

République Tunisienne
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université de Tunis El Manar



**Institut Supérieur
d'Informatique**



**Institut Supérieur des
Sciences
Biologiques Appliquées
de Tunis**

Licence en Bioinformatique et exploration des données du vivant (BioXplore)

Domaine: Sciences Exactes et Technologies

Mention: Bioinformatique

Table des matières

1	Fiches modules Semestre 1	3
2	Fiches modules Semestre 2	32
3	Fiches modules Semestre 3	61
4	Fiches modules Semestre 4	87
5	Fiches modules Semestre 5	121
6	Semestre 6 : Projet fin d'études	160

1

Fiches modules Semestre 1

Fiche Module : Analyse 1

Unité d'Enseignement (UE)	Mathématiques 1		Code UE	UEF110	ECUE	Analyse 1	Code ECUE	ECUEF111
Filière	Licence BioXplore		Département	BT		Option	....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S1
	TD	21h						
	TP	...h		Mixte				
	Projet	...h				X		
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21h cours (1h30/semaine) 21h de TD (1h30/semaine)				Coefficient		1.5
						Crédit ECTS		3
Responsable du Module		Salah Beldi		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		....		
Prérequis		Notions mathématiques de base du niveau Baccalauréat						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : ● AA1 : Décrire et analyser les suites numériques et leurs limites. ● AA2 : Étudier les fonctions d'une variable réelle (limites, continuité, monotonie). ● AA3 : Calculer et interpréter les dérivées et dérivées successives. ● AA4 : Appliquer le calcul intégral et déterminer des primitives. ● AA5 : Résoudre des problèmes de calcul différentiel et intégral simples liés aux sciences du vivant.						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres/thèmes/unités suivants : Chapitre 1 : Suites numériques et limites Chapitre 2 : Fonctions numériques d'une variable réelle (limites, continuité, théorème des valeurs intermédiaires, fonctions monotones) Chapitre 3 : Fonctions dérivées et développements limités Chapitre 4 : Calcul intégral et primitives						
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage		Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ Cours magistraux interactifs avec exemples concrets. Apprentissage par résolution de problèmes et exercices guidés Travaux dirigés sur applications bioinformatiques simples Discussions dirigées pour consolider la compréhension						
Techniques d'enseignement :		Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage. Travail en groupe sur des exercices d'analyse (AA2, AA3, AA4) Brainstorming et raisonnement collectif autour des notions de limites et de continuité (AA1, AA2) Résolution guidée d'exercices et études de cas simples issus des sciences du vivant (AA3, AA5) Présentation orale de solutions, démonstrations ou méthodes de calcul (AA4, AA5) Quiz formatifs en début ou fin de séance pour l'auto-évaluation et la consolidation des acquis (AA1, AA3, AA4)						

Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> Évaluation diagnostique en début de semestre Évaluation formative (TD, exercices corrigés) Évaluation sommative (DS et examen final)																								
Critères d'évaluation	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> Maîtrise des notions fondamentales d'analyse Clarté et rigueur des démonstrations Respect des consignes et de la notation mathématique Capacité à raisonner et résoudre des problèmes complexes																								
Mesure d'évaluation	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. Devoir Surveillé (DS) (entre semaines 6 et 8) : - DS 1 : (AA1 : 40%, AA2 : 60) Examen final : Epreuve écrite (AA3 : 40%, AA4 : 40%, AA5 : 20%)																								
Critère d'attribution de la note finale	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : Tests écrits à mi-parcours (D.S) : 30 % Examen écrit final (Examen) : 70 %.																								
Acquis de Formation visés	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP).</i> <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td></td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12			x									
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
		x																							
Références bibliographiques	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i> [1] Liret, F., & Martinais, D. Analyse – Licence 1re année. Dunod. [2] Toumi, A. Analyse (mathématiques I): Cours et applications (Exercices corrigés, Q.C.M.). CPU. [3] Darracq, M.-C., & Rombaldi, J.-É. Analyse pour la Licence. De Boeck Supérieur.																								

Fiche Module : Algèbre 1

Unité d'Enseignement (UE)	Mathématiques 1		Code UE	...	ECUE	Algèbre 1	Code ECUE	...
Filière	Licence BioXplore		Département	BT		Option	....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S1
	TD	21h		Mixte		X		
	TP	...h						
	Projet	...h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21h cours (1h30/semaine) 21h TD (1h30/semaine)				Coefficient		1.5
						Crédit ECTS		3
Responsable du Module		Salah Beldi		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		....		
Prérequis		Notions mathématiques de base du niveau Baccalauréat						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 : Comprendre et appliquer les notions fondamentales de logique et d'ensembles • AA2 : Maîtriser les concepts d'arithmétique et de polynômes utiles à la bioinformatique. • AA3 : Manipuler les espaces vectoriels et leurs sous-espaces. • AA4 : Appliquer les notions de transformations linéaires et de matrices dans des contextes biologiques. • AA5 : Démontrer des propriétés algébriques et raisonner rigoureusement pour résoudre des problèmes.						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres/thèmes/unités suivants : Chapitre 1 : Logique et Ensembles Chapitre 2 : Arithmétique et Polynômes Chapitre 3 : Espaces vectoriels Chapitre 4 : Applications linéaires						
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage		Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ Cours magistraux interactifs avec exemples concrets. Apprentissage par résolution de problèmes et exercices guidés Travaux dirigés sur applications bioinformatiques simples Discussions dirigées pour consolider la compréhension						
Techniques d'enseignement :		Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage. Travail en groupe (AA3, AA4) Brainstorming et raisonnement collectif (AA1, AA2) Recherche documentaire et exercices pratiques (AA5) Présentation orale de solutions ou démonstrations (AA5) Quiz formatifs en début ou fin de séance pour l'auto-évaluation (AA1, AA4).						

6

Méthodes d'évaluation	La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment". Exercices et quiz pendant les TD Observation directe Évaluation sommative																								
Critères d'évaluation	Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA. Clarté et rigueur des démonstrations Exactitude des calculs Clarté et structure de la rédaction Capacité à raisonner et résoudre des problèmes complexes																								
Mesure d'évaluation	La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences. Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. Devoir Surveillé (DS) (entre semaines 6 et 8) : - DS 1 : (AA1 : 40%, AA2 : 60%) Examen final : Epreuve écrite (AA3 : 40%, AA4 : 40%, AA5 : 20%)																								
Critère d'attribution de la note finale	Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : Tests écrits à mi-parcours (D.S) : 30 % Examen écrit final (Examen) : 70 %.																								
Acquis de Formation visés	Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP). <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td></td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12			x									
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
		x																							
Références bibliographiques	Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE. [1] J.-P. Escofier, Toute l'Algèbre de la Licence, Dunod. [2] Vincent Blanloeil, Une introduction moderne à l'algèbre linéaire, Ellipses.																								

Fiche Module de l'ECUE Diversité Animale

Unité d'Enseignement (UE)	Biologie des organismes		Code UE	UEF120	ECUE	Diversité Animale	Code ECUE	ECUEF121
Filière	Licence BioXplore		Département	BT		Option	....	
Type d'enseignement	C	21 h	Régime	CC			Semestre	S1
	TD							
	TP	14h		Mixte		X		
	Projet	7h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21h (1,5h/semaine) 14h TP (1h/semaine) Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7h				Coefficient	2	
						Crédit ECTS	4	
Responsable du Module		Sami ABIDLI		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		.....		
Prérequis		- Notions fondamentales de biologie générale - Bases de biologie cellulaire et moléculaire - Introduction à la génétique - Notions élémentaires de biochimie						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 : Identifier les caractéristiques générales du règne animal et situer les Métazoaires dans l'arbre du vivant. • AA2 : Classer les principaux groupes animaux à partir de critères morphologiques, embryologiques et phylogénétiques modernes. • AA3 : Expliquer les grandes fonctions physiologiques animales (nutrition, respiration, circulation, excrétion) dans une approche comparative. • AA4 : Relier l'organisation anatomique et physiologique des animaux à leur environnement et à leur mode de vie. • AA5 : Identifier les principaux organismes modèles en biologie animale et comprendre leur intérêt en bioinformatique. • AA6 : Reconnaître les principales bases de données biologiques associées aux organismes modèles et comprendre leur utilité pour l'analyse bioinformatique.						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres/thèmes/unités suivants : Chapitre 1 : Phylogénie et arbre du vivant ○ Concepts de base en phylogénie ○ Arbre du vivant : Eucaryotes et position des Métazoaires ○ Caractères dérivés, homologie et convergence ○ Apports de la phylogénie moléculaire et des données génomiques Chapitre 2 : Plans d'organisation chez les animaux ○ Introduction aux bases de données biologiques associées ○ Niveaux d'organisation biologique ○ Symétrie corporelle (asymétrie, symétrie radiaire et bilatérale) ○ Feuilletés embryonnaires (diploblastiques et triploblastiques) ○ Cavité générale (coelomates) Chapitre 3 : Diversité des grands groupes animaux ○ Invertébrés : Porifera, Cnidaria, Plathelminthes, Annélides, Mollusques, Nématelminthes,						

8

	Arthropodes, Échinodermes ○ Vertébrés : Chondrichthyens et Ostéichthyens (Amphibiens, Sauropsides, Oiseaux, Mammifères) ○ Caractères distinctifs, organisation générale, adaptations et importance évolutive Chapitre 4 : Diversité fonctionnelle et physiologie comparée ○ Respiration, circulation et excrétion dans une approche comparative ○ Adaptations physiologiques liées aux modes de vie et aux environnements Chapitre 5 : Organismes modèles en biologie animale ○ <i>Drosophila melanogaster</i> : développement, génétique et régulation des gènes ○ <i>Caenorhabditis elegans</i> : neurobiologie, apoptose et développement ○ <i>Danio rerio</i> (poisson-zèbre) : développement embryonnaire et génomique comparée ○ <i>Mus musculus</i> (souris) : physiologie, pathologies et génomique fonctionnelle Chapitre 6 : Introduction à la bioinformatique appliquée à la biologie animale ○ Rôle des organismes modèles en bioinformatique ○ Introduction aux bases de données biologiques : ○ Exemples d'applications bioinformatiques en biologie animale
	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> X Présentiel ☐ A distance ☐ Mixte ☐ ○ Cours magistral structuré avec supports visuels ○ Études de cas scientifiques ○ Analyse et interprétation de données issues de la littérature ou de travaux pratiques et travaux dirigés ○ Apprentissage progressif par problème orienté compréhension et analyse Exemples : Apprentissage par résolution de problèmes Apprentissage par projet Pédagogie inversée ... ○
<u>Techniques d'enseignement :</u>	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> ○ Brainstorming dirigé (AA1, AA2) : activation des connaissances préalables et construction collective des concepts fondamentaux de la biologie animale et de la phylogénie. ○ Travail en groupe (AA3) : analyse comparative de fonctions physiologiques animales et discussion critique des adaptations biologiques. ○ Recherche documentaire guidée (AA4, AA5) : exploration encadrée de ressources scientifiques et de bases de données biologiques liées aux organismes modèles. ○ Présentations orales : restitution synthétique des travaux réalisés, développement des capacités de communication scientifique. ○ Utilisation de supports numériques : diaporamas, schémas interactifs, ressources en ligne et initiation aux bases de données biologiques utilisées en bioinformatique.
<u>Méthodes d'évaluation</u>	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> ○ Évaluation formative continue (questions, exercices, mini-tests) ○ Évaluation sommative ○ Devoir surveillé (DS)

	○ Examen final écrit																								
<u>Critères d'évaluation</u>	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> ○ Exactitude et rigueur scientifique des réponses ○ Capacité de classification, de comparaison et d'analyse ○ Maîtrise du vocabulaire biologique et des concepts fondamentaux ○ Pertinence et justesse des exemples mobilisés ○ Clarté, structuration et cohérence des réponses écrites																								
<u>Mesure d'évaluation</u>	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. • Tests à mi-parcours (entre semaines 6 et 8) : - Test 1 : Présentation projet (AA1) : 50% - Test 2 : Test écrit (AA2) : 50% • Examen final : Epreuve écrite (AA3 : 50%, AA4 : 25%, AA5 : 25%)																								
<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> La note finale est calculée comme suit : ○ DS : 20 % ○ Examen final : 80 % ○ Note minimale de validation : 10/20																								
<u>Acquis de Formation visés</u>	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage</i> <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> <i>visés par le programme (AAP).</i> Cet ECUE contribue principalement aux AAP suivants : AAP1 : Bases biologiques fondamentales AAP2 : Compréhension du vivant pour l'analyse bioinformatique AAP4 : Culture scientifique interdisciplinaire	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12	x											
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
x																									
<u>Références bibliographiques</u>	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i> [1] Hickman C.P. et al. 2008. Integrated Principles of Zoology. McGraw-Hill. 910p [2] Brusca R.C., Moore W., Shuster S.M. 2003. Invertebrates. Sinauer.0936p. [3] Campbell N.A. et al. 2020. Biology. Pearson. 1512p. [4] Alberts B. et al. 2015. Molecular Biology of the Cell. Garland Science. 1464p. [5] Lecointre G., Le Guyader H., 2017. La classification phylogénétique du vivant – Tome 2 – 4e édition. Belin. 832p.																								

