de données chimiques ou de criblage virtuel
- Analystes de chimiothèques

CADRE SECTEUR : RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

Codes des fiches ROME les plus proches (5 au maximum) :

H1206 : Management et ingénierie études, recherche et développement industriel

K2402 : Recherche en sciences de l'univers, de la matière et du vivant

M1805 : Etudes et développement informatique

K2108 : Enseignement supérieur

Réglementation d'activités

CNIL, CCTIRS (Comité consultatif pour le traitement de l'Information en matière de recherche dans le domaine de la santé)

#### Modalités d'accès à cette certification (cadre 7)

##### Descriptif des composantes de la certification :

Le parcours « In Silico Drug Design - Modélisation des Macromolécules » est spécialisé dans le design *in silico* de candidats médicaments basé sur la connaissance structurale des macromolécules biologiques et l'analyse des interactions ligands cibles thérapeutiques.

Parcours In Silico Drug Design - Modélisation des Macromolécules (ISDD-Macromolécules)

**MASTER 1 :** (Semestres 1 et 2, 30 crédits ou ECTS chacun, 60 ECTS)

##### **SEMESTRE 1 (30 ECTS)**

Bases de Unix et R (mise à niveau, 0 ECTS)

UE **Fondamentaux en biochimie et biostatistique** (7 ECTS) :

- ◊ Structure des biomolécules (2 ECTS)

- ◊ Enzymologie (2 ECTS)
- ◊ Biostatistique et programmation R (3 ECTS)

**UE Programmation et outils Mathématiques (9 ECTS) :**

- ◊ Mathématiques (3 ECTS)
- ◊ Programmation Python (3 ECTS)
- ◊ Algorithmique (3 ECTS)

**UE Pratique et approfondissement (8 ECTS) :**

- ◊ Stage 1 et préparation tuteurée (3 ECTS)
- ◊ Stage 2 (3 ECTS)
- ◊ ADME/Chémométrie (2 ECTS)

**UE Orientation thématique I : Chemoinformatique et chimie (6 ECTS)**

- ◊ Chémoinformatique,  
Chimie: chiralité - liaisons non covalentes (3 ECTS)

**SEMESTRE 2 (30 ECTS)**

**UE Fondamentaux avancés (6 ECTS)**

- ◊ Analyse de données massives (3 ECTS)
- ◊ Biophysique des interactions (3 ECTS)

**UE Orientation thématique II (18 ECTS)**

- ◊ Protein-Protein Docking (3 ECTS)
- ◊ Initiation au Drug Design In Silico (3 ECTS)
- ◊ Bioinformatique structurale : Dynamique (3 ECTS)
- ◊ Bioinformatique structurale en Toxicologie (3 ECTS)
- ◊ Chimie RéSO (Réactivité et synthèse organique) (3 ECTS)
- ◊ Stage 3 (3 ECTS)

**UE Professionnalisation I : Stage (6 ECTS)**

**MASTER 2 : (60 ECTS)**

**SEMESTRE 3 et 4 (30 ECTS)**

› Remise à niveau (0 ECTS)

- Base de Unix et R
- Mise à niveau toxicologie-biochimie-chimie

**UE Stage 1 (1 ECTS)**

**UE Analyse de donnée en drug design (8 ECTS)**

- Projet programmation python (3 ECTS)
- Analyses de données en drug design (3 ECTS)
- Application en drug design & QSAR (1 ECTS)
- Séminaire et R&D (1 ECTS)

**UE Analyse et dynamique moléculaire & drug design (7 ECTS)**

- Exploration structurale des protéines (3 ECTS)
- Modélisation dynamique des cibles (2 ECTS)
- Modélisation structurale et dynamique (2 ECTS)

**UE Stage 2I (1 ECTS)**

**UE Criblage haut-débit : Structure & ligand-based (5 ECTS)**

- Structure-based (3 ECTS)
- Ligand-based (1 ECTS)
- Hits to lead (1 ECTS)

**UE Projet de criblage haut débit (2 ECTS)**

- Application de criblage haut-débit (G. Moroy) (2 ECTS)

**UE Stage 3 et préparation tuteurée (4 ECTS)**

**UE Stage 4 (2 ECTS)**

**UE Conception et gestion d'un projet de recherche (3 ECTS)**

**UE Bilan et perspective du Projet de recherche en drug design (6 ECTS)**

**UE Stage de 5 mois (19 ECTS)**

Le bénéfice des composantes acquises peut être gardé 5 ans.

Conditions d'inscription à la certification	Oui	Non	Indiquer la composition des jurys
Après un parcours de formation sous statut d'élève ou d'étudiant	X		Enseignants – chercheurs, chercheurs des EPST et EPIC et professionnels
En contrat d'apprentissage	x		Enseignants – chercheurs, chercheurs des EPST et EPIC et professionnels
Après un parcours de formation continue	x		Enseignants – chercheurs, chercheurs des EPST et EPIC et professionnels
En contrat de professionnalisation	x		Enseignants – chercheurs, chercheurs des EPST et EPIC et professionnels
Par candidature libre		X	
Par expérience (VAE) <i>Date de mise en place : cf cadre 10</i>	x		Enseignants – chercheurs, chercheurs des EPST et EPIC et professionnels

Liens avec d'autres certifications (cadre 8)	Accords européens ou internationaux (cadre 9)

Base légale (cadre 10)

Référence arrêté création (ou date 1er arrêté enregistrement) :

En attente du numéro d'accréditation délivré par le ministère pour la période 19-24

Références autres :

Pour plus d'information (cadre 11)

Statistiques :

Sa capacité d'accueil est limitée à 15 places maximum.