10

Fiche Module de Diversité Végétale

Unité d'Enseignement (UE)	Biologie des organismes		Code UE	UEF120	ECUE	Diversité végétale	Code ECUE	ECUEF122
Filière	Licence BioXplore		Département	BT		Option	....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S1
	TD	7h		Mixte		X		
	TP	7h						
	Projet	7h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21h cours (1h30/semaine) 14h TP-TD (1h/semaine) Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7h				Coefficient	3	
						Crédit ECTS	3	
Responsable du Module		Imran Hammami		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Imran Hammami		
Prérequis		Bases de Biologie générale (niveau baccalauréat),						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 : Expliquer l'importance écologique et économique des végétaux et identifier les caractéristiques cellulaires fondamentales (paroi, plastes, autotrophie) qui les distinguent, en se concentrant sur les éléments essentiels à leur évolution. • AA2 : Maîtriser les principes de la classification moderne et de la phylogénie moléculaire pour comprendre et reconstruire les relations de parenté entre les lignées végétales. • AA3 : Identifier et caractériser la diversité des grands groupes taxonomiques (Algues, Bryophytes, Ptéridophytes, Gymnospermes et Angiospermes) en soulignant leurs principales innovations évolutives. • AA4 : Décrire et comparer les cycles de vie et les modes de reproduction au sein du règne végétal, en expliquant les adaptations liées au passage de la vie aquatique à la vie terrestre. • AA5 : Analyser la taille et la complexité des génomes végétaux, en intégrant les mécanismes de variation tels que la polyploïdie et leur impact sur la diversité génétique. • AA6 : Exploiter les données des organismes modèles (Arabidopsis, riz, maïs) et les outils bioinformatiques de phylogénie pour mener des analyses comparatives de gènes et de génomes à l'échelle évolutive.						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres/thèmes/unités suivants : COURS Chapitre 1 – Introduction - Importance des plantes • Place des végétaux dans la biosphère et importance écologique et économique • Spécificités fondamentales du règne végétal par rapport au règne animal (autotrophie, fixité) Chapitre 2 – La Cellule Végétale • Structure distinctive : Paroi, vacuole et plastes. • Les chloroplastes et l'origine de l'autotrophie (endosymbiose). Chapitre 3 – Diversité et Classification des Végétaux						

11

	• Approche phylogénétique et taxonomique : Principes de la classification moderne et de la phylogénie moléculaire végétale • Étude des grands groupes taxonomiques : Caractéristiques morphologiques, évolutives et génomiques des lignées suivantes : ○ Algues (diversité des lignées aquatiques). ○ Bryophytes (colonisation du milieu terrestre). ○ Ptéridophytes (apparition de la vascularisation). ○ Gymnospermes (apparition de la graine). ○ Angiospermes (fleurs, fruits et succès évolutif). Chapitre 4 – Cycles de Vie et Reproduction • Alternance de phases : Sporophyte et gamétophyte • Évolution des modes de reproduction à travers les grands groupes (de l'eau vers la terre ferme). • Impact des cycles de vie sur la diversité et la structure génétique des populations Chapitre 5 - Génomes Végétaux et Organismes Modèles • Taille, complexité et particularités des génomes végétaux (notion de polyploidie) • Organismes modèles : Étude approfondie des génomes d'<i>Arabidopsis thaliana</i>, du riz (<i>Oryza sativa</i>) et du maïs (<i>Zea mays</i>) • Utilisation de la phylogénie pour l'analyse comparative des gènes et des génomes TRAVAUX PRATIQUES TP/TD1 - 2 : Diversité des grandes lignées végétales – Observation macroscopique et microscopique des différents groupes (Algues aux Angiospermes) – deux séances TP/TD3 : Évolution des cycles de développement – Comparaison des cycles de vie à travers l'échelle évolutive TP/TD4: Phylogénie moléculaire végétale – Initiation aux outils bioinformatiques pour reconstruire les relations de parenté entre les lignées TP/TD5 : Génomique comparative – Analyse des génomes modèles et étude de la conservation des gènes entre espèce
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☐ A distance ☐ Mixte ☒ Cours magistraux interactifs Apprentissage guidé par les schémas et modèles (mind map..etc) Apprentissage par l'observation et l'expérimentation Apprentissage par résolution de problèmes Apprentissage par l'analyses de données Pédagogie inversée
Techniques d'enseignement :	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> TP et TD hybrides bio / numérique Démarche expérimentale simplifiée (initiation à la démarche scientifique) Études de cas guidés Capsule vidéo, Travail en binôme ou en petits groupes en classe, ...
Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i>

	Évaluation diagnostique (méthode KWL) Évaluation formative Évaluation sommative Travail à rendre à distance (questions notées) Comptes-rendus individuels....																								
Critères d'évaluation	Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA. Clarté de l'argumentation Respect des consignes Bonne utilisation des mots-clés Maîtrise du vocabulaire spécifique Respect du format Gestion du temps Présence et posture, ...																								
Mesure d'évaluation	La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences. Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. • Tests à mi-parcours (entre semaines 6 et 8) : - Test 1 : Présentation projet (AA1) : 50% - Test 2 : Test écrit (AA2) : 50% • Examen final : Epreuve écrite (AA3 : 25%, AA4 : 25%, AA5 : 25%, AA6 : 25%)																								
Critère d'attribution de la note finale	Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : • Note TP/TD (30%): 10% Comptes rendus, 10% Tests, 10% Evaluation générale. • Examen écrit final (Examen) : 70 %.																								
Acquis de Formation visés	Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP). <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>x</td><td></td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12						x		x				
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
					x		x																		
Références bibliographiques	Brown T (ed) (2000) Essential molecular biology: a practical approach, Second edition. Oxford University Press, Oxford ; New York Jain SM, Brar DS (eds) (2009) Molecular Techniques in Crop Improvement: 2nd Edition. Springer Netherlands, Dordrecht Kader J-C (2010) Advances in Botanical Research. Elsevier Science & Technology, San Diego Reece JB, Campbell NA (eds) (2011) Biology, 9. ed., student ed. Cummings, Boston, Mass. Munich Roland JC, Maarouf-Bouteau H, Bouteau F (2008) Atlas biologie végétale. 1. Organisation des																								

13

	plantes sans fleurs, algues et champignons, 7e éd. Dunod, Paris Rudall PJ Anatomy of Flowering Plants: An Introduction to Structure and Development
--	--

Fiche Module : Biochimie et biologie structurale des molécules du vivant

Unité d'Enseignement (UE)	Fondements chimiques de la biologie		Code UE	UEF130	ECUE	Biochimie et biologie structurale des molécules du vivant	Code ECUE	ECUEF131
Filière	BioXplore		Département	BT		Option	....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S1
	TD							
	TP	14h		Mixte		X		
	Projet	7h						
Volume horaire total		Présentiel 21h cours (1h/semaine) 14h TP (1h/semaine)				Coefficient		2
(Vol par semaine)		Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7h				Crédit ECTS		4
Responsable du Module		Khaled SEBEI		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Basma Mahjoubi Sarrah Mbarek Abdelmajid Zouhir Taoufik Jeridi Khaled Sebei		
Prérequis		Connaissances en chimie, biologie.						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		À l'issue de l'ECUE, l'étudiant sera capable de : 1) Décrire la structure et les rôles fonctionnels des glucides et des lipides. 2) Caractériser les acides aminés, expliquer la liaison peptidique et classer les peptides. 3) Expliquer les quatre niveaux de structure des protéines et relier structure et fonction. 4) Décrire la structure de l'ADN et de l'ARN et la coder en formats FASTA / GenBank. 5) Récupérer une séquence ou une structure dans NCBI, UniProt et la PDB, et réaliser une visualisation moléculaire élémentaire.						
Contenu		Glucides et lipides : Structures et rôles fonctionnels Type des Glucides : Mono/di/polysaccharides Fonctions énergétiques et structurales des Glucides et des Lipides Acides aminés et peptides Structure, propriétés physico-chimiques, classification, liaison peptidique. Structure et repliement des protéines Quatre niveaux de structure ; relation structure–fonction ; introduction à la PDB et à AlphaFold Acides nucléiques Structure ADN/ARN ; formats FASTA et GenBank ; introduction à NCBI et UniProt. Bases de données structurales et de séquences Consultation de la PDB ; récupération d'une séquence NCBI/UniProt ; initiation à la visualisation moléculaire						

	a) TP1 - Exploration de NCBI et UniProt : recherche, récupération et lecture d'une séquence protéique et nucléique ; identification des champs d'annotation. b) TP2 - Formats de séquences : conversion et lecture de fichiers FASTA et GenBank. c) TP3 - Consultation de la PDB : recherche d'une structure protéique, lecture d'une fiche PDB, identification des niveaux de structure. d) TP4 - Visualisation moléculaire : initiation à un visualiseur (type Mol* / PyMOL en mode guidé) ; observation de la relation structure-fonction.
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	Présentiel • Cours interactifs avec démonstrations et discussions guidées • Travaux dirigés • Exercices d'application en classe À distance • Travaux individuels et collaboratifs
Techniques d'enseignement :	Travail en groupe collaboratif et utilisation d'outils numériques et plateformes collaboratives Recherche documentaire Présentation orale, Capsule vidéo, Discussion dirigée ou débat, Travail en binôme ou en petits groupes en classe, Quiz formatifs
Méthodes d'évaluation	Évaluation diagnostique (avant l'apprentissage, pour connaître le niveau initial) Évaluation formative (en cours d'apprentissage, pour s'améliorer) Autoévaluation (par l'étudiant lui-même) Évaluation sommative : examen final
Critères d'évaluation	Clarté de l'argumentation et pertinence des exemples Maîtrise du vocabulaire spécifique Respect du format Gestion du temps Asciduité
Mesure d'évaluation	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. Contrôle continu : 30 % : QCM + exercices pratiques+TP notés Examen final : 70 %
Critère d'attribution de la note finale	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : Note finale = (Contrôle continu × 30 %) + (Examen final × 70 %)

<u>Acquis de Formation visés</u>	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP).</i>											
	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12
	X							X				
<u>Références bibliographiques</u>	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i> a) Lehninger, Principles of Biochemistry — Nelson & Cox (référence biochimie générale). b) Berg, Tymoczko & Stryer, Biochemistry (structure–fonction des protéines). c) Ressources en ligne : portails NCBI, UniProt, RCSB PDB.											

Fiche Module de Chimie organique

Unité d'Enseignement (UE)	Biologie cellulaire et Chimie du vivant		Code UE	UEF130	ECUE	Chimie organique	Code ECUE	ECUEF132
Filière	Bioinformatique		Département			Option	....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S1
	TD	7h		Mixte		X		
	TP	14h						
	Projet	7h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21h cours (1h30/semaine) 21h TP/TD (1h30/semaine) Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7h (0h30/semaine)				Coefficient	2	
						Crédit ECTS	4	
Responsable du Module		Prof. Hassen Sbihi Prof. Nejib Mekni		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Prof. Hassen Sbihi Prof. Nejib Mekni		
Prérequis		Les Acquis d'Apprentissage (AA) de ce module : • Structure atomique et Valence • Hybridation et Géométrie (sp³, sp², sp) • Électronégativité et Polarité • Nomenclature de base						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 : Identifier les fonctions chimiques et nommer les molécules organiques selon les règles de la nomenclature IUPAC. • AA2 : Représenter la structure spatiale des molécules en utilisant les projections de Cram, Fischer et Newman pour analyser leur configuration. • AA3 : Prédire la réactivité chimique et les propriétés physiques des hydrocarbures et des principales fonctions organiques. • AA4 : Réaliser au laboratoire des protocoles d'extraction, de synthèse et de purification. • AA5 : Analyser la pureté d'un échantillon.						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres/thèmes/unités suivants : Chapitre 1 : la structure des molécules organique. Chapitre 2 : la nomenclature Chapitre 3 : la stéréoisomérisation Chapitre 3 : Propriétés chimiques des Hydrocarbures Chapitre 4 : Propriétés des alcools, les dérivés carbonylés et les acides et leurs dérivés						

18

<u>Méthodes d'enseignement et d'apprentissage</u>	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☐ A distance ☐ Mixte ☒ • Mixte (Hybride) : ○ En présentiel : Cours, séances de TD pour l'application, et TP pour la pratique expérimentale. ○ À distance : Mise à disposition de ressources numériques. • Pédagogie : ○ Les étudiants étudient les règles de nomenclature ou les définitions de base à la maison via des supports numériques. ○ Le temps est consacré exclusivement à la résolution d'exercices complexes et à la manipulation de modèles moléculaires. • Apprentissage par les Travaux Pratiques : ○ Utilisation des TP pour valider les théories vues en cours. • Modèles moléculaires
<u>Techniques d'enseignement :</u>	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> Techniques d'enseignement et outils spécifiques • Travail en binôme ou en petits groupes (AA2, AA4) : ○ <i>En TD :</i> Utilisation de boîtes de modèles moléculaires pour construire physiquement des molécules et passer de la vision 3D à la projection de Newman ou Fischer. ○ <i>En TP :</i> Collaboration pour le montage de l'appareillage d'extraction ou de reflux. • Capsules vidéo (AA1, AA3) : ○ Visionnage de vidéos courtes montrant les mécanismes réactionnels animés ou les gestes techniques en laboratoire avant la séance. • Discussion dirigée ou Débat (AA3, AA5) : ○ Analyse collective de résultats expérimentaux. • Brainstorming et Cartes Mentales (AA1) : ○ En début de chapitre pour répertorier les fonctions chimiques connues ou

	pour classer les familles de composés (alcane, alcène, alcyne) selon leur réactivité. • Démonstration pratique (AA4) : ○ L'enseignant réalise une démonstration de la technique de Chromatographie sur Couche Mince (CCM) ou du réglage d'un banc Kofler avant que les étudiants ne manipulent.
Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> • Évaluation Diagnostique : ○ Test de prérequis : Un court QCM en ligne ou en classe sur les liaisons chimiques, la valence des atomes (C, H, O, N). • Évaluation Formative (En continu) : ○ Exercices d'application en cours : À la fin de chaque. ○ Exercices d'application en TD : Résolution de problèmes. • Évaluation Sommative (Finalité) : ○ Examen écrit (Théorie) : Évaluation des AA1, AA2 et AA3. ○ Examen pratique ou Compte-rendu de TP : Évaluation des AA4 et AA5.
Critères d'évaluation	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> AA1 : Identifier et Nommer * Exactitude terminologique : Application rigoureuse des règles IUPAC (préfixes, suffixes, numérotation). * Identification correcte : Reconnaissance sans erreur des fonctions prioritaires. AA2 : Représenter l'espace * Respect des conventions graphiques : Utilisation correcte des traits pleins/pointillés (Cram) et des cercles/axes (Newman). * Fidélité de la transcription : Capacité à passer d'une représentation à l'autre sans changer la configuration de la molécule. AA3 : Prédire la réactivité * Justification théorique : Utilisation correcte des effets électroniques (inductifs/mésomères) pour expliquer une réaction. * Exactitude des produits : Prédiction correcte du produit majoritaire (ex: règle de Markovnikov). AA4 : Réaliser des protocoles * Rigueur opératoire : Respect des consignes de sécurité et manipulation correcte du

	matériel (ampoule à décanter, chauffage à reflux). * Efficacité expérimentale : Obtention d'un produit avec un rendement et un aspect physique cohérents. AA5 : Analyser la pureté * Précision de l'interprétation : Justesse du calcul des R_f en chromatographie (CCM). * Esprit critique : Capacité à conclure sur la pureté à partir des preuves expérimentales (taches CM, point de fusion).
Mesure d'évaluation	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. Répartition des Mesures d'Évaluation La note finale est calculée sur 20 points. La validation du module nécessite une moyenne minimale de 10/20. 1. Devoir Surveillé (DS) : 10% • Moment : Mi-parcours (environ semaine 6 ou 7). • Contenu : Évaluation des bases théoriques. ○ AA1 : Nomenclature IUPAC et structures des molécules organiques. ○ AA2 : Représentations spatiales (Cram, Newman, Fischer). • Format : Épreuve écrite courte (30 min). 2. Travaux Pratiques (TP) : 20% • Moment : En continu sur les 3 séances de laboratoire. • Contenu : Évaluation des compétences méthodologiques et analytiques. ○ AA4 : Aptitude à réaliser les protocoles (Extraction, Synthèse de l'acide salicylique). ○ AA5 : Analyse de la pureté (Interprétation des plaques CCM). • Format : Moyenne des notes de manipulation (posture, sécurité) et des comptes-rendus écrits remis à la fin de chaque séance. 3. Examen Écrit Final : 70% • Moment : Fin de semestre. • Contenu : Évaluation globale et approfondie. ○ AA1 & AA2 : Rappels sur la structure et la stéréoisométrie (environ 50% de l'examen).

	○ AA3 : Prédiction de la réactivité chimique et mécanismes (Hydrocarbures, Alcools, Carbonyles, Acides) (environ 50% de l'examen). ● Format : Épreuve écrite de synthèse (1h).																								
<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> Critère d'attribution de la note finale La moyenne finale du module ECUEF132 : Chimie Organique est calculée sur une échelle de 0 à 20 selon la pondération suivante : Note Finale = (Note DS x 0,10) + (Moyenne TP x 0,20) + (Note Examen x 0,70) Détails des composantes : ● Note DS (10%) : Résultat du devoir surveillé portant sur les chapitres 1 et 2 (Nomenclature et Structure). ● Moyenne TP (20%) : Moyenne pondérée des notes obtenues lors des séances de laboratoire (Évaluation des manipulations + Comptes-rendus des TP d'extraction, synthèse et chromatographie). ● Note Examen (70%) : Résultat de l'épreuve écrite finale portant sur l'intégralité du programme (Chapitres 1 à 5).																								
<u>Acquis de Formation visés</u>	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP).</i> <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12	X											
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
X																									
<u>Références bibliographiques</u>	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i> [1] Brigitte Jamart, Jacques Bodiguel, Nicolas Brosse. Les Cours de Paul arnaud chimie organique. 2021. pour la 20e édition. © Dunod. [2] Stéphane Girouard, Danielle Lapierre, Claudio Marrano. Chimie organique 2^e édition. © 2019 TC Média Livres Inc.																								

Fiche Module Microbiologie générale

Unité d'Enseignement (UE)	Bases génétiques et microbiologiques du Vivant		Code UE	UEF140	ECUE	Microbiologie générale	Code ECUE	ECUEF141
Filière	Licence BioXplore		Département	BT		Option	....	
Type d'enseignement	C	21 h	Régime	CC			Semestre	S1
	TD	7h						
	TP	7h		Mixte				
	Projet	7h				X		
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21h cours (1h30/semaine) 14h TP/TD (1h/semaine)				Coefficient		1,5
		Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7h (0h30/semaine)				Crédit ECTS		3
Responsable du Module		Karim BEN SLAMA		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Haythem GHARSA		
Prérequis		Notions de biologie cellulaire générale Bases de chimie organique et biochimie						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : AA1 : Comprendre la diversité et les rôles des microorganismes. AA2 : Décrire l'organisation structurale et fonctionnelle des bactéries. AA3 : Expliquer les mécanismes de nutrition et de croissance bactérienne. AA4 : Réaliser l'identification de bactéries par des méthodes classiques. AA5 : Comprendre la structure, la classification et les caractéristiques des virus. AA6 : Appliquer les règles de biosécurité en laboratoire de microbiologie.						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres/thèmes/unités suivants : Chapitre 1 : Introduction à la Microbiologie – Le monde microbien Historique et découverte des microorganismes Microorganismes et maladies: bactériologie médicale Le monde microbien : diversité et classification Chapitre 2 : Bactériologie – La cellule bactérienne 1. Constitution chimique globale des bactéries Teneur en eau Composition chimique élémentaire Constituants organiques 2. Formes et associations bactériennes Formes coccoïdes Formes cylindriques Formes spiralées 3. Structure et composition de la cellule bactérienne Schéma général Structure anatomique 3.2.1. Enveloppes Capsules et couches muqueuses Paroi bactérienne Paroi Gram positif Paroi Gram négatif Couches S Protéines M Membrane cytoplasmique 3.2.2. Constituants internes Système membranaire interne Nucléoïde Cytoplasme Ribosomes						

23

	Granules de réserve Vacuoles Carboxysomes Thylacoïdes 3.2.3. Appendices Flagelles Fimbriae Pili 3.2.4. Cellules quiescentes Endospores Exospores Cystes bactériens Chapitre 3 : Bactériologie – Nutrition & Croissance bactérienne Besoins nutritifs Conditions physico-chimiques Paramètres de croissance Temps de génération Taux de croissance horaire Croissance en culture batch Courbe de croissance Croissance synchrone Croissance diauxique Chapitre 4 : Bactériologie – Systématique bactérienne Identification des bactéries Classification des bactéries Chapitre 5 : Virologie – Composition, Structure & Classification des Virus (6 h) Historique et découverte des virus Définition Capside virale Symétrie hélicoïdale Symétrie cubique Virus complexes Génome viral Enveloppe virale Classification des virus Programme des Travaux Pratiques TP1 Organisation du laboratoire, stérilisation, règles d'hygiène et biosécurité TP2 Milieux de culture et techniques d'ensemencement TP3 Identification morphologique : caractères culturels, mobilité, Gram TP4 Identification biochimique et moléculaire : tests enzymatiques, galeries API, initiation à la biologie moléculaire TP5 Étude de la cinétique de croissance bactérienne TP6 Techniques de base en virologie
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ Lecture active : Comprendre et retenir les notions Présentiel Cours magistraux interactifs Travaux pratiques guidés : Relier théorie et pratique 24
Techniques d'enseignement :	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> Présentation orale,

	Capsule vidéo, Discussion dirigée ou débat, Travail en binôme ou en petits groupes en classe,																								
Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> Évaluation formative (en cours d'apprentissage, pour s'améliorer) Évaluation sommative (en fin de séquence, pour valider les acquis)																								
Critères d'évaluation	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> Clarté de l'argumentation Respect des consignes Maîtrise du vocabulaire spécifique Respect du format																								
Mesure d'évaluation	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. ● Contrôle continu: 30 % ● Examen final écrit : 70 %																								
Critère d'attribution de la note finale	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> ● Contrôle continu: 30 % ● Examen final écrit : 70 % ● Moyenne de validation ≥ 10 / 20.																								
Acquis de Formation visés	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP).</i> <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12	X											
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
X																									
Références bibliographiques	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i> [1] Pommerville, J. C. (2021). Fundamentals of Microbiology (12e éd.). Jones & Bartlett Learning. [2] Tortora, G. J., Funke, B. R., & Case, C. L. (2024). Microbiology: An Introduction (14e éd.). Pearson																								

Fiche module de l'ECUE Génétique fondamentale

Unité d'Enseignement (UE)	Bases génétiques et microbiologiques du vivant		Code UE	UEF140	ECUE	Génétique Fondamentale	Code ECUE	ECUEF142
Filière	Licence BioXplore		Département	BT		Option	....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S2
	TD	7h						
	TP	7h		Mixte		X		
	Projet							
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21h cours 21h (1h30 cours/semaine) 14h TP-TD (1h/semaine)				Coefficient		1.5
						Crédit ECTS		3
Responsable du Module		Salma GHARIANI		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		....		
<u>Prérequis</u>		• Biologie cellulaire • Bases de biochimie • Chimie générale et organique • Notions élémentaires d'informatique • Bases de mathématiques et statistiques Compétences préalables : • Comprendre l'organisation cellulaire • Utiliser les outils informatiques de base Maîtriser le vocabulaire scientifique élémentaire						
<u>Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE</u>		AA1 : Identifier les composants fondamentaux du matériel génétique. AA2 : Expliquer les mécanismes de réplication, transcription et traduction. AA3 : Décrire les lois fondamentales de la génétique mendélienne. AA4 : Interpréter des résultats simples de croisements génétiques. AA5 : Identifier les différents types de mutations génétiques. AA6 : Utiliser des bases de données biologiques et des outils bioinformatiques élémentaires. AA7 : Manipuler et analyser des séquences biologiques simples. AA8 : Utiliser le vocabulaire scientifique adapté à la génétique et à la bioinformatique.						
<u>Contenu</u>		Génétique Fondamentale – Introduction et concepts de base <u>Objectifs de l'ECUE</u> À la fin du cours, l'étudiant devra être capable de : • Comprendre les bases moléculaires de l'hérédité. • Expliquer l'organisation et l'expression de l'information génétique. • Relier les concepts de génétique aux outils et applications en bioinformatique. • Interpréter des données génétiques simples. • Maîtriser le vocabulaire fondamental de la génétique moderne. I/ Introduction à la génétique: Histoire et importance de la génétique Définition de la génétique, Branches de la génétique, Grandes découvertes historiques: (Gregor Mendel, Thomas Hunt Morgan, James Watson et Francis Crick), Applications en médecine, agriculture et bioinformatique TD: Analyse chronologique des découvertes majeures II/ Support moléculaire de l'information génétique:						

	1- Structure et organisation du matériel génétique Structure de l'ADN et de l'ARN, Nucléotides et liaisons chimiques, Double hélice de l'ADN, Chromosomes et génome, Différences procaryotes/eucaryotes TP/TD: Observation de modèles moléculaires, Utilisation de banques de séquences simples 2- Réplication de l'ADN Réplication semi-conservative, Enzymes impliquées (ADN polymérase, Hélicase, Ligase), Fourche de réplication, Fidélité et réparation Applications bioinformatiques: Alignement de séquences et Détection d'erreurs et mutations III/ Expression de l'information génétique 1- Transcription: ARN polymérase, Synthèse de l'ARNm, Promoteurs et terminaison, Différences eucaryotes/procaryotes TD: Lecture d'une séquence ADN et transcription en ARN 2- Traduction et synthèse des protéines: Code génétique, Ribosomes, ARNt et codons, Étapes de la traduction, Structure primaire des protéines TP: Traduction informatique d'une séquence nucléotidique IV/ Génétique mendélienne 1- Lois de Mendel: Notions d'allèle, gène, génotype, phénotype, Dominance et récessivité, Première loi de Mendel, Deuxième loi de Mendel, Croisements mono- et dihybrides TD: Résolution d'exercices de croisements génétiques 2- Extensions de la génétique mendélienne: Codominance, Dominance incomplète, Hérité lié au sexe, Allèles multiples, Épistasie Études de cas : Groupes sanguins ABO, Daltonisme V/ Mutations et variabilité génétique 1- Mutations génétiques: Mutations ponctuelles, Insertions et délétions, Mutations chromosomiques, Agents mutagènes, Réparation de l'ADN Applications bioinformatiques: Analyse de variants, Introduction au séquençage 2- Initiation à la Génétique des populations: Fréquences alléliques, Variabilité génétique, Évolution et sélection naturelle, Introduction à l'équilibre de Hardy-Weinberg TD: Calculs simples de fréquences géniques VI/ Introduction à la bioinformatique génétique 1- Bases de données et outils bioinformatiques: Introduction aux séquences biologiques, Formats FASTA, Bases de données (NCBI, Ensembl), Recherche de séquences, Introduction à BLAST TP: Recherche d'un gène dans une base de données, Alignement simple de séquences.
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☐ A distance ☐ Mixte ☐ ☒ Apprentissage par résolution de problèmes ☒ Apprentissage par projet ☒ Études de cas ☒ Pédagogie interactive ☒ Travaux pratiques encadrés ☒ Initiation à la recherche documentaire
Techniques d'enseignement :	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> ☒ Brainstorming (AA1, AA3) ☒ Travail collaboratif en groupe (AA4, AA6) ☒ Recherche documentaire (AA5, AA6) ☒ Présentations orales ☒ Études de cas ☒ Exercices dirigés

	☐ Travaux pratiques en salle informatique ☐ Travail en binôme ☐ Capsules vidéo et supports numériques ☐ Discussions dirigées												
Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> ☐ Évaluation diagnostique en début de module ☐ Évaluation formative pendant les TD et TP ☐ Évaluation sommative en fin de semestre ☐ Autoévaluation lors des mini-projets ☐ Observation directe des manipulations pratiques ☐ Contrôle continu : • Tests écrits • Comptes rendus TP • Exposés ☐ Examen final écrit												
Critères d'évaluation	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Acquis d'apprentissage</th><th style="text-align: center;">Critères d'évaluation</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AA1 – AA2</td><td>Maîtrise des concepts fondamentaux et du vocabulaire scientifique</td></tr> <tr> <td>AA3 – AA4</td><td>Exactitude des raisonnements génétiques et pertinence des analyses</td></tr> <tr> <td>AA5</td><td>Identification correcte des mutations et interprétation des résultats</td></tr> <tr> <td>AA6 – AA7</td><td>Maîtrise des outils bioinformatiques et manipulation correcte des séquences</td></tr> <tr> <td>AA8</td><td>Qualité de la communication scientifique écrite et orale</td></tr> </tbody> </table> Critères généraux : • Respect des consignes • Clarté des réponses • Pertinence des exemples • Organisation du raisonnement • Utilisation correcte du vocabulaire scientifique • Gestion du temps	Acquis d'apprentissage	Critères d'évaluation	AA1 – AA2	Maîtrise des concepts fondamentaux et du vocabulaire scientifique	AA3 – AA4	Exactitude des raisonnements génétiques et pertinence des analyses	AA5	Identification correcte des mutations et interprétation des résultats	AA6 – AA7	Maîtrise des outils bioinformatiques et manipulation correcte des séquences	AA8	Qualité de la communication scientifique écrite et orale
Acquis d'apprentissage	Critères d'évaluation												
AA1 – AA2	Maîtrise des concepts fondamentaux et du vocabulaire scientifique												
AA3 – AA4	Exactitude des raisonnements génétiques et pertinence des analyses												
AA5	Identification correcte des mutations et interprétation des résultats												
AA6 – AA7	Maîtrise des outils bioinformatiques et manipulation correcte des séquences												
AA8	Qualité de la communication scientifique écrite et orale												
Mesure d'évaluation	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. Contrôle continu (30 %) • Test écrit intermédiaire : 20 % • Comptes rendus de TP : 10 % • Mini-projet / exposé : 10 %												

	Examen final (70 %) - Épreuve écrite finale : - AA1 – AA3 : 30 % - AA4 – AA5 : 20 % - AA6 – AA8 : 20 %																								
<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> La moyenne finale est calculée selon la formule suivante : - Contrôle continu : 30 % - Test écrit : 50 % - TP et mini-projet : 50 % - Examen final écrit : 70 %																								
<u>Acquis de Formation visés</u>	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP).</i> <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>X</td><td></td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12				X		X						
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
			X		X																				
<u>Références bibliographiques</u>	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i> [1] Snustad D.P. & Simmons M.J., <i>Principles of Genetics</i> [2] Watson J.D. et al., <i>Molecular Biology of the Gene</i> [3] Alberts B. et al., <i>Molecular Biology of the Cell</i> [4] Arthur Lesk, <i>Introduction to Bioinformatics</i> [5] NCBI Bookshelf [6] Ensembl Genome Browser																								