Autres sources d'informations :

Site du diplôme : <http://isddteach.sdv.univ-paris-diderot.fr/fr/index.html>

Site des équipes d'enseignements et de recherche impliquées :

<http://www.mti.univ-paris-diderot.fr/fr/index.html>

Lieu(x) de certification :

Université Paris Diderot  
5 rue Thomas-Mann  
75205 Paris cedex 13

Lieu(x) de préparation à la certification déclaré(s) par l'organisme certificateur :

Université Paris Diderot

Historique :

Le parcours « In Silico Drug Design - Modélisation des Macromolécules (ISDD-Macromolécules) » du Master 1 et 2 Bio-Informatique a été créé en 2019, en remplacement du Master In Silico Drug Design, spécialité « analyse in silico des complexes médicament-macromolécules biologiques », créé en 2015.

Précédentes fiches RNCP (mise en Annexe):

- **26609 Maste Mention In Silico Drug Design (Conception de Médicament Assistée par Ordinateur), Spécialité Développement In Silico Des Molécules Bioactives**
- **27303 Master Mention In Silico Drug Design (Conception de Médicament Assistée par Ordinateur), spécialité analyse in silico des complexes médicament-macromolécules biologiques**

Liste des liens sources (cadre 12)

Site Internet de l'autorité délivrant la certification

<http://www.univ-paris-diderot.fr/>

Voire les annexes 2B et 2C pour les anciennes fiches :

2B. 27303 Master mention In Silico Drug Design (Conception de Médicament Assistée par Ordinateur), spécialité analyse in silico des complexes médicament-macromolécules biologiques

2C. 26609 Master mention In Silico Drug Design (Conception de Médicament Assistée par Ordinateur), spécialité Développement In Silico Des Molécules Bioactives

3 - Avis du Conseil d'administration (si formation implantée dans un EPLE)

NA

4 – Avis du Président de l'université ou de l'école

5 – Courriers de soutien de la branche ou de l'organisation professionnelle représentative

5.1 Lettre de soutien de SANOFI-AVENTIS

5.2 Lettre de soutien de ANEO



**Professeur Anne-Claude Camproux**

Equipe "Computational Modeling of Protein Ligand Interactions (CMPLI)" - Inserm U1133

Unité de Biologie Fonctionnelle & Adaptative -  
Université Paris Diderot.

4, rue Marie-Andrée Lagroua Weill-Hallé

Bâtiment Buffon

75013 PARIS

Vitry-sur-Seine, le 8 janvier 2019

Madame la professeur Camproux,

En tant que responsable du groupe **in silico Design** à sanofi R&D, je soutiens vivement le projet d'ouverture en apprentissage du parcours In Silico Drug Design - de la Mention Bio-Informatique de l'Université Paris Diderot.

Cette nouvelle formation solide et interdisciplinaire en informatique appliqué à la biologie et la chimie (bioinformatique, chemoinformatique, modélisation moléculaire, programmation, biostatistiques, mathématiques, algorithmique, traitement de données massives, bases de données...) dotent les étudiants des compétences indispensables pour mener des projets en relation avec la bioinformatique structurale et la conception de nouveaux médicaments à l'aide d'outils computationnels.

Cet apprentissage multidisciplinaire va permettre aux étudiants d'acquérir des compétences en informatique, biologie et chimie et d'enrichir leur savoir-faire sur de nombreux stages en entreprise.

Le parcours In silico Drug Design répond parfaitement à notre besoin de recrutement, en particulier en stagiaires et apprentis.

Il est actuellement difficile de trouver les profils répondant correctement à nos besoins, ce pourquoi j'apporte mon soutien au projet d'ouverture en apprentissage du parcours In silico Drug Design pour augmenter nos chances de succès dans le recrutement de nos futurs apprentis.

Très Cordialement,

A handwritten signature in black ink, appearing to be "H. Minoux", written in a cursive style.

Hervé Minoux, Ph.D.,

Sanofi-Aventis Recherche & Développement

13, quai Jules Guesde - BP 14 - 94403 Vitry-sur-Seine Cedex - France - Tél : +33 (0)1 58 93 30 00 - Fax: +33 (0)1 58 93 81 29 - [www.sanofi.com](http://www.sanofi.com)

Siège social : 1, avenue Pierre Brossolette, 91380 Clamart - France - Société Anonyme au capital de 3 881 100 € - 713 002 269 R.C.S. Paris

**Lettre de soutien au projet d'ouverture en apprentissage d'une nouvelle formation : Mention Bio-Informatique parcours Biologie-informatique - In Silico Drug Design - Ingénierie de Plate-forme en Biologie (M1 BI-IPFB) – Université Paris Diderot**

En tant que responsable du développement des marchés innovants et des technologies avancées, je soutiens vivement le projet d'ouverture en apprentissage du parcours **In Silico Drug Design** - de la Mention **Bio-Informatique** de l'Université Paris Diderot.