Fiche Module Excel pour l'analyse de données biologiques

Unité d'Enseignement (UE)	Unité transversale 1		Code UE	UET110	ECUE	Excel pour l'analyse de données biologiques	Code ECUE	ECUET113
Filière	BioXplore		Département	Biotechnologie		Option	....	
Type d'enseignement	C	0h	Régime	CC		X	Semestre	S1
	TD	0h		Mixte				
	TP	21h						
	Projet	...h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 1.5 h/semaine				Coefficient		
		Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7h				Crédit ECTS		
Responsable du Module		Ines Ben Djemaa		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Ines Ben Djemaa		
Prérequis		Maîtrise des fonctionnalités de base d'Excel (saisie de données, formules simples, mise en forme, graphiques simples).						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 : Utiliser des formules et fonctions avancées pour automatiser les calculs. • AA2 : Analyser et structurer des données à l'aide des tableaux et graphiques avancés. • AA3 : Exploiter les tableaux croisés dynamiques pour l'analyse décisionnelle. • AA4 : Gérer, nettoyer et sécuriser des bases de données Excel. • AA5 : Utiliser les outils spécifiques tels que valeur cible, les Macros et le solveur						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres/thèmes/unités suivants : • Chapitre 1 : Rappels et optimisation de l'environnement Excel • Chapitre 2 : Fonctions avancées • Chapitre 3 : Gestion et analyse de données (tri, filtres avancés, validation des données) • Chapitre 4 : Tableaux et graphiques avancés • Chapitre 5 : Tableaux croisés dynamiques et rapports • Chapitre 6 : Introduction à l'automatisation (macros simples, bonnes pratiques)						
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage		Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ • Cours interactifs • Démonstrations pratiques • Travaux dirigés et exercices appliqués						
Techniques d'enseignement :		Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage. • Apprentissage par la pratique (AA1, AA2, AA3, AA4, AA5) • Études de cas (AA2, AA3, AA4) • Exercices progressifs (AA1, AA2, AA5) • Travail individuel et en groupe (AA3, AA4, AA5)						

30

Méthodes d'évaluation	La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment". ● Évaluation diagnostique ● Évaluation formative : exercices, participation, mini-projets ● Évaluation continue : auto-évaluation ● Évaluation sommative : QCM, devoir surveillé, examen final																								
Critères d'évaluation	Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA. ● Exactitude et pertinence des formules et fonctions utilisées (AA1 – AA2) ● Qualité de l'analyse et interprétation des résultats (AA3) ● Organisation, fiabilité et sécurisation des données (AA4) ● Degré d'autonomie et efficacité de l'automatisation (AA5)																								
Mesure d'évaluation	La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences. Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. Contrôle continu : 3 % : QCM + exercices pratiques+TP notés Examen final : 70 %																								
Critère d'attribution de la note finale	Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : Note finale = (Contrôle continu × 40 %) + (Examen final × 60 %)																								
Acquis de Formation visés	Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP). <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12		x										
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
	x																								
Références bibliographiques	Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE. [1] Walkenbach J., <i>Excel avancé</i>, Microsoft Press [2]Curtis Frye, <i>Microsoft Excel – Analyse et modélisation des données</i> [3] Documentation officielle Microsoft Excel																								

2

Fiches modules Semestre 2

ASD1 – Algorithmique & Structures de Données 1

Unité d'Enseignement (UE)	Informatique 1		Code UE	UEF220	ECUE	Algorithmique & Structures de Données	Code ECUE	ECUEF221
Filière	BioXplore		Département	GLSI		Option		
Type d'enseignement	C	21 h	Régime	CC			Semestre	S2
	TD	21 h						
	TP							
	Projet			Mixte		X		
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 42h (1,5h C/semaine, 1,5h TD/semaine)				Coefficient		1,5
						Crédit ECTS		3
Responsable du Module		Dorra Ben Ayed		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Dorra Ben Ayed , Thouraya khemiri		
Prérequis		Rien						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 : Comprendre les bases de l'algorithmique (variables, contrôle, fonctions) • AA2 : Manipuler les structures fondamentales (listes, tableaux). • AA3 : Résoudre des problèmes simples en pseudo-code. • AA4 : Analyser la logique d'un problème biologique simple.						
Contenu		Unité 1 : Les Fondements de la Logique Algorithmique Objectif : Maîtriser la syntaxe de base et la logique séquentielle, conditionnelle et itérative. AA Correspondants : AA1, AA3 • Chapitre 1 : Introduction et Environnement ○ <i>Contenu :</i> Introduction à l'algorithmique ; Environnement algorithmique ; Types de données, constantes, variables. • Chapitre 2 : La Logique Conditionnelle ○ <i>Contenu :</i> Structures conditionnelles (Si, Sinon, Selon...). • Chapitre 3 : La Logique Itérative ○ <i>Contenu :</i> Structures itératives (Boucles Pour, Tant que, Répéter). Description du TD de l'Unité 1 : Ce TD vise à installer la "pensée machine". Les étudiants commenceront par des traces d'exécution sur papier pour comprendre le flux. Ensuite, ils écriront leurs premiers algorithmes : 1. Déclaration : Choisir les bons types (entier, réel, chaîne) pour des variables biologiques (ex: pH, concentration). 2. Conditions : Algorithmes de décision (ex: Classer une solution comme Acide/Neutre/Basique selon le pH). 3. Boucles : Utilisation de compteurs et d'accumulateurs (ex: Calculer la moyenne de plusieurs relevés expérimentaux ou simuler une croissance bactérienne simple qui double à chaque itération).						

33

	Unité 2 : Structures de Données Statiques Objectif : Apprendre à stocker et manipuler des ensembles de données homogènes et hétérogènes. AA Correspondants : AA2, AA4 • Chapitre 4 : Les Tableaux ○ <i>Contenu :</i> Tableaux unidimensionnels (vecteurs) ; Tableaux bidimensionnels (Matrices). • Chapitre 5 : Les Structures Composées ○ <i>Contenu :</i> Les enregistrements. Description du TD de l'Unité 2 : 1. Vecteurs : Stockage et parcours de données 2. Matrices : Manipulation de grilles 3. Enregistrements : Création de types personnalisés (ex: Définir une structure Patient ou Gène contenant plusieurs champs) et manipulation d'un tableau de ces structures. Unité 3 : Modularité et Algorithmes Classiques Objectif : Structurer le code pour le rendre réutilisable et appliquer des méthodes standard de traitement de données. AA Correspondants : AA1, AA3, AA4 • Chapitre 6 : Sous-programmes ○ <i>Contenu :</i> Procédures et fonctions ; Mode de passage de paramètres (Passage par adresse, passage par valeur). • Chapitre 7 : Traitement de données ○ <i>Contenu :</i> Algorithmes de tri (par sélection, par insertion, à bulle, quick sort, etc.) ; Algorithmes de recherche (recherche par dichotomie). Description du TD de l'Unité 3 : L'objectif est d'apprendre à découper un problème complexe en sous-problèmes et à optimiser les traitements. 1. Modularité : Réécriture des exercices précédents en utilisant des fonctions. Exercices spécifiques pour comprendre la différence entre modifier une copie (valeur) et modifier l'original (adresse/référence). 2. Tri et Recherche : Simulation manuelle des tris pour visualiser les échanges de valeurs. Comparaison de l'efficacité entre une recherche simple et une recherche dichotomique sur un grand jeu de données biologiques triées (ex: chercher un identifiant dans une base de données génomique). Unité 4 : Concepts Avancés et Gestion Mémoire Objectif : Comprendre l'auto-référence et l'accès direct à la mémoire. AA Correspondants : AA1, AA2 • Chapitre 8 : La Récursivité ○ <i>Contenu :</i> Récursivité (Principe et mise en œuvre). Description du TD de l'Unité 4 : Ce TD aborde des concepts plus abstraits nécessaires pour la programmation avancée. Récursivité : Traduction d'algorithmes itératifs en versions récursives (ex: Suite de Fibonacci, calcul de factorielle) et compréhension de la pile d'appels.
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐

	• Cours magistraux. • Apprentissage par résolution de problèmes • Apprentissage actif
Techniques d'enseignement :	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> • Cours interactifs avec Q/R • Pair programming et travail collaboratif. • Etudes de cas
Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> Diagnostic • Test court en début de semestre Formative • Exercices & TP notés avec feedback Sommative • CC + Examen final
Critères d'évaluation	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> • Exactitude Syntaxique Respect des règles d'écriture, typage correct, déclaration des variables (AA1) • Validité Logique et Fonctionnelle L'algorithme résout le problème, termine correctement, gère les cas limites (AA3) • Pertinence des Structures de Données Choix et manipulation correcte des tableaux, matrices, enregistrements et pointeurs (AA2) • Qualité de la Structuration (Modularité) Découpage en sous-programmes, passage correct des paramètres valeur/adresse (AA1, AA3) • Capacité de Modélisation (Contexte Biologique) Traduction correcte du problème biologique en langage algorithmique (AA4)
Mesure d'évaluation	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. • Devoir Surveillé (DS) : Épreuve écrite portant sur les concepts fondamentaux et les structures de données statiques (AA1, AA2, AA3). • Examen final : Épreuve écrite globale couvrant la modularité, les algorithmes de traitement, la récursivité et la gestion mémoire (AA1, AA2, AA3, AA4).
Critère d'attribution de la note finale	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : • DS : 30% • Examen écrit final (Examen) : 70 %

<u>Acquis de Formation visés</u>	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage</i>											
	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12
						x						
	<i>visés par le programme (AAP).</i>											
<u>Références bibliographiques</u>	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i> [1] Thomas H. Cormen, Charles E. Leireson, Ronald L Rivest et Clifford Stein, « Introduction à l'algorithmique », cours et exercices 2ème cycle Ecoles d'ingénieurs », Edition Dunod, 2ème édition, Paris 2002 [2] Robert Sedgewick et Kevin Wayne, « Algorithmes », 4ème édition, Pearson Education, Paris 2012. [3] Aditya Y. Bhargava, « Algorithmes illustrés », découvrir les algorithmes sans prérequis, Editions Eyrolles, 1ère édition, Paris 2017.											

Programmation Python

Unité d'Enseignement (UE)	Informatique 1		Code UE	UEF220	ECUE	Programmation Python	Code ECUE	ECUEF222
Filière	BioXplore		Département	GLSI		Option		
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S2
	TD							
	TP	21h		Mixte		X		
	Projet	10,5h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 42h (1,5h C/semaine et 3h TP/quinzaine par demi-groupe)				Coefficient		2
		Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 10,5h				Crédit ECTS		4
Responsable du Module		Imen Lassoued		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Imen Lassoued, Zohra Channouf		
Prérequis		Rien						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 : Comprendre et utiliser les bases du langage Python (variables, boucles, conditions). • AA2 : Écrire des programmes simples et structurés (fonctions de base). • AA3 : Résoudre un petit problème du domaine du vivant à l'aide d'un script Python simple.						
Contenu		Unité 1 : Environnement et Manipulation de Données Objectif : Installer l'environnement de travail et manipuler les premières variables et interactions utilisateur. AA Correspondants : AA1 • Chapitre 1 : Installation de Python ○ <i>Contenu :</i> Installation sur clé USB ; Découverte de l'IDLE ; Mode interactif vs Script ; Sauvegarde. • Chapitre 2 : Les variables ○ <i>Contenu :</i> Affectation ; Opérations arithmétiques ; Modification de valeur. • Chapitre 3 : Les types de variables ○ <i>Contenu :</i> Types int, float, str ; Concaténation ; Conversion de types (Casting) ; input et print. Description des TPs de l'Unité 1 : ○ TP 1 : Prise en main de l'environnement (Chapitre 1) ▪ <i>Contenu :</i> Installation de Python et IDLE. Écriture du premier script "Hello World". Test des commandes mathématiques simples dans la console interactive. Sauvegarde et réouverture d'un fichier .py. ○ TP 2 : Variables et Interactions (Chapitres 2 & 3) ▪ <i>Contenu :</i> ▪ Manipulation de variables : Calculatrice simple (Somme, Produit). ▪ <i>Contexte Bio :</i> Création d'un script de conversion d'unités (ex: Convertir une température Celsius en Fahrenheit, ou calculer la masse molaire à partir de quantités données). ▪ Interaction : Demander le nom d'un chercheur et son année de naissance, puis afficher son âge approximatif. Unité 2 : Logique de Contrôle (Conditions et Boucles) Objectif : Intégrer la logique décisionnelle et répétitive dans les programmes. AA Correspondants : AA1, AA3 • Chapitre 4 : Exécution conditionnelle ○ <i>Contenu :</i> if, elif, else ; Opérateurs de comparaison ; Type booléen. • Chapitre 5 : La boucle While ○ <i>Contenu :</i> Boucle conditionnelle ; Gestion de l'arrêt. • Chapitre 6 : La boucle For ... in ... ○ <i>Contenu :</i> Boucle itérative ; range ; Parcours de chaînes.						

37

	Description des TP de l'Unité 2 : ○ TP 3 : Logique Décisionnelle (Chapitre 4) ▪ <i>Contenu :</i> ▪ Exercices sur les conditions imbriquées. ▪ <i>Contexte Bio :</i> Script de "Diagnostic" ou de "Classification". L'utilisateur entre une valeur de pH, le programme indique si la solution est Acide, Neutre ou Basique. Ou bien classifiez un patient selon son IMC (Indice de Masse Corporelle). ○ TP 4 : Les Boucles (Chapitres 5 & 6) ▪ <i>Contenu :</i> ▪ Utilisation de While pour des processus à seuil (ex: <i>Contexte Bio :</i> Simulation de la division cellulaire bactérienne jusqu'à saturation du milieu). ▪ Utilisation de For pour le parcours (ex: <i>Contexte Bio :</i> Analyser une courte séquence d'ADN sous forme de chaîne de caractères et compter le nombre de nucléotides 'G' et 'C'). Unité 3 : Structuration Modulaire Objectif : Organiser le code en fonctions réutilisables pour résoudre des problèmes complexes. AA Correspondants : AA2, AA3 • Chapitre 7 : Les fonctions ○ <i>Contenu :</i> Définition (def) ; Paramètres ; Valeur de retour (return) ; Portée locale/globale. Description du TP de l'Unité 3 : ○ TP 5 : Fonctions et Projet de Synthèse (Chapitre 7) ▪ <i>Contenu :</i> ▪ Refactoring : Transformer les codes des TP précédents (Calcul IMC, Analyse ADN) en fonctions propres (ex: def calculer_imc(poids, taille):). ▪ <i>Projet Final Bio :</i> Création d'une "Mini-Boîte à outils du Biologiste". Un script principal qui propose un menu à l'utilisateur (1. Analyser ADN, 2. Convertir unités, 3. Quitter) et appelle les fonctions correspondantes selon le choix. Mini-projet de synthèse : Développer une "Boîte à outils bio-informatique" capable de traiter des séquences d'ADN et d'automatiser des calculs de laboratoire courants. Objectif : mobiliser l'ensemble des compétences acquises (boucles, conditions, fonctions) pour construire une solution modulaire et interactive répondant à un besoin réel du biologiste.
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ • Démonstrations en direct (Live Coding) • Apprentissage par résolution de problèmes
Techniques d'enseignement :	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> • Cours interactifs avec Q/R • TP guidés en laboratoire • Exercices de codage progressifs • Debugging collaboratif (analyser les erreurs des autres) • Projets individuels sur machine
Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> Diagnostic • Sondage rapide sur les connaissances informatiques en début de module. Formative

	• Correction des TP en séance avec feedback immédiat sur le code. Sommative • Devoir Surveillé (DS) + Examen Final																								
<u>Critères d'évaluation</u>	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> 1. Respect de la syntaxe Python : Indentation, mots-clés, nommage des variables (AA1) 2. Logique Algorithmique : Choix pertinent des boucles et conditions pour résoudre le problème (AA1, AA3) 3. Modularité et Réutilisabilité : Découpage correct en fonctions, utilisation des paramètres et retours (AA2) 4. Fonctionnalité : Le script s'exécute sans erreur et produit le résultat attendu (AA3) 5. Application au domaine : Pertinence de la solution pour le problème biologique posé (AA3)																								
<u>Mesure d'évaluation</u>	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. • Devoir Surveillé (DS) : Épreuve écrite portant sur les bases, les variables, les types et les conditions (AA1). • Examen final : Épreuve globale couvrant les boucles, les fonctions et la résolution d'un problème biologique complet (AA1, AA2, AA3).																								
<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : • DS+TP : 30% • Examen écrit final (Examen) : 70 %																								
<u>Acquis de Formation visés</u>	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage</i> <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> <i>visés par le programme (AAP).</i>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12						x						
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
					x																				
<u>Références bibliographiques</u>	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i> [1] Michael T. Goodrich, Roberto Tamassia et Michael H. Goldwasser, « Data Structures and Algorithms in Python », 1ère édition, Wiley, Hoboken 2013. [2] Bradley N. Miller et David L. Ranum, « Problem Solving with Algorithms and Data Structures using Python », 2ème édition, Franklin, Beedle & Associates, Wilsonville 2011. [3] Wally Flint, « A Common-Sense Guide to Data Structures and Algorithms in Python », Volume 1, Level Up, 1ère édition, Seattle 2022.																								

Fiche Module : Probabilités

Unité d'Enseignement (UE)	Mathématiques 2		Code UE	UEF210	ECUE	Probabilités	Code ECUE	ECUEF211
Filière	Bioinformatique		Département	....		Option	....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S2
	TD	10.5h		Mixte		X		
	TP	10.5h						
	Projet	7h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 42 h (3h/semaine)				Coefficient	2	
		Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : xx h Exemple : 10,5h (0,75/semaine)				Crédit ECTS	4	
Responsable du Module		Salah Beldi		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		....		
Prérequis		Notions de base en algèbre et analyse (niveau S1).						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 : Connaître et expliquer les principes fondamentaux du dénombrement et des espaces probabilisés. • AA2 : Définir et interpréter les variables aléatoires discrètes et continues ainsi que leurs lois de probabilité. • AA3 : Modéliser des situations aléatoires issues de problématiques biologiques ou bioinformatiques. • AA4 : Calculer des probabilités, des espérances et des variances dans des contextes concrets. • AA5 : Utiliser les outils probabilistes pour analyser et interpréter des données simples. • AA6 : Implémenter et simuler des lois de probabilité à l'aide du logiciel R						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres/thèmes/unités suivants : Chapitre 1 : Éléments d'analyse combinatoire Chapitre 2 : Probabilités Chapitre 3 : Lois discrètes usuelles Chapitre 4 : Lois continues usuelles Chapitre 5 : Couple de variables aléatoires Chapitre 6 : Convergences						
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage		Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ Apprentissage par résolution de problèmes Apprentissage par projet Pédagogie active centrée sur l'étudiant						
Techniques d'enseignement :		Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.						

40

	Brainstorming et questionnement guidé (AA1, AA2) Travail en groupe collaboratif (AA3, AA4) Exercices progressifs et études de cas appliquées à la biologie (AA3, AA4, AA5) Initiation à l'utilisation de R pour la simulation et le calcul probabiliste (AA6) Travaux pratiques guidés sur R (scripts simples, interprétation des sorties) Présentation orale de solutions ou raisonnements Quiz formatifs en début ou fin de séance																								
Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> Évaluation diagnostique en début de module Évaluation formative continue (exercices, quiz, participation) Évaluation sommative (tests écrits et examen final) Autoévaluation et co-évaluation ponctuelles																								
Critères d'évaluation	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> Compréhension des concepts probabilistes Exactitude des calculs et raisonnements Pertinence de la modélisation des situations aléatoires Clarté de la rédaction mathématique Maîtrise du vocabulaire scientifique																								
Mesure d'évaluation	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. Devoir Surveillé (DS) (entre semaines 6 et 8) : - DS 1 : (AA1 : 30%, AA2 : 40) - Épreuve pratique / questions avec R (AA6 : 30 %) Examen final : Epreuve écrite (AA3 : 30%, AA4 : 40%, AA5 : 30%)																								
Critère d'attribution de la note finale	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : Contrôle continu : 30 % Examen écrit final (Examen) : 70 %.																								
Acquis de Formation visés	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP).</i> <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td>x</td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12		x	x									
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
	x	x																							
Références bibliographiques	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i> [1] Lecoutre, J.-P. Statistique et probabilités. Dunod. [2] Dress, F. Les probabilités et la statistique de A à Z. Dunod. [3] Lacroix, Y., & Mazliak, L. Probabilités - Variables aléatoires, Convergences, Conditionnement. Processus à temps discret. Ellipses.																								

41

Fiche Module Echantillonnage et explorations statistiques de populations

Unité d'Enseignement (UE)	Mathématiques 2		Code UE	UEF210	ECUE	Echantillonnage et explorations statistiques de populations	Code ECUE	ECUEF212
Filière	Licence BioXplore		Département	BT		Option	....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S2
	TD	10h30		Mixte		X		
	TP	10h30						
	Projet	7h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21 h (Cours) ; 14h (TD/TP) (21h TP/TD/semaine) Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7h				Coefficient		1.5
		Crédit ECTS		3				
Responsable du Module		Pr Nabil Semmar		Enseignant		Pr Nabil Semmar		
Prérequis		Aucun prérequis n'est nécessaire						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : AA : Savoir appliquer des règles d'échantillonnage appropriées pour collecter efficacement des données représentatives de populations ; cerner les caractéristiques des populations échantillonnées à l'aide d'outils de description et de comparaison.						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres suivants : 1. Introduction à l'échantillonnage: objectif, coût et précision d'un échantillonnage (1.5h) 2. Echantillonnage aléatoire simple (3h) 3. Paramètres descriptifs de populations : position, dispersion, précision (4.5h) 4. Détection d'outliers et nettoyage de données (1.5h) 5. Identification de nouvelles populations à l'aide de test de comparaisons : comparaisons de moyennes, de proportions, de variances (4.5h) 6. Echantillonnage stratifié (3h) 7. Echantillonnage systématique (1.5h) 8. Echantillonnage par degré (1.5h)						
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage		Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ Méthode expositive Méthode démonstrative Méthode interrogative Apprentissage par applications sur ordinateur Apprentissage par résolution de problèmes Apprentissage par projet						

<u>Techniques d'enseignement :</u>	Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage. Collecte et analyse de données, Utilisation de logiciels statistiques (Excel, R) Travail en groupe collaboratif, Discussion dirigée ou débat																								
<u>Méthodes d'évaluation</u>	La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment". Évaluation diagnostique Évaluation formative Évaluation sommative Autoévaluation Observation directe, questionnaire																								
<u>Critères d'évaluation</u>	Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA. Présence et posture Interaction en salle Gestion de temps Pertinence des réponses Degré de participations																								
<u>Mesure d'évaluation</u>	La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences. Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. • Tests oraux hebdomadaires de compréhension : 40% (cumulés) • Présentation des résultats de mini-projet : 30% • Test à mi-parcours : Test écrit (AA2) : 30% (semaine 10) • Examen final : Epreuve écrite (AA2)																								
<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : $\text{Note } (/20) = 0.35 \text{ CC} + 0.65 \text{ Examen final}$ • CC = (Tests oraux de compréhension + Mini-projet + Test écrit à mi-parcours) : 35% • Examen écrit final (Examen) : 65 %.																								
<u>Acquis de Formation visés</u>	Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> visés par le programme (AAP).	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12	x	x	x									
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
x	x	x																							

44

Références bibliographiques	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i> [1] Semmar N., 2013. <i>Native Statistics for Natural Sciences</i> . Nova Science Publishers, New York, 515p. (ISBN: 978-1-62417-956-3) [2] Zar . J.H. 1999. <i>Biostatistical Analysis</i> . Prentice Hall, New Jersey, 663p.
--	---

Fiche Module de l'ECUE Biologie moléculaire

Unité d'Enseignement (UE)	Bases cellulaires et moléculaires du vivant		Code UE	UEF230	ECUE	Biologie moléculaire	Code ECUE	ECUEF231
Filière	Licence BioXplore		Département	BT		Option	....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S2
	TD	7h						
	TP	14h		Mixte		X		
	Projet	7h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21h cours (1h30/semaine) 21h TP/TD (1h30/semaine)				Coefficient		1.5
		Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7h (0h30/semaine)				Crédit ECTS		3
Responsable du Module		Sinda Fedhila		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Sinda Fedhila		
Prérequis		Biochimie, Génétique						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 : connaître dans les détails la Structure et la Composition chimique des acides nucléiques • AA2 : maîtriser les étapes moléculaires de la Réplication ou Synthèse de l'ADN <i>in vivo</i> • AA3 : connaître dans les détails la Structure moléculaire d'un gène qu'il soit procaryote ou eucaryote <i>via</i> l'étude de son expression • AA4 : définir, à partir de données bioinformatiques, à savoir, la séquence d'un locus comprenant la totalité du gène et de sa traduction virtuelle sur les 03 cadres de lecture, la structure moléculaire du gène en identifiant ses différents composants (ORF, éléments/séquences/signaux) • AA5 : comprendre le mode de fonctionnement <i>in vivo</i> des enzymes de biologie moléculaire (ADN et ARN polymérases, reverse transcriptases, ligases, primases, nucléase S1, enzymes de restriction) et leur utilisation <i>in vitro</i> dans les techniques relatives à l'AA6 • AA6 : connaître et assimiler les techniques de base ou outils clés de biologie moléculaire émergeant de et/ou intervenant dans l'élaboration des connaissances fondamentales acquises dans les précédents AA (électrophorèse et visualisation des acides nucléiques, radiomarquage interne et externe des acides nucléiques, hybridation moléculaire et Southernblotting...) • AA7 : analyser les résultats dégagés par l'application des outils dont il est question ci-dessus pour résoudre des problèmes dans différents sujets de recherche fondamentale ou appliquée • AA8 : pratiquer/observer la réalisation de tous, ou du moins une partie des techniques de base de biologie moléculaire						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres : Chapitre 1 : Structure et composition chimique des acides nucléiques Chapitre 2 : Synthèse ou réplication de la macromolécule d'ADN <i>in vivo</i> – fonctionnement des ADN polymérases Chapitre 3 : Architecture moléculaire d'un gène : détermination expérimentale et bioinformatique des éléments de transcription et de traduction d'un gène <i>via</i> l'étude de son expression – cas de 46 l'opéron <i>lac</i> d'<i>E. coli</i> (notions de base de régulation génétique) Chapitre 4 : Les "outils clés" de biologie moléculaire : Techniques fondamentales et enzymes utilisés						

	1. Séparation électrophorétique des acides nucléiques et leur visualisation – initiation à l'électrophorèse horizontale analytique et préparative, électrophorèse verticale. 2. Le radiomarquage interne et externe de l'ADN : utilisation des ADN polymérases, des transférases terminales, enzymes de restriction, ligases, phosphatases, DNases, kinases ...etc 3. Le southernblotting – notion de sondes et d'hybridation moléculaire 4. synthèse <i>in vitro</i> de l'ADN : désignation des oligonucléotides, amorçage et polymérisation <i>in vitro</i> par les ADN polymérases 5. La technique de l'amplification génique de l'ADN ou PCR 6. Les méthodes de séquençage enzymatique et chimique de l'ADN 7. L'extension d'amorce et la Technique à la nucléase S1 pour la cartographie du site d'initiation de la transcription d'un gène et l'identification de son promoteur
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ Apprentissage par Résolution de problèmes et Pédagogie inversée
Techniques d'enseignement :	- Présentation orale par vidéoprojection des illustrations portant sur les différentes méthodologies abordées dans le cours et de séquences vidéos sur les étapes de leur réalisation en laboratoire - Discussion dirigée et débat - Travail pratique en binômes - Travaux dirigés par petits groupes portant sur divers sujets de recherches où l'analyse nucléotidique du gène est l'élément central. Dans ces TD il est question de l'application des outils clés de biologie moléculaire sur des séquences d'ADN afin d'en dégager la structure complète du gène. Le point de départ est presque toujours la séquence du locus codant et sa traduction virtuelle sur tous les cadres de lecture.
Méthodes d'évaluation	Évaluation sommative (en fin de séquence, pour valider les acquis) Autoévaluation (par l'étudiant lui-même)
Critères d'évaluation	• Clarté de l'expression • Clarté de l'argumentation • Pertinence des exemples • Maîtrise de l'esprit de raisonnement et d'analyse scientifique objective • compréhension de résultats et leur interprétation correcte • Maîtrise du vocabulaire spécifique de la biologie moléculaire
Mesure d'évaluation	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. • Tests à mi-parcours (entre semaines 6 et 8) : - Test 1 : Présentation projet (AA1) : 50% - Test 2 : Test écrit (AA2) : 50% • Examen final : Epreuve écrite (AA3 : 50%, AA4 : 25%, AA5 : 25%)
Critère d'attribution de la note finale	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : • Tests écrits à mi-parcours (D.S) : 30 % (test 1 : 50% + test 2 : 50%) • Examen écrit final (Examen) : 70 %.