Cette nouvelle formation solide et interdisciplinaire en informatique appliqué à la biologie et la chimie (bioinformatique, chemoinformatique, modélisation moléculaire, programmation, biostatistiques, mathématiques, algorithmes, traitement de données massives, bases de données...) dotent les étudiants des compétences indispensables pour mener des projets en relation avec la bioinformatique structurale et la conception de nouveaux médicaments à l'aide d'outils computationnels. Cet apprentissage multidisciplinaire va permettre aux étudiants d'acquérir des compétences en informatique, biologie et chimie et d'enrichir leur savoir-faire sur de nombreux stages en entreprise.

Le parcours **In silico Drug Design** répond parfaitement à notre besoin de recrutement et offre également à nos collaborateurs la possibilité de suivre ce master en formation continue.

Il est actuellement difficile de trouver les profils répondant correctement à nos besoins, ce pourquoi j'apporte mon soutien au projet d'ouverture en apprentissage du parcours **In silico Drug Design** pour augmenter nos chances de succès dans le recrutement de nos futurs collaborateurs.

Fait à Boulogne-Billancourt, le 11/01/2019  
Pour ANEO,

Gilles TOURPE  
Directeur, Advanced Computing Technologies



ANEO  
122, Avenue du Général Leclerc  
92100 BOULOGNE-BILLANCOURT  
Tél. 01 46 44 24 86 Fax : 01 46 44 28 63  
SAS 136 302 € - RCS Nanterre B 442 482 485

6 – Budget de la formation  
ANNEXE 6.1 : Budget pour le Master complet (6.1)

COMPOSANTE				Comptes de la formation			
Données spécifiques de la composante				Produits			
Coût fonctionnel pilote Formation composite / étudiant				Charges			
niveau formation (I à III)	I			recettes Taxe App*	98 062	HTD de la formation	65 240
plafond région	420			subvention région	18 799	HTD référentiel suivi	11 400
heures maquette	494			recettes FC ET ETUDIANTS	32 687	HTD référentiel voyage	3 648
Données spécifiques formation				Participation établissement			
nb apprentis	15			Montant TA "établissement" affecté à la formati	-	Coût utilisation immobilier	9 996
nb étudiants FI	0	15		Autres recettes (conventions, etc.)	-	Coût fonctionnement services	15 000
nb stagiaires FC individuels	0			Autres recettes (conventions, etc.)			
nb stagiaires FC entreprise	0			Autres recettes (conventions, etc.)			
nb HTD de la formation	588			Autres recettes (conventions, etc.)			
nb HTD référentiel suivi d'un apprenti (y compris sélection et soutenance)	30			Autres recettes (conventions, etc.)			
nb HTD référentiel suivi total apprentis	150			Autres recettes (conventions, etc.)			
nb HTD référentiel direction	48			Autres recettes (conventions, etc.)			
nb HTD référentiel voyage d'étude	0			Autres recettes (conventions, etc.)			
recette CFA/apprenti + (participation etab)	9 970			Autres recettes (conventions, etc.)			
Autres recettes (conventions, etc.)				Autres recettes (conventions, etc.)			
Partenariat éventuel				Partenariat éventuel			
maquette réelle				réf suivi			
réf direction				réf voyage			
Nb h des enseignants titulaires	348			* soit montant TA / app			
Nb h des enseignants vacataires ou en heures comp	440	150	48	0			
total HTD	588	150	48	0			
vérification cohérence des heures	ok						
coût moy heure enseignement	111						
Montant TA affecté à la formation				Hors quota			
type de salle				jours			
labo de langues				appel coût			
salle informatique				salle			
salle TD + Amph				option anglais			
salle TP							
Total toutes salles combinées							
h/j utilisation des salles							
dépendances pédagogiques				montant en €			
billets d'avion, voyage études, séminaire de rentrée...				7875			
achat matériel pour apprentis				600			
documentation, reprographie				10000			
Publicité (plaquette, participation salons, ...)				2520			
demi poste IGE (conception pédagogique)				0			
quart de poste CRE dédiée formation				11000			
quart de poste secrétaire dédiée formation				8500			
total dépenses pédagogiques				40495			
				Chargé de relation entreprises			

ANNEXE 6.2 : Budget pour le Master 2 (6.2)