<u>Acquis de Formation visés</u>	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage</i>											
	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12
	X							X				
	<i>visés par le programme (AAP).</i>											
<u>Références bibliographiques</u>	[1] Pham J, Plosky B, Evans A, Tsai MC, Neuman N, Sollier J. 2018. 20 Years of Shaping Molecular Biology. Mol Cell. 71(3):363. [2] DI Felice F, Micheli G, Camilloni G. 2019. Restriction enzymes and their use in molecular biology: An overview. J Biosci. 44(2):38. [3] Green MR, Sambrook J. 2019. Analysis of DNA by Agarose Gel Electrophoresis. Cold Spring Harb Protoc. (1). [4] Gupta Y, Chosdol K. 2025. Practical approaches to advanced molecular biology techniques. Methods Cell Biol. 198:73-101											

Fiche Module de BIOLOGIE CELLULAIRE

Unité d'Enseignement (UE)	Bases cellulaires et moléculaires du vivant		Code UE	UEF230	ECUE	Biologie cellulaire	Code ECUE	ECUEF232
Filière	Bioinformatique		Département	Biotechnologie		Option	....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S1
	TD	7h						
	TP	14h		Mixte		X		
	Projet	7h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21 cours (1h30/semaine) 21h TP/TD (1h30/semaine)				Coefficient		1.5
		Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7h 0h30 /semaine				Crédit ECTS		3
Responsable du Module		Sarrah Mbarek		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		....		
Prérequis		Bases de <i>Biologie générale</i> (niveau baccalauréat), notions élémentaires de chimie et de mathématiques						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 : Décrire l'organisation et le fonctionnement d'une cellule eucaryote et procaryote • AA2 : connaître les niveaux d'organisation du vivant • AA2 : Connaître et comprendre les structures et les fonctions cellulaires essentielles à la vie • AA3 : Relier des mécanismes cellulaires aux données biologiques exploitées en bioinformatique • AA4 : Interpréter des résultats expérimentaux simples en biologie cellulaire • AA5 : Utiliser un vocabulaire scientifique rigoureux						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres/thèmes/unités suivants : COURS Chapitre 1 – Introduction à la biologie cellulaire • Théorie cellulaire/ Types de cellules : procaryotes vs eucaryotes/ Niveaux d'organisation du vivant • Composition chimique de la cellule (eau , macromolécules de la vie, interactions cellulaires) • Universalité et diversité cellulaire • Place de la biologie cellulaire en bioinformatique • La cellule comme système biologique modélisable • Lien entre biologie cellulaire et données omiques (génomique, transcriptomique, protéomique) Chapitre 2 – Membranes biologiques et membrane plasmique • Structure et propriétés des membranes • Modèle de la mosaïque fluide • Transport membranaire (passif, actif, vésiculaire) • Introduction aux récepteurs et à la signalisation Chapitre 3 – Organisation interne de la cellule eucaryote • Noyau et organisation du génome • Réticulum endoplasmique et appareil de Golgi • Mitochondries et chloroplastes • Cytosquelette • Lysosomes, peroxyosomes						

49

	Chapitre 4 – Le cycle cellulaire et la division cellulaire • Cycle cellulaire et points de contrôle • Mitose et méiose • Régulation moléculaire du cycle cellulaire • Approche bio informatique pour modéliser ce cycle Chapitre 5 – Mort cellulaire, différenciation et communication cellulaire • Apoptose et nécrose • Différenciation cellulaire • Communication cellulaire et voies de signalisation TRAVAUX PRATIQUES TP1 : Introduction à l'utilisation du microscope TP2 : Comparaison cellule animale et cellule végétale TP3 : Exploitation simple de données biologiques numériques (ex : expression génique simulée) TRAVAUX DIRIGES TD1 : Utilisation de logiciels simples pour la modélisation de la cellule (CELLULE 3D...etc) TD2 : Exercices de mise en relation entre processus cellulaires et données bioinformatiques TD3 : comparaison Mitose et Meiose TD4 : Analyses de schémas et d'images de microscopie (micrographie) d'organites
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☐ A distance ☐ Mixte ☒ Cours magistraux interactifs Apprentissage guidé par les schémas et modèles (mind map..etc) Apprentissage par l'observation et l'expérimentation Apprentissage par résolution de problèmes Apprentissage par l'analyses de données Pédagogie inversée
Techniques d'enseignement :	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> <u>Exemples :</u> TP et TD hybrides bio / numérique Démarche expérimentale simplifiée (initiation à la démarche scientifique) Études de cas guidés (ex : dérégulation cycle cellulaire...) TP et TD hybrides bio / numérique Démarche expérimentale simplifiée (initiation à la démarche scientifique) Études de cas guidés (ex : dérégulation cycle cellulaire...) Capsule vidéo, Travail en binôme ou en petits groupes en classe, ...
Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> <u>Exemples :</u> Évaluation diagnostique (méthode KWL) Évaluation formative Évaluation sommative Travail à rendre à distance (questions notées) Comptes-rendus individuels....

<u>Critères d'évaluation</u>	Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA. Exemples de critères : Clarté de l'argumentation Respect des consignes Bonne utilisation des mots-clés Maîtrise du vocabulaire spécifique Respect du format Gestion du temps Présence et posture, ...																								
<u>Mesure d'évaluation</u>	La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences. Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. Exemple : ● Tests à mi-parcours (entre semaines 6 et 8) : - Test 1 : Présentation projet (AA1) : 50% - Test 2 : Test écrit (AA2) : 50% ● Examen final : Epreuve écrite (AA3 : 50%, AA4 : 25%, AA5 : 25%)																								
<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente Exemple : La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : ● Tests écrits à mi-parcours (D.S) : 20 % (test 1 : 50% + test 2 : 50%) ● Examen écrit final (Examen) : 80 %.																								
<u>Acquis de Formation visés</u>	Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP). <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12	X											
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
X																									
<u>Références bibliographiques</u>	Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE. [1] Manuel de biologie cellulaire (niveau Licence) a) Biologie cellulaire - Tout en fiches (Dunod) Livre synthétique couvrant les concepts essentiels + QCM/exercices pour la pratique b) COURS DE BIOLOGIE CELLULAIRE » (les cours du PCEM) Auteur : P.Cau R.Seite Editeur : ellipses c) « BIOLOGIE CELLULAIRE » (Abrégés Cours + exos) Auteur : Marc MAILLET Editeur : MASSON [2] Ressources numériques NCBI Bookshelf - plateforme d'accès à des manuels scientifiques en ligne (biologie cellulaire, génétique, génomique). Excellent complément aux cours. . Unisciel (Université des sciences en ligne) - plateforme francophone avec cours et tests de niveau Licence (SVT) [3] Ressources liées à la bioinformatique																								

	ExPASy - Swiss Bioinformatics Resource Portal Portail qui donne accès à de nombreuses bases de données (protéines, séquences, annotations, etc.). NCBI - National Center for Biotechnology Information Bibliothèque numérique qui centralise les articles scientifiques, outils d'analyses en biologie et données génétiques BioNumbers - base de données libre de données quantitatives en biologie (dimensions, concentrations, taux, etc.), très utile pour comprendre les ordres de grandeur cellulaires.
--	--

Initiation aux Systèmes d'exploitation

Unité d'Enseignement (UE)	Informatique 2		Code UE	UEF240	ECUE	Initiation aux Systèmes d'exploitation	Code ECUE	ECUEF241
Filière	BioXplore		Département	GLSI		Option		
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S2
	TD							
	TP	21h		Mixte		X		
	Projet	10.5h						
Volume horaire total		Présentiel : 42h (1,5h C/semaine et 3h TP/ quinzaine par demi-groupe)				Coefficient		1.5
(Vol par semaine)						Crédit ECTS		3
Responsable du Module		Olfa Limam		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Olfa Limam, Rim Bellakhal		
Prérequis		Aucun						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		À l'issue du module, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 : Comprendre le rôle fondamental d'un système d'exploitation. • AA2 : Se repérer et travailler efficacement dans un environnement Linux. • AA3 : Manipuler des fichiers et répertoires via la ligne de commande. • AA4 : Comprendre et appliquer les notions de permissions, utilisateurs et groupes. • AA5 : Écrire et exécuter des scripts Bash élémentaires.						
Contenu		Unité 1 : Fondamentaux et Navigation Objectif : Découvrir l'environnement Linux et se déplacer dans l'arborescence. AA Correspondants : AA1, AA2 • Chapitre 1 : Introduction aux systèmes d'exploitation et à Linux ◦ <i>Contenu</i> : Rôle d'un OS (Interface Matériel/Logiciel) ; Notion de système multi-utilisateur et multi-tâche ; Histoire de Linux et philosophie Open Source • Chapitre 2 : Navigation et arborescence Linux ◦ <i>Contenu</i> : Organisation générale du système de fichiers (FHS) ; La racine / , le répertoire personnel ~ ; Chemins absolus vs relatifs. Description des TPs de l'Unité 1 : ◦ TP 1 : Installation et Découverte (Chapitre 1) ▪ Installation d'une machine virtuelle Linux (ex: Ubuntu sur VirtualBox) ou utilisation d'un environnement Live. ▪ Ouverture du terminal. ▪ Commandes de base : man (manuel), pwd (où suis-je ?), ls (lister), clear, exit. ◦ TP 2 : Exploration de l'arborescence (Chapitre 2) ▪ Navigation avec cd (change directory).						

53

	▪ Exploration des dossiers systèmes clés (/bin, /etc, /home, /tmp). ▪ Exercices de déplacement relatifs (cd .., cd ../../) et absolus. Unité 2 : Gestion des Fichiers et Droits d'Accès Objectif : Manipuler les données et sécuriser leur accès. AA Correspondants : AA3, AA4 • Chapitre 3 : Manipulation des fichiers et répertoires ◦ <i>Contenu :</i> Création, copie, déplacement, renommage et suppression ; Les jokers (wildcards *, ?) ; Visualisation du contenu (cat, less, head, tail). • Chapitre 4 : Utilisateurs, groupes et permissions ◦ <i>Contenu :</i> Notion de root et utilisateurs standards ; Les groupes ; Le système de permissions Octal et Symbolique (rwx) ; Commandes chmod, chown. Description des TPs de l'Unité 2 : ◦ TP 3 : Manipulation de Fichiers (Chapitre 3) ▪ Création d'une arborescence de dossiers complexe (ex: mkdir -p Projet/Donnees/Resultats). ▪ Création de fichiers vides (touch) et copie (cp, cp -r). ▪ Déplacement et renommage (mv). ▪ Suppression sécurisée (rm, rm -rf avec prudence). ◦ TP 4 : Gestion des Droits (Chapitre 4) ▪ Création de deux utilisateurs tests. ▪ Modification des droits d'un fichier : Rendre un fichier "privé" (lecture seule pour le propriétaire), rendre un fichier public. ▪ Test des interdictions (essayer de lire un fichier sans la permission r). ▪ Utilisation de chmod en mode numérique (ex: 755, 644). Unité 3 : Automatisation Objectif : Initier à l'automatisation des tâches répétitives. AA Correspondants : AA5 • Chapitre 5 : Scripts Bash élémentaires ◦ <i>Contenu :</i> Qu'est-ce qu'un script shell ? ; Le Shebang (!/bin/bash) ; Exécution d'un script ; Variables simples ; Echo et saisie utilisateur (read). Description du TP de l'Unité 3 : ◦ TP 5 : Premier Script Bash (Chapitre 5) ▪ Création d'un script mon_script.sh et attribution des droits d'exécution (chmod +x). ▪ Script séquentiel : Créer un dossier de sauvegarde daté, y copier des fichiers spécifiques, et afficher "Sauvegarde terminée". ▪ Utilisation de variables : Demander le nom de l'utilisateur et créer un répertoire à son nom. 54 NB : Dans la cadre de cette formation, les étudiants peuvent passer un examen blanc de la
--	---

	certification LPI sur la plateforme CISCO
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ • Cours magistraux. • Résolution de problèmes et études de cas. • Approche progressive orientée compétences.
Techniques d'enseignement:	Les outils et stratégies pédagogiques utilisés dans le cadre de l'enseignement et de l'apprentissage. • Cours interactifs avec Q/R • Pair programming et travail collaboratif. • Travaux pratiques guidés (TP): Réalisation de l'ensemble des ateliers
Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> Diagnostic • Questionnement oral sur l'usage habituel de l'informatique (Windows/Mac) Formative : • Validation progressive des travaux pratiques réalisés en séance (exercices Linux, scripts simples), avec observation directe et feedback de l'enseignant. Sommative : • Épreuve finale écrite et/ou pratique portant sur les notions fondamentales vues en cours et leur mise en application sous Linux.
Critères d'évaluation	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> • Compréhension du système : Rôle du Kernel, Shell, Arborescence (AA1, AA2) • Efficacité de la navigation : Utilisation correcte des chemins relatifs/absolus (AA2) • Maîtrise des commandes de base : Syntaxe correcte de cp, mv, rm, ls... (AA3) • Gestion de la sécurité : Attribution correcte des droits selon le besoin (AA4) • Fonctionnalité du script : Le script s'exécute sans erreur et effectue la tâche demandée (AA5)
Mesure d'évaluation	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. • Devoir Surveillé (DS) : Épreuve écrite portant sur les commandes de base, l'arborescence et les chemins (AA1, AA2, AA3). • Examen final : Épreuve écrite demandant d'écrire les séquences de commandes pour réaliser une tâche complexe (Gestion de fichiers + Droits + Petit script) (AA3, AA4, AA5).

<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : • DS : 30% • Examen écrit final (Examen) : 70 %																								
<u>Acquis de Formation visés</u>	Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP). <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>x</td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12						x					x	
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
					x					x															
<u>Références bibliographiques</u>	[1] The Linux Command Line de William Shotts (2e édition, 2019) [2] How Linux Works de Brian Ward (3e édition, 2021) [3] Linux Pocket Guide de Daniel Barrett (4e édition, 2024) Linux Professional Institute (LPI) https://www.lpi.org/																								

Bases de données

Unité d'Enseignement (UE)	Informatique 2		Code UE	UEF240	ECUE	Bases de Données	Code ECUE	ECUEF242
Filière	BioXplore		Département	GLSI		Option	....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S2
	TD	10,5h						
	TP	10,5h		Mixte		X		
	Projet							
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 42h (1,5h/semaine, 0,75h TD, 0,75hTP)				Coefficient	2	
						Crédit ECTS	4	
Responsable du Module		Riadh Zaafrani		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Riadh Zaafrani, Nadia Bridda		
Prérequis		Aucun						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 : Modéliser une base de données relationnelle. • AA2 : Utiliser SQL pour interroger et manipuler des données biologiques. • AA3 : Organiser des données du vivant dans une base relationnelle. • AA4 : Gérer et manipuler une base de données relationnelle à l'aide d'un SGBD (création de tables, insertion, mise à jour et suppression de données).						
Contenu		Unité 1 : Conception et Modélisation des Données Objectif : Comprendre les enjeux du stockage de données et traduire un besoin biologique en schéma relationnel. AA Correspondants : AA1, AA3 • Chapitre 1 : Introduction à l'approche BD ◦ <i>Contenu :</i> Définition et utilité d'une Base de Données (BD) vs Fichiers ; Le SGBD ; Cycle de vie d'une BD. • Chapitre 2 : Modélisation conceptuelle (Entité-Association et UML) ◦ <i>Contenu :</i> Le modèle Entité-Association (EA) ; Cardinalités ; Introduction aux diagrammes de classes UML pour la BD. • Chapitre 3 : Le modèle relationnel et son algèbre ◦ <i>Contenu :</i> Concepts de Relation, Attribut, Tuples, Clé primaire/étrangère ; Passage du modèle EA au modèle Relationnel (Règles de traduction) ; Opérateurs de l'algèbre relationnelle. Description du TD de l'Unité 1 : ◦ Modélisation: Traduire des énoncés biologiques complexes en schémas EA puis en schémas relationnels. <i>Exemple :</i> Gestion d'un parc de séquençage (Machines, Échantillons, Runs, Résultats). Description du TP de l'Unité 1 : ◦ TP 1 : Environnement et Modélisation Assistée ▪ Installation du SGBD (ex: MySQL/PostgreSQL) et de l'interface client (Workbench/DBever).						

57

	- Prise en main d'un logiciel de modélisation - Réalisation numérique du modèle "Laboratoire" vu en TD et génération automatique du script SQL de création (introduction au DDL). Unité 2 : Le Langage SQL (Structured Query Language) Objectif : Maîtriser le langage standard pour dialoguer avec la base de données. AA Correspondants : AA2, AA4 Chapitre 4 : Le Langage SQL et ses sous-langages <i>Contenu</i> : DDL (Définition) : CREATE, ALTER, DROP. DML (Manipulation) : INSERT, UPDATE, DELETE. DQL (Interrogation) : SELECT, FROM, WHERE, ORDER BY. Description du TD de l'Unité 2 : Algèbre et SQL : Écriture de requêtes manuelles. Traduction d'opérations algébriques (Projection, Sélection) en commandes SQL. Exercices sur les jointures (JOIN). Description du TP de l'Unité 2 : TP 2 : Implémentation et Manipulation de Données - Exécution du script de création des tables (DDL). - Peuplement de la base : Insertion (INSERT) de jeux de données biologiques (patients, prélèvements). - Modifications : Mise à jour de protocoles (UPDATE) et suppression d'erreurs (DELETE). - Premières interrogations simples (Extraction de listes avec filtres). Unité 3 : Qualité, Optimisation et Ouvertures Objectif : Garantir la cohérence des données et effectuer des recherches complexes. AA Correspondants : AA1, AA3 Chapitre 5 : Normalisation et formes normales <i>Contenu</i> : Redondance et anomalies ; Les formes normales (1NF, 2NF, 3NF). Chapitre 6 : Dénormalisation vers les modèles relationnel-objet et NoSQL <i>Contenu</i> : Limites du relationnel ; Introduction au NoSQL ; Dénormalisation. Description du TD de l'Unité 3 : Audit et Optimisation : Analyse critique de tables non normalisées. Exercices de normalisation jusqu'à la 3NF. Écriture de requêtes complexes sur papier (Groupement, Sous-requêtes). Description du TP de l'Unité 3 : TP 3 : Interrogation Avancée (Extraction de Connaissances) - Rédaction de requêtes complexes pour l'analyse de données : - Jointures multiples (ex: Lier Patient -> Échantillon -> Expérience -> Résultat). - Agrégation (ex: COUNT, AVG pour des statistiques par groupe). - Utilisation de Vues (CREATE VIEW) pour sauvegarder des recherches fréquentes.
--	--

Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ • Cours magistraux interactifs avec Q/R • Apprentissage par projet • Apprentissage par résolution de problèmes
Techniques d'enseignement :	Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage. • Travaux dirigés ciblés • "Live Coding" de requêtes SQL. • Analyse de cas réels (bases de données biologiques publiques comme NCBI ou Uniprot - structure simplifiée).
Méthodes d'évaluation	La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment". Diagnostic • Quiz sur la logique des ensembles et l'organisation des fichiers. Formative • Correction des modèles EA en TD et vérification des requêtes SQL en TP. Sommative • Devoir Surveillé (DS) + Examen Final + TP noté optionnel.
Critères d'évaluation	Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA. • Qualité de la modélisation : Respect de la syntaxe UML/EA, cardinalités correctes, pertinence des entités (AA1, AA3) • Exactitude Syntaxique SQL : Respect de la grammaire SQL pour la création et la manipulation (AA2, AA4) • Validité Fonctionnelle des Requêtes : La requête renvoie-t-elle exactement les données demandées ? (AA2) • Normalisation : La structure proposée évite-t-elle les redondances ? Respect de la 3NF (AA1, AA3) • Gestion des données : Capacité à insérer/modifier/supprimer sans corrompre la base (AA4)
Mesure d'évaluation	La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences. Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. • Devoir Surveillé (DS) : Épreuve écrite portant sur la Modélisation Conceptuelle (EA/UML) et le passage au modèle relationnel (AA1, AA3). • Examen final : Épreuve globale couvrant l'écriture de requêtes SQL, la normalisation et des questions de compréhension sur le SGBD/NoSQL (AA2, AA3, AA4).
Critère d'attribution de la note finale	Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : • DS + TP: 30% • Examen écrit final (Examen) : 70 %

<u>Acquis de Formation visés</u>	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP).</i>											
	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12
							x					
<u>Références bibliographiques</u>	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i>											
	[1] Christian Soutou, « SQL », les fondamentaux du langage, Editions ENI, Nantes 2023. [2] Pramod J. Sadalage et Martin Fowler, « NoSQL Distilled », A Brief Guide to the Emerging World of Polyglot Persistence, Addison-Wesley, Boston 2012. [3] Abraham Silberschatz, Henry F. Korth et S. Sudarshan, « Système de bases de données », 6ème édition, Vuibert, Paris 2011.											

3

Fiches modules Semestre 3

Fiche Module : Algèbre 2

Unité d'Enseignement (UE)	Mathématiques 3		Code UE	UEF310	ECUE	Algèbre 2	Code ECUE	ECUEF311
Filière	Bioinformatique		Département	....		Option	....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S3
	TD	21h						
	TP	...h		Mixte				
	Projet	...h				X		
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21h cours (1h30/semaine) 21h TD (1h30/semaine)				Coefficient		1.5
						Crédit ECTS		3
Responsable du Module		Salah Beldi		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		....		
Prérequis		ECUE Algèbre 1						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 : Résoudre des systèmes linéaires à l'aide des méthodes matricielles. • AA2 : Calculer et interpréter les déterminants et leurs applications. • AA3 : Étudier et réduire des endomorphismes (diagonalisation, trigonalisation). • AA4 : Manipuler et analyser des formes quadratiques. • AA5 : Appliquer les outils de l'algèbre linéaire à des problématiques simples en bioinformatique.						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres/thèmes/unités suivants : Chapitre 1 : Matrices et systèmes linéaires Chapitre 2 : Réduction des endomorphismes Chapitre 3 : Formes bilinéaires et quadratiques						
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage		Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ Cours magistraux interactifs avec exemples concrets. Apprentissage par résolution de problèmes et exercices guidés Travaux dirigés sur applications bioinformatiques simples Apprentissage par projet						
Techniques d'enseignement :		Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage. Travail en groupe (AA1, AA4) Brainstorming et raisonnement collectif (AA1, AA2) Recherche documentaire et exercices pratiques (AA5) Présentation orale de solutions ou démonstrations (AA5) Mini-projet en binôme : Application d'un concept à un jeu de données biologiques simulées (AA4). Utilisation de logiciels (Python ou R) pour vérifier les calculs et visualiser les résultats (AA1, AA2, AA3).						

Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> Exercices et quiz pendant les TD Observation directe Évaluation sommative																								
Critères d'évaluation	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> Clarté et rigueur des démonstrations Maîtrise du vocabulaire mathématique Exactitude des calculs Clarté et structure de la rédaction Capacité à raisonner et résoudre des problèmes complexes																								
Mesure d'évaluation	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. Devoir Surveillé (DS) (entre semaines 6 et 8) : - DS 1 : (AA1 : 40%, AA2 : 60) Examen final : Epreuve écrite (AA3 : 40%, AA4 : 40%, AA5 : 20%)																								
Critère d'attribution de la note finale	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : Tests écrits à mi-parcours (D.S) : 30 % Examen écrit final (Examen) : 70 %.																								
Acquis de Formation visés	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP).</i> <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td></td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12			x									
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
		x																							
Références bibliographiques	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i> [1] Lassoued L., Algèbre linéaire : cours et exercices corrigés, CP Édition. [2] Axler S., Linear Algebra Done Right, Springer. [3] Lang S., Algèbre linéaire, Dunod. [4] Mansuy, R., & Mneimné, R. Algèbre linéaire. Réduction des endomorphismes : Cours et exercices corrigés. DeBoeck Supérieur.																								

Fiche Module : Analyse 2

Unité d'Enseignement (UE)	Mathématiques 3		Code UE	UEF310	ECUE	Analyse 2	Code ECUE	ECUEF312
Filière	Bioinformatique		Département	....		Option	....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S3
	TD	21h						
	TP	...h		Mixte				
	Projet	...h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21h cours (1h30/semaine) 21h TD (1h30/semaine)				Coefficient		1.5
						Crédit ECTS		3
Responsable du Module		Salah Beldi		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		....		
Prérequis		Notions de base en algèbre et analyse (niveau S1).						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 : Identifier et décrire les fonctions de plusieurs variables et leurs domaines de définition. • AA2 : Calculer et interpréter les limites et la continuité des fonctions multivariées. • AA3 : Appliquer les notions de dérivées partielles et de différentiabilité. • AA4 : Résoudre des problèmes d'optimisation avec ou sans contraintes. • AA5 : Calculer et interpréter les intégrales multiples et généralisées dans des contextes appliqués. • AA6 : Résoudre des équations différentielles ordinaires du premier et du second ordre à coefficients constants et variables, et interpréter leurs solutions dans des situations réelles.						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres/thèmes/unités suivants : Chapitre 1 : Fonctions de plusieurs variables Chapitre 2 : Dérivation des fonctions de plusieurs variables Chapitre 3 : Optimisation Chapitre 4 : Intégrales multiples et généralisées Chapitre 5 : Équations différentielles dans $\mathbb{R}$						
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage		Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ Apprentissage par résolution de problèmes et exercices guidés Travaux dirigés sur applications bioinformatiques simples Discussions dirigées pour consolider la compréhension						
Techniques d'enseignement :		Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage. Brainstorming et questionnement dirigé (AA1, AA2) Travail en groupe collaboratif (AA3, AA4, AA5) Exercices progressifs et études de cas Présentation orale de solutions Travail en petits groupes						

64

Méthodes d'évaluation	La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment". Évaluation diagnostique en début de semestre Évaluation formative (TD, exercices corrigés) Évaluation sommative (DS et examen final)																								
Critères d'évaluation	Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA. Maîtrise des notions fondamentales d'analyse Clarté et rigueur des démonstrations Respect des consignes et de la notation mathématique Capacité à raisonner et résoudre des problèmes complexes																								
Mesure d'évaluation	La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences. Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. Devoir Surveillé (DS) (entre semaines 6 et 8) : - DS 1 : (AA1, AA2, AA3) Examen final : Epreuve écrite (AA4 : 40%, AA5: 40%, AA6 : 20%)																								
Critère d'attribution de la note finale	Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : C.C. : 30 % Examen écrit final (Examen) : 70 %.																								
Acquis de Formation visés	Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td></td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> visés par le programme (AAP).	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12			x									
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
		x																							
Références bibliographiques	Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE. [1] Pham, F. Fonctions d'une ou deux variables. Dunod [2] Lesfari, A. Fonctions de plusieurs variables réelles et complexes : Cours et exercices corrigés. Ellipses. [3] Ouagga, A. (année). Analyse - Fonctions d'une à plusieurs variables réelles. Ellipses.																								

Fiche Module : Modélisation Statistique Prédictive

Unité d'Enseignement (UE)	Statistique prédictive et omiques		Code UE	UEF320	ECUE	Modélisation statistique prédictive	Code ECUE	ECUEF321
Filière	Bioinformatique		Département	Biotechnologie		Option	....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S3
	TD	7h						
	TP	14h		Mixte				
	Projet	7h				x		
Volume horaire total (Vol par semaine)	Présentiel : 21 h (Cours) ; 14h (TD/TP) (1h30 cours/semaine) (1h30 TD/TP/semaine)					Coefficient		2
	Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (7h) : 0h30/semaine (pour mini-projet)					Crédit ECTS		4
Responsable du Module	Pr Nabil Semmar			Enseignant		Pr Nabil Semmar		
Prérequis	AA2							
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE	A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : AA3 : Etablir statistiquement des relations entre les variables d'un système biologique pour maîtriser son fonctionnement et prédire son évolution							
Contenu	Ce cours comprend essentiellement les chapitres/thèmes/unités suivants : Chapitre 1. La régression linéaire simple Chapitre 2. La régression linéaire multiple Chapitre 3. La régression logistique							
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ Méthode expositive Méthode démonstrative Méthode interrogative Apprentissage par applications sur ordinateur Apprentissage par résolution de problèmes Apprentissage par projet							
Techniques d'enseignement :	Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage. Collecte et analyse de données, Utilisation de logiciels statistiques (Excel, R) Travail en groupe collaboratif, Discussion dirigée ou débat							

66

Méthodes d'évaluation	La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment". Évaluation diagnostique Évaluation formative Évaluation sommative Autoévaluation Observation directe, questionnaire																								
Critères d'évaluation	Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA. Présence et posture Interaction en salle Gestion de temps Pertinence des réponses Degré de participations																								
Mesure d'évaluation	La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences. Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. • Tests oraux hebdomadaires de compréhension : 40% (cumulés) • Présentation des résultats de mini-projet : 30% • Test à mi-parcours : Test écrit (AA3) : 30% (semaine 10) • Examen final : Epreuve écrite (AA3)																								
Critère d'attribution de la note finale	Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : Note (/20) = 0.35 CC + 0.65 Examen final • CC = (Tests oraux de compréhension + Mini-projet + Test écrit à mi-parcours) : 35% • Examen écrit final (Examen) : 65 %.																								
Acquis de Formation visés	Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP). <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>x</td><td>x</td><td></td><td></td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12				x	x			x				
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
			x	x			x																		
Références bibliographiques	Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE. [1] Semmar N., 2013. <i>Native Statistics for Natural Sciences</i>. Nova Science Publishers, New York, 515p. (ISBN: 978-1-62417-956-3) [2] Zar . J.H. 1999. <i>Biostatistical Analysis</i>. Prentice Hall, New Jersey, 663p.																								