COMPOSANTE				Comptes de la formation			
Données spécifiques de la composante				Produits			
Coût fonctionnel pilote Formation composite / étudiant				Charges			
niveau formation (I à III)	I			recettes Taxe App*	98 062	HTD de la formation	87 883
plafond région	420			subvention région	18 799	HTD référentiel suivi	11 400
heures maquette	460		542 h en EGTD	recettes FC ET ETUDIANTS	32 687	HTD référentiel voyage	3 648
Données spécifiques formation				Participation établissement			
nb apprentis	15			Montant TA "établissement" affecté à la formati	-	Coût utilisation immobilier	9 317
nb étudiants FI	0	15		Autres recettes (conventions, etc.)	-	Coût fonctionnement services	15 000
nb stagiaires FC individuels	0			Autres recettes (conventions, etc.)			
nb stagiaires FC entreprise	0			Autres recettes (conventions, etc.)			
nb HTD de la formation	540			Autres recettes (conventions, etc.)			
nb HTD référentiel suivi d'un apprenti (y compris sélection et soutenance)	30			Autres recettes (conventions, etc.)			
nb HTD référentiel suivi total apprentis	150			Autres recettes (conventions, etc.)			
nb HTD référentiel direction	48			Autres recettes (conventions, etc.)			
nb HTD référentiel voyage d'étude	0			Autres recettes (conventions, etc.)			
recette CFA/apprenti + (participation etab)	9 970			Autres recettes (conventions, etc.)			
Autres recettes (conventions, etc.)				Autres recettes (conventions, etc.)			
Partenariat éventuel				Partenariat éventuel			
maquette réelle				réf suivi			
réf direction				réf voyage			
Nb h des enseignants titulaires	337			* soit montant TA / app			
Nb h des enseignants vacataires ou en heures comp	203	150	48	0			
total HTD	540	150	48	0			
vérification cohérence des heures	ok						
coût moy heure enseignement	163						
Montant TA affecté à la formation				Hors quota			
type de salle				jours			
labo de langues				appel coût			
salle informatique				salle			
salle TD + Amph				option anglais			
salle TP							
Total toutes salles combinées							
h/j utilisation des salles							
dépendances pédagogiques				montant en €			
billets d'avion, voyage études, séminaire de rentrée...				6148			
achat matériel pour apprentis				300			
documentation, reprographie				2500			
Publicité (plaquette, participation salons, ...)				0			
demi poste IGE (conception pédagogique)				0			
quart de poste CRE dédiée formation				11000			
quart de poste secrétaire dédiée formation				8500			
total dépenses pédagogiques				18 548			
				Chargé de relation entreprises			

ANNEXE 6.3 : Détails des coûts, voir le fichier Annexe-6.3DETAILdesCOUTS-BI\_ISDD-MACROMOLECULES.xlsx

7 – Calendrier prévisionnel de l’alternance

Pour le M1

Calendrier M2 ISDD-Macromolécules : année 2022 / 2023																																							
2022												2023																											
Août	Septembre			Octobre			Novembre			Décembre			Janvier			Février			Mars			Avril			Mai			Juin			Juillet			Août			Septembre		
1 L		1 J		1 S		1 M	Toussaint	1 J		1 D	Jour de l'an	1 M		1 M		1 S		1 L	Fête du Travail	1 J		1 S		1 M		1 V		1 M		1 V									
2 M		2 V		2 D		2 M		2 V		2 L		2 J		2 J		2 D		2 M		2 V		2 D		2 M		2 S		2 M		2 S									
3 M		3 S		3 L		3 J		3 S		3 M		3 V		3 V		3 L		3 M		3 S		3 M		3 L		3 J		3 D		3 D									
4 J		4 D		4 M		4 V		4 D		4 M		4 S		4 S		4 M		4 J		4 D		4 M		4 V		4 L		4 M		4 L									
5 V		5 L		5 M		5 S		5 L		5 J		5 D		5 D		5 M		5 V		5 L		5 M		5 S		5 M		5 S		5 M									
6 S		6 M		6 J		6 D		6 M		6 V		6 L		6 L		6 J		6 S		6 M		6 V		6 D		6 M		6 S		6 M									
7 D		7 M		7 V		7 L		7 M		7 S		7 M		7 M		7 V		7 D		7 M		7 V		7 L		7 J		7 L		7 J									
8 L		8 J		8 S		8 M		8 J		8 D		8 M		8 M		8 S		8 L		8 J		8 S		8 M		8 V		8 M		8 V	Soledad								
9 M		9 V		9 D		9 M		9 V		9 L		9 J		9 J		9 D		9 M		9 V		9 D		9 M		9 S		9 M		9 S									
10 M		10 S		10 L		10 J		10 S		10 M		10 V		10 V		10 L		10 M		10 S		10 M		10 L		10 J		10 M		10 D									
11 J		11 D		11 M		11 V		11 D		11 M		11 S		11 S		11 M		11 J		11 D		11 M		11 V		11 V		11 M		11 V									
12 V		12 L		12 M		12 S		12 L		12 J		12 D		12 D		12 M		12 V		12 L		12 M		12 S		12 M		12 S		12 D									
13 S		13 M		13 J		13 D		13 M		13 V		13 L		13 L		13 J		13 S		13 M		13 V		13 J		13 D		13 M		13 D									
14 D		14 M		14 V		14 L		14 V		14 M		14 S		14 M		14 V		14 D		14 M		14 V		14 S		14 M		14 V		14 D	Fête nationale								
15 L		15 J		15 S		15 M		15 J		15 D		15 M		15 M		15 S		15 L		15 J		15 S		15 M		15 V		15 M		15 V									
16 M		16 V		16 D		16 M		16 V		16 L		16 J		16 J		16 D		16 M		16 V		16 D		16 M		16 S		16 M		16 D									
17 M		17 S		17 L		17 J		17 S		17 M		17 V		17 V		17 L		17 M		17 S		17 M		17 J		17 J		17 M		17 J									
18 J		18 D		18 M		18 V		18 D		18 M		18 S		18 S		18 M		18 J		18 D		18 M		18 V		18 V		18 M		18 V									
19 V		19 L		19 M		19 S		19 L		19 J		19 D		19 D		19 M		19 V		19 L		19 M		19 S		19 M		19 S		19 D									
20 S		20 M		20 J		20 D		20 M		20 V		20 L		20 L		20 J		20 S		20 M		20 V		20 J		20 D		20 M		20 D									
21 D		21 M		21 V		21 L		21 S		21 M		21 S		21 M		21 V		21 D		21 M		21 V		21 L		21 L		21 M		21 V									
22 L		22 J		22 S		22 M		22 J		22 D		22 M		22 M		22 S		22 L		22 J		22 S		22 M		22 V		22 M		22 D									
23 M		23 V		23 D		23 M		23 V		23 L		23 J		23 J		23 D		23 M		23 V		23 D		23 M		23 S		23 M		23 D									
24 M		24 S		24 L		24 J		24 S		24 M		24 V		24 V		24 L		24 M		24 V		24 S		24 L		24 L		24 M		24 J									
25 J		25 D		25 M		25 V		25 D		25 M	Noël	25 M		25 S		25 S		25 J		25 D		25 M		25 V		25 M		25 V		25 V									
26 V		26 L		26 M		26 S		26 L		26 J		26 D		26 D		26 M		26 V		26 L		26 M		26 S		26 M		26 S		26 D									
27 S		27 M		27 J		27 D		27 M		27 V		27 L		27 L		27 J		27 S		27 M		27 S		27 M		27 J		27 M		27 D									
28 D		28 M		28 V		28 L		28 M		28 S		28 M		28 M		28 V		28 D		28 M		28 V		28 L		28 V		28 M		28 V									
29 L		29 J		29 S		29 M		29 J		29 D		29 M		29 M		29 S		29 L		29 J		29 S		29 M		29 M		29 M		29 M									
30 M		30 V		30 D		30 M		30 V		30 L		30 J		30 M		30 D		30 M		30 V		30 D		30 M		30 M		30 M		30 M									
31 M		31 L		31 S		31 M		31 S		31 M		31 V		31 V		31 L		31 M		31 M		31 M		31 L		31 J		31 M		31 J									

\*\*\* Réunion de rentrée de 14h00 à 15h00

■ Cours  
■ Entreprise  
■ Jours fériés, week-end  
■ Vacances

Pour le M2

Calendrier M1 ISDD-Macromolécules : année 2022 / 2023																																							
2022												2023																											
Août	Septembre			Octobre			Novembre			Décembre			Janvier			Février			Mars			Avril			Mai			Juin			Juillet			Août			Septembre		
1 L		1 J		1 S		1 M	Toussaint	1 J		1 D	Jour de l'an	1 M		1 M		1 S		1 L	Fête du Travail	1 J		1 S		1 M		1 V		1 M		1 V									
2 M		2 V		2 D		2 M		2 V		2 L		2 J		2 J		2 D		2 M		2 V		2 D		2 M		2 S		2 M		2 S									
3 M		3 S		3 L		3 J		3 S		3 M		3 V		3 V		3 L		3 M		3 S		3 M		3 L		3 J		3 D		3 D									
4 J		4 D		4 M		4 V		4 D		4 M		4 S		4 S		4 M		4 J		4 D		4 M		4 V		4 L		4 M		4 L									
5 V		5 L		5 M		5 S		5 L		5 J		5 D		5 D		5 M		5 V		5 L		5 M		5 S		5 M		5 S		5 M									
6 S		6 M		6 J		6 D		6 M		6 V		6 L		6 L		6 J		6 S		6 M		6 V		6 D		6 M		6 S		6 M									
7 D		7 M		7 V		7 L		7 M		7 S		7 M		7 M		7 V		7 D		7 M		7 V		7 L		7 J		7 L		7 J									
8 L		8 J		8 S		8 M		8 J		8 D		8 M		8 M		8 S		8 L		8 J		8 S		8 M		8 V		8 M		8 V	Soledad								
9 M		9 V		9 D		9 M		9 V		9 L		9 J		9 J		9 D		9 M		9 V		9 D		9 M		9 S		9 M		9 S									
10 M		10 S		10 L		10 J		10 S		10 M		10 V		10 V		10 L		10 M		10 S		10 M		10 L		10 J		10 M		10 D									
11 J		11 D		11 M		11 V		11 D		11 M		11 S		11 S		11 M		11 J		11 D		11 M		11 V		11 V		11 M		11 V									
12 V		12 L		12 M		12 S		12 L		12 J		12 D		12 D		12 M		12 V		12 L		12 M		12 S		12 M		12 S		12 D									
13 S		13 M		13 J		13 D		13 M		13 V		13 L		13 L		13 J		13 S		13 M		13 V		13 J		13 D		13 M		13 D									
14 D		14 M		14 V		14 L		14 V		14 M		14 S		14 M		14 V		14 D		14 M		14 V		14 S		14 M		14 V		14 D	Fête nationale								
15 L		15 J		15 S		15 M		15 J		15 D		15 M		15 M		15 S		15 L		15 J		15 S		15 M		15 V		15 M		15 V									
16 M		16 V		16 D		16 M		16 V		16 L		16 J		16 J		16 D		16 M		16 V		16 D		16 M		16 S		16 M		16 D									
17 M		17 S		17 L		17 J		17 S		17 M		17 V		17 V		17 L		17 M		17 S		17 M		17 J		17 J		17 M		17 J									
18 J		18 D		18 M		18 V		18 D		18 M		18 S		18 S		18 M		18 J		18 D		18 M		18 V		18 V		18 M		18 V									
19 V		19 L		19 M		19 S		19 L		19 J		19 D		19 D		19 M		19 V		19 L		19 M		19 S		19 M		19 S		19 D									
20 S		20 M		20 J		20 D		20 M		20 V		20 L		20 L		20 J		20 S		20 M		20 V		20 J		20 D		20 M		20 D									
21 D		21 M		21 V		21 L		21 S		21 M		21 S		21 M		21 V		21 D		21 M		21 V		21 L		21 L		21 M		21 V									
22 L		22 J		22 S		22 M		22 J		22 D		22 M		22 M		22 S		22 L		22 J		22 S		22 M		22 V		22 M		22 D									
23 M		23 V		23 D		23 M		23 V		23 L		23 J		23 J		23 D		23 M		23 V		23 D		23 M		23 S		23 M		23 D									
24 M		24 S		24 L		24 J		24 S		24 M		24 V		24 V		24 L		24 M		24 V		24 S		24 L		24 L		24 M		24 J									
25 J		25 D		25 M		25 V		25 D		25 M	Noël	25 M		25 S		25 S		25 J		25 D		25 M		25 V		25 M		25 V		25 V									
26 V		26 L		26 M		26 S		26 L		26 J		26 D		26 D		26 M		26 V		26 L		26 M		26 S		26 M		26 S		26 D									
27 S		27 M		27 J		27 D		27 M		27 V		27 L		27 L		27 J		27 S		27 M		27 S		27 M		27 J		27 M		27 D									
28 D		28 M		28 V		28 L		28 M		28 S		28 M		28 M		28 V		28 D		28 M		28 V		28 L		28 V		28 M		28 V									
29 L		29 J		29 S		29 M		29 J		29 D		29 M		29 M		29 S		29 L		29 J		29 S		29 M		29 M		29 M		29 M									
30 M		30 V		30 D																																			

12 – Structure des enseignements de la formation en apprentissage (Titre, crédits, responsable, contenu, compétences)

UE0 REMISE A NIVEAU EC 001 Bases de Unix et R (Mise à niveau)	A- C. CAMPROUX G. MOROY	Concepts fondamentaux du système d'exploitation Unix et du logiciel R.	Être familiarisé avec Unix et R pour être autonome au cours des sessions pratiques des enseignements d'informatique, de bioinformatique et de statistiques.
EC 002 Mise à niveau Toxicologie-biochimie-chimie	A- C. CAMPROUX	Les méthodes permettant de comprendre les principes de bases de thermodynamique, diffusion, et les méthodes optiques seront abordées. Notamment, certaines techniques physico-chimiques telles que diffusion de la lumière, les méthodes optiques, le dichroïsme linéaire et circulaire, la fluorescence et les spectroscopies UV-visible. De plus, le cours va introduire trois autres méthodes expérimentales pour l'identification et la caractérisation des interactions des biomolécules in vitro.	Le but du cours est d'initier les étudiants à différentes méthodes expérimentales permettant de détecter et caractériser des interactions moléculaires
UE1 DATA ANALYSIS IN DRUG DESIGN (8 ECTS) EC 101 Projet programmation Python (3 ECTS)	A- C. CAMPROUX P. FUCHS & P. POULAIN	Principaux type de données (entiers, floats, listes, chaînes de caractères, dictionnaires, tuples) Boucles, comparaisons, tests Modules Gestion des entrées / sorties avec les fichiers Fonctions Expressions régulières Notion de classes en Python	Connaître les principaux concepts liés à la programmation Python. Être capable d'écrire des programmes (i) d'analyse de grandes quantités de données, (ii) produisant des données (e.g. simulation d'un système). Être capable de développer / déboguer un programme en Python.
EC 103 Analyses de données et Drug Design (3 ECTS)	A- C. CAMPROUX & L. REGAD	Exemple sur espace des protéines Méthodes descriptives ou exploratoires : Méthodes factorielles (Analyse en Composantes Principales) et Méthodes de classification (hiérarchique ou de partitionnement) qui proposent des groupements en classes d'objets à la suite de calculs algorithmiques- Méthodes explicatives et/ou prédictives : Méthodes destinées à expliquer ou à prédire, Modèle linéaire, PLS, Régression logistique, CART. Analyse discriminante. Validation croisée, critère d'optimisation.	Optimiser et combiner différentes méthodes d'apprentissage sur un jeu de données de drug design
EC 104 Application en Drug Design & QSAR (1 ECTS)	O. TABOUREAU & L. REGAD	Le but de cet enseignement est de mettre en application les différentes techniques non supervisées et supervisées vues en cours afin de développer un modèle QSAR pour prédire l'activité de petites molécules pour une cible donnée. Ces modèles seront ensuite utilisés pour filtrer des chimiothèques. Ce projet sera réalisé avec le logiciel statistique R. La cible d'intérêt et les des molécules candidates pour la fixation de cette cible, seront traitées dans les autres UE du Master afin de proposer un projet de drug design in silico complet, voire projet en Drug design	Mise en place d'un protocole pour identifier le meilleur modèle QSAR permettant de prédire l'activité d'une molécule. Développement de filtrages de chimiothèques dans le cadre d'un projet de drug design. Développement de script R pour le développement et optimisation de modèles supervisés
EC 105 Séminaires et R&D (1 ECTS)	A- C. CAMPROUX	Cette ECA pour objectif de sensibiliser les étudiants au fonctionnement de la recherche en ISDD, que cela soit au niveau académique ou en entreprises (start-up et grandes entreprises pharmaceutiques).	Ces rencontres permettront aux étudiants d'échanger avec des personnes confrontées au quotidien avec les problèmes de recherche et développement pharmaceutiques
UE2 ANALYSE ET DYNAMIQUE MOLECULAIRE & DRUG (7 ECTS) EC 201 Exploration structurale des protéines (3 ECTS)	D. FLATTERS L. REGAD	PRÉPARATION AU 3D- STRUCTURE BASED <u>Analyse des Macromolécules 3D1</u> Construction de modèles 3D de protéines par modélisation par homologie et alignement de séquence (modeller, pymol) Structures 3D des macromolécules biologiques : visualisation sous Pymol, carte de densité électronique Etude des mutations et de la variabilité structurale, SA-Conf, foldX Identification/estimation des poches et leur druggabilité (Pockdrug)- Calcul énergie libre	Optimiser une cible thérapeutique, Connaissance de la structure des protéines et de leur variabilité. Donner aux étudiants les bases d'une exploration avancée de la structure des protéines en vue d'une préparation à la recherche de composés actifs.
EC 203 Analyse dynamique des cibles II (2 ECTS)	G. MOROY	Etude de la flexibilité des protéines. Analyse des résultats de simulation de dynamiques moléculaires.	Savoir sélectionner les outils bioinformatiques adéquats à l'étude de la flexibilité d'une protéine.
EC 204 Modélisation structurale et dynamique (2 ECTS)	G. MOROY & O. TABOUREAU	Génération et analyses des structures issues des trajectoires de simulation de dynamique moléculaire d'une protéine d'intérêt	Comprendre et maîtriser les outils bioinformatiques aidant à l'étude structurale et dynamique des protéines.
<b>AGE HAUT DÉBIT: STRUCTURE &amp; LIGAND-BASED G. MOROY</b>			
EC 301 Structure-based (3 ECTS)	G. MOROY	Présentation et utilisation de plusieurs programmes de docking et de criblage virtuel	Comprendre et maîtriser les outils bioinformatiques aidant à la conception de molécules thérapeutiques en se basant sur la structure de la protéine cible.
EC 302 Ligand-based (1 ECTS)	O. TABOUREAU	Cette UEa pour but de fournir un apprentissage pratique de la préparation in silico de chimiothèques en vue d'un criblage virtuel, basé sur la structure de ligands de référence.	Génération de librairie de composés
EC 303 Hits to lead (1 ECTS)	O. TABOUREAU	Plusieurs approches expérimentales et des méthodes de conception rationnelle in silico peuvent être utilisées pour transformer un « hit » en « lead » (diffraction de RX, RMN, chimie médicinale, SAR, QSAR, « rescoring », simulation moléculaire, méthodes « ligand-based », « fragment-based »...). Plusieurs exemples d'optimisation seront abordés avec des applications dans le domaine des maladies infectieuses, du cancer, des maladies cardio-vasculaires et du système reproducteur.	Les étudiants découvriront, via des exemples précis, les principales stratégies permettant d'optimiser une touche initiale vers le candidat médicament et la molécule thérapeutique mise sur le marché
<b>UE4 A. Projet de criblage haut débit G. MOROY</b>			
EC 503 Application de criblage haut-débit (3 ECTS)	G. MOROY	Savoir appliquer les connaissances acquises pour proposer des molécules inhibitrices d'une protéine cible. Analyse et préparation de la structure d'une protéine cible. Préparation d'une chimiothèque adéquate. Sélection et adaptation d'un protocole de criblage virtuel.	Savoir sélectionner les outils bioinformatiques adéquats de criblage virtuel visant à proposer des molécules inhibitrices pour une protéine cible donnée.
UE5 STAGE 1 (2 semaines) (1 ECTS)	S. MURAIL & A- C. CAMPROUX	- Conduite d'un projet de Recherche et Développement dans le cadre du milieu professionnel la biologie, la chimie et l'informatique. Adaptation au milieu professionnel- Acquisition des outils de recherche bibliographique, de communication et des méthodes rédactionnelles	Acquérir les compétences pour conduire un projet en Recherche et Développement combinant la biologie, la chimie et l'informatique dans un laboratoire ou une plate-forme dédié au drug design in silico avec des interfaces médiales. S'adapter à un environnement de travail. Maîtriser des outils de communication
UE6 STAGE 2 (2 mois) (7 ECTS)	S. MURAIL & A- C. CAMPROUX	- Conduite d'un projet de Recherche et Développement dans le cadre du milieu professionnel la biologie, la chimie et l'informatique. Adaptation au milieu professionnel- Acquisition des outils de recherche bibliographique, de communication et des méthodes rédactionnelles	Acquérir les compétences pour conduire un projet en Recherche et Développement combinant la biologie, la chimie et l'informatique dans un laboratoire ou une plate-forme dédié au drug design in silico avec des interfaces médiales. S'adapter à un environnement de travail. Maîtriser des outils de communication

## ENSEIGNANTS STATUTAIRES

Nom et grade des enseignants-chercheurs, enseignants ou chercheurs		Laboratoire de rattachement
NOM	STATUT	
ANQUETIN G.	MC - Paris Diderot/P7	ITODYS
ARLUISON V.	MC - Paris Diderot/P7	Laboratoire Léon Brillouin, CEA Saclay
AUDOUZE K.	MC - Paris Diderot/P7	UMR- S1124 INSERM - Université Paris Descartes
BADEL A.	MC - Paris Diderot/P7	BFA-CNRS UMR 8251
BAEZA A.	Pr - Paris Diderot/P7	BFA-CNRS UMR 8251
BARBAULT F.	MC - Paris Diderot/P7	ITODYS
BUSI F.	MC - Paris Diderot/P7	BFA-CNRS UMR 8251
CAMPROUX A-C.	Pr - Paris Diderot/P7	BFA-CNRS UMR 8251
CAULET N.	MC - Paris Diderot/P7	UMR ECOSYS - VERSAILLES
CHAU F.	MC - Paris Diderot/P7	ITODYS
CORDIER C.	MC - Paris Diderot/P7	ITODYS
DAIROU J.	MC - Paris Diderot/P7	UMR8601-LCBPT, Université Paris Descartes
DEPORTE C.	Pr - Paris Diderot/P7	IRIF/LIAFA UMR 8243
DERREUMAUX P.	Pr - Paris Diderot/P7	Laboratoire de biochimie théorique - IBPC
DUPRET J.M.	Pr - Paris Diderot/P7	BFA-CNRS UMR 8251
ETCHEBEST C.	Pr - Paris Diderot/P7	DSIMB, Inserm UMR 665
FAUCONNIER H.	Pr - Paris Diderot/P7	IRIF/LIAFA UMR 8243
FLATTERS D.	MC - Paris Diderot/P7	BFA-CNRS UMR 8251
FUCHS P.	MC - Paris Diderot/P7	LBM- UMR 7203, Université UPMC
GRUBER V.	Pr - Paris Diderot/P7	IPS2-PARIS-SACLAY-
KUBLER N.	Pr Paris Diderot/P7	CLILLAC-ARP
MAUREL F.	Pr Paris Diderot/P7	ITODYS
MAYER C.	Pr Paris Diderot/P7	UMR 3528 U_PASTEUR 5 MICROBIOLOGIE STRUCTURALE
MONCOQ K.	MC - Paris Diderot/P7	IBPC-CNRS UMR 7099
MOROY G.	MC - Paris Diderot/P7	BFA-CNRS UMR 8251
MURAIL S.	MC - Paris Diderot/P7	BFA-CNRS UMR 8251
PASQUALI S.	Pr Paris Descartes	Laboratoire de Cristallographie et RMN Biologiques, UMR 8015
PERRUCHOT C.	MC - Paris Diderot/P7	ITODYS
POULAIN P.	MC - Paris Diderot/P7	IJM - UMR7592
RAVELOMANANA V.	Pr Paris Diderot/P7	IRIF/LIAFA UMR 8243

REGAD L.	MC - Paris Diderot/P7	BFA-CNRS UMR 8251
RODRIGUES-LIMA F.	Pr Paris Diderot/P7	BFA-CNRS UMR 8251
SERRADJI N.	MC - Paris Diderot/P7	ITODYS
TABOUREAU O	Pr Paris Diderot/P7	BFA-CNRS UMR 8251

PROFESSIONNELS (dont PAST)		
CHOMILIER J.	Chercheur	I.M.P.M.C- UMR 7590
ESTER P.	CR CEA	University of Insubria, Varese (Italy)
FAULON J.L.	DR INRA	INRA-Micalis
FERNANDEZ-RE CIO J	Chercheur	Life Sciences Department Supercomputing Center - Barcelona (Espagne)
GUEROIS R.	CR CEA	I2BC@Saclay - équipe AMIG
JANIN M.	CR Pasteur	Institut Pasteur, Paris
LABESSE G.	DR CNRS	Centre de biochimie Structurale CNRS UMR 5048 - INSERM UMR 55
MOUAWAD L.	CR INSERM	UMR 9187 /Unité 1196 - ORSAY
PETITJEAN M.	CR - CNRS	BFA-CNRS UMR 8251
SPERANDIO O.	CR INSERM	Institut Pasteur - Chemoinformatics and proteochemometrics
TUFFERY P.	DR - INSERM	BFA-CNRS UMR 8251
XHAARD H.	Chercheur	Centre for Drug research, Faculty of Pharmacy - HELSINKI
KUENEMAN M.	Chercheur	SERVIER - SURESNES
DUCROT P.	Chercheur	SERVIER - SURESNES
GUYON F.	IR - Paris Diderot/P7	DSIMB, Inserm UMR 665
LAGORCE D.	IR Inserm	Orphanet - INSERM US14 - Plateforme Maladies Rares
MINOLETTI C.	Chercheur	SANOFI-AVENTIS
REY J.	IR - Paris Diderot/P7	Plate-forme RPBS, Paris, <a href="mailto:bioserv.rpbs.univ-paris-diderot.fr">bioserv.rpbs.univ-paris-diderot.fr</a>
TRIBALLEAU N.	Chercheur	GALAPAGOS - PARIS
GAGEAT C.	Consultant HPC/Cloud	ANEO- Paris