67

Fiche Module de Sciences Omiques

Unité d'Enseignement (UE)	Statistique prédictive et omiques		Code UE	UEF320	ECUE	Sciences omiques	Code ECUE	ECUEF322
Filière	Bioinformatique		Département	Biotechnologie		Option	....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S3
	TD	7h						
	TP	14h		Mixte		X		
	Projet	7h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21 h cours (1h30/semaine) ; 14h TD/TP (1h/semaine)				Coefficient		1.5
		Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7h (0h30/semaine)				Crédit ECTS		3
Responsable du Module		Dr. Nabil Amor		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Dr. Nabil Amor		
Prérequis		Biologie moléculaire, génétique, Compétences élémentaires en informatique (navigation web, fichiers, formats)						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1.1 : Décrire les structures et fonctions des molécules, cellules et organes. • AA1.2 : Expliquer les interactions physiologiques et écologiques qui régulent le vivant. • AA5.1 : Identifier et manipuler différents types de données biologiques (ADN, ARN, protéines, métagénomique) • AA7.1 : Analyser les processus biologiques à l'aide d'outils informatiques						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres/thèmes/unités suivants : Chapitre 1 : Introduction aux sciences omiques. Chapitre 2 : Génomique et épigénomique. Chapitre 3 : Transcriptomique Chapitre 4 : Protéomique. Chapitre 5 : Métabolomique et autres omiques Chapitre 6 : multi-omique						
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage		Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ <u>Apprentissage par résolution de problèmes biologiques complexes</u> <u>Études de cas en sciences omiques</u> <u>Travaux dirigés pour l'interprétation de jeux de données</u>						
Techniques d'enseignement :		Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage. <u>Cours interactifs</u> <u>Analyse de publications scientifiques</u> <u>Travaux pratiques et dirigés guidés</u> <u>Travail en groupes</u> <u>Présentations Orales</u>						

68

Méthodes d'évaluation	La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment". <u>Évaluation diagnostique</u> <u>Évaluation formative durant les TD et TP</u> <u>Évaluation sommative en fin de module</u> <u>Outils d'évaluation :</u> <u>Tests écrits</u> <u>Analyses in silico</u> <u>Mini-projets ou études de cas</u> <u>Exposé oral</u>																								
Critères d'évaluation	Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA. <u>Compréhension des concepts omiques</u> <u>Capacité à utiliser correctement les outils bioinformatiques</u> <u>Pertinence scientifique de l'interprétation</u> <u>Respect des consignes et du format demandé</u> <u>Qualité de la communication scientifique</u> <u>Maîtrise du vocabulaire spécifique à la bioinformatique</u>																								
Mesure d'évaluation	La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences. Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. <u>Contrôle continu (CC) : 40 %</u> • <u>TP / mini-projet : 40 %</u> <u>Examen final écrit : 60 %</u>																								
Critère d'attribution de la note finale	Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : Note finale = (Contrôle continu × 0,4) + (Examen final × 0,6)																								
Acquis de Formation visés	Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP). <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12	x							x				
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
x							x																		
Références bibliographiques	Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE. [1] Mount, D. W. (2004). <i>Bioinformatics: Sequence and Genome Analysis</i>. Cold Spring Harbor Laboratory Press. [2] Arivaradarajan P., Misra G. (2019) <i>Omics Approaches, Technologies And Applications Integrative Approaches For Understanding OMICS Data</i> Springer Press. [3] Hasin, Y., Seldin, M., & Lusis, A. (2017). Multi-omics approaches to disease. <i>Genome Biology</i>.																								

Fiche Module de Génomique structurale et fonctionnelle

Unité d'Enseignement (UE)	Génomique et régulations cellulaires		Code UE	UEF330	ECUE	Génomique structurale et fonctionnelle	Code ECUE	ECUEF331
Filière	Licence BioXplore		Département	BT		Option	....	
Type d'enseignement	C	14h	Régime	CC			Semestre	S3
	TD	7h						
	TP	7h		Mixte		X		
	Projet							
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21 h (1h cours/semaine) 0h30 TD/semaine)				Coefficient		1
						Crédit ECTS		2
Responsable du Module		Nidhal Ghorbel		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Nidhal Ghorbel		
Prérequis		Connaissances solides en biochimie structurale, biologie moléculaire et cellulaire et en génétique						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 : Décrire l'organisation générale des génomes et leurs éléments fonctionnels. • AA2 : Expliquer les mécanismes de variabilité génétique et leurs conséquences. • AA3 Identifier les principales approches utilisées en génomique structurale et fonctionnelle. • AA4 : Interpréter des résultats simples issus d'analyses génomiques et transcriptomiques. • AA5 : Développer une analyse critique de résultats scientifiques. • AA6 : Communiquer des informations scientifiques de manière claire.						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres/thèmes/unités suivants : Chapitre 1 : Introduction à la génomique • Définition et domaines de la génomique • Génomique structurale vs génomique fonctionnelle Chapitre 2 : Organisation des génomes • Organisation des gènes • Séquences codantes et non codantes • Génomes procaryotes et eucaryotes Chapitre 3 : Variabilité génétique • Mutations ponctuelles • Insertions et délétions • Transposons • Impact des mutations sur la fonction génique Chapitre 4 : Cartographie et marqueurs moléculaires • Cartes génétiques et physiques • Principaux marqueurs moléculaires • Applications en étude de diversité génétique Chapitre 5 : Introduction à la métagénomique • Principes généraux • Applications en biodiversité et microbiologie Chapitre 6 : Introduction à la génomique fonctionnelle						

70

	• Principes de mutagenèse • Transcriptomique : concepts de base • Présentation des nouvelles approches (CRISPR-Cas9, ARN interférents) Chapitre 7 : Applications de la génomique • Santé • Agriculture • Biotechnologie • Environnement
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ Approche pédagogique : • Cours interactifs • Études de cas simples • Analyse guidée d'articles scientifiques • Apprentissage par résolution de problèmes
Techniques d'enseignement :	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> AA1 : Décrire l'organisation générale des génomes et leurs éléments fonctionnels • Cours interactif avec schémas et illustrations • Capsules vidéo préparatoires • Questions-réponses guidées • Exercices simples d'identification des éléments génomiques AA2 : Expliquer les mécanismes de variabilité génétique et leurs conséquences • Études de cas sur différents types de mutations • Exercices dirigés d'interprétation • Discussion en groupe • Analyse de figures scientifiques simplifiées AA3 : Identifier les principales approches utilisées en génomique structurale et fonctionnelle • Présentation de méthodes à partir d'exemples concrets • Travail collaboratif en petits groupes • Recherche documentaire encadrée • Mini-exposés sur des techniques génomiques AA4 : Interpréter des résultats simples issus d'analyses génomiques et transcriptomiques • Travaux dirigés d'analyse de données simples • Interprétation de graphiques, cartes génétiques et profils d'expression • Résolution de problèmes guidée • Utilisation d'exemples issus d'articles scientifiques AA5 : Développer une analyse critique de résultats scientifiques • Lecture guidée d'articles scientifiques simplifiés • Discussions dirigées • Brainstorming • Analyse des points forts et limites d'études sélectionnées AA6 : Communiquer des informations scientifiques de manière claire • Présentations orales individuelles ou en groupe • Rédaction de courts comptes rendus • Exposés sur une application génomique • Échanges et feedback entre étudiants

Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> - Évaluation formative : participation, mini-quizz, exercices dirigés - Évaluation sommative : contrôle continu (test écrit de mi-semester + exposé oral ou étude cas) : 30 %, examen écrit final : 70 %.																								
Critères d'évaluation	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> AA1–AA2 • Exactitude scientifique • Compréhension des concepts AA3–AA4 • Capacité d'interprétation • Utilisation appropriée des concepts AA5–AA6 • Esprit critique • Clarté de communication scientifique																								
Mesure d'évaluation	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. • Contrôle continu (30 % de la note finale) • Test écrit mi-semester : 50 % du contrôle continu et permet de mesurer la compréhension théorique (AA1, AA2). • Exposé oral: 50 % du contrôle continu et permet de juger les compétences pratiques, l'analyse critique et la communication scientifique (AA3, AA4, AA5, AA6,). • Examen final écrit (70 % de la note finale) évalue l'intégration globale des connaissances et la capacité à résoudre des problèmes complexes (AA1 à AA6). • Moyenne finale : 0 à 20 • Note minimale de validation : 10/20																								
Critère d'attribution de la note finale	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> Formule de calcul : • Contrôle continu : 30 % (Test écrit × 0,5 + Exposé × 0,5) • Examen final : 70 % Moyenne finale = (Contrôle continu × 0,3) + (Examen final × 0,7)																								
Acquis de Formation visés	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage</i> <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> <i>visés par le programme (AAP).</i>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12	X											
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
X																									

<u>Références bibliographiques</u>	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i> [1] Brown, T.A. (2020). Genomes 5. Garland Science. – Chapitres sur l’organisation des génomes, marqueurs moléculaires et génomique fonctionnelle. [2] Hartl, D.L., & Ruvoilo, M. (2021). Genetics: Analysis of Genes and Genomes. Jones & Bartlett Learning. – Sections sur mutations, réparation de l’ADN et génomique comparée. [3] Becker, D., & Fiehn, O. (2018). Functional genomics in microbes: methods and applications. Microbiol Spectrum, 6(4), 1–30. [4] Primrose S., Principes de Génie Génétique. Edition DeBoeck, 2004 [5] Sambrook, J., & Russell, D.W. (2001). Molecular Cloning: A Laboratory Manual, 3rd Edition. Cold Spring Harbor Laboratory Press. – Référence classique pour mutagenèse et techniques expérimentales.
--	--

Fiche Module de Régulation de l'Expression génétique

Unité d'Enseignement (UE)	Génomique & régulations cellulaires		Code UE	UEF330	ECUE	Régulation de l'Expression génétique	Code ECUE	ECUEF332
Filière	Licence BioXplore		Département	BT		Option	....	
Type d'enseignement	C	14h	Régime	CC			Semestre	S2
	TD	7h						
	TP	7h		Mixte		X		
	Projet							
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 14h cours (1h/semaine) 14h TD/TP				Coefficient		1
		Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7h				Crédit ECTS		2
Responsable du Module		Sinda FEDHILA		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Sinda FEDHILA		
Prérequis		Connaissances solides en biochimie structurale, biologie moléculaire et cellulaire, microbiologie, génétique et génie génétique.						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 : comprendre les bases moléculaires de la régulation de l'expression des gènes procaryotiques et eucaryotiques à tous les niveaux : celles de l'interaction protéine/ADN dans les régulations directes transcriptionnelles et celles de l'intervention et du fonctionnement des "small ncRNA" dans la régulation post-transcriptionnelle, entre autres. • AA2 : déduire le type de régulation selon la nature de ses intervenants et de leur interaction avec les acides nucléiques et inversement. • AA3 : savoir mettre en évidence une activité promotrice en amont des ORF étudiées, cartographier leur promoteur et déterminer les conditions et la nature de la régulation de leur expression. • AA4 : identifier des régulateurs potentiels par approches comparatives et aléatoires. • AA5 : identifier les séquences régulatrices par bioinformatique et/ou <i>via</i> les techniques d'étude actuelles de la régulation de l'expression génétique. • AA6 : choisir la technique adéquate pour l'analyse de l'expression d'un gène appartenant à un organisme bien déterminé.						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres suivants : Chapitre 1 : Introduction à la Régulation génétique - Notion d'éléments régulateurs en tant que composants et intervenants majeurs de l'expression des gènes. Chapitre 2 : Régulation transcriptionnelle directe de l'expression génétique par interaction facteurs trans-régulateurs / séquences cis-régulatrices 1. Chez les procaryotes - cas des opérons 2. Chez les eucaryotes - cas des récepteurs nucléaires Chapitre 3 : Régulation indirecte au niveau post-transcriptionnel par les small ncRNA - mécanismes de dégradation et d'inhibition traductionnelle des ARNm 1. Régulation par les siRNA et miRNA chez les eucaryotes 2. Régulation par les cis- et trans-encoded antisens RNA chez les procaryotes Chapitre 4 : Régulation au niveau traductionnel : exemple du régulateur post-transcriptionnel global CsrA d'<i>E.coli</i> Chapitre 5 : Régulation au niveau post-traductionnel : Phosphorylation et ubiquitination Chapitre 6 : Techniques d'étude de la régulation transcriptionnelle de l'expression génétique 1. Identification d'une activité promotrice par (i) analyse de fusions transcriptionnelles avec l'ORF d'un gène rapporteur, (ii) analyse de l'accumulation des ARNm du gène par Northern blot, (iii) RT-qPCR 2. Identification, cartographie du promoteur et détermination de son type 3. Détermination de la nature de la régulation par étude de l'expression du gène dans des mutants déficients en régulateurs potentiels						

	4. Identification des séquences régulatrices par des expériences de fixation de protéines régulatrices sur le DNA : DNA mobility shift assay, footprinting Chapitre 7 : Techniques d'étude de la régulation post-transcriptionnelle de l'expression génétique 1. Par analyse de fusions traductionnelles avec la séquence codante de gènes rapporteurs 2. Par analyse de l'accumulation des protéines par hybridation en Western ou Westernblot
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ Approche pédagogique : Apprentissage par résolution de problèmes, apprentissage par projet, pédagogie inversée avec capsules vidéos, exposés et travaux dirigés (TD) fondés sur l'analyse de données et d'articles scientifiques. Objectif : développer autonomie, analyse critique et communication scientifique.
Techniques d'enseignement :	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> - Capsule vidéo pour la préparation théorique - Discussion dirigée et débat en classe - TD où la familiarisation avec <u>l'analyse nucléotidique de la séquence du gène</u> est l'élément central. Dans ces TD il est question de l'application des outils de base de biologie moléculaire et des divers techniques d'étude de la régulation de l'expression génétique sur des séquences d'ADN codant afin d'en dégager la structure complète du gène, y compris ses séquences régulatrices. Le point de départ est souvent la séquence du locus codant et sa traduction virtuelle sur tous les cadres de lecture. Viennent en second lieu, la résolution de problèmes et l'interprétation de données liées à la régulation du gène et menant à l'identification de la nature et des acteurs de cette dernière ainsi que le mécanisme moléculaire de leur implication dans la régulation - Recherche documentaire et analyse d'articles scientifiques avec compte rendu écrit - Exposés oraux sur l'analyse de publications scientifiques plus ou moins récentes
Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> - Évaluation formative : participation aux TD, analyse d'articles scientifiques, retour sur exposés, mini-quizz. - Évaluation sommative : contrôle continu (test écrit de mi-semester + exposé oral sur un chapitre) : 30 %, examen écrit final : 70 %.
Critères d'évaluation	<i>Les critères d'évaluation le groupe d'AA.</i> - Clarté et rigueur scientifique - Pertinence des exemples et illustrations - Capacité à identifier et expliquer les séquences - Exactitude et pertinence de l'analyse des données - Capacité à relier théorie et pratique - Qualité de l'argumentation - Maîtrise des méthodes et de leurs principes - Clarté et structure de l'exposé - Pertinence et profondeur de l'analyse critique - Capacité à identifier forces et limites des études - Clarté et logique de l'argumentation - Maîtrise du vocabulaire scientifique - Pertinence et précision du contenu des comptes rendus
Mesure d'évaluation	Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. • Contrôle continu (30 % de la note finale) • Test écrit mi-semester : 50 % du contrôle continu et permet de mesurer la compréhension théorique (AA1, AA2). • Exposé oral sur un chapitre : 50 % du contrôle continu et permet de juger les compétences pratiques, l'analyse critique et la communication scientifique (AA3, AA4, AA5, AA6, AA8).

	- Examen final écrit (70 % de la note finale) évalue l'intégration globale des connaissances et la capacité à résoudre des problèmes complexes (AA1 à AA8). - Moyenne finale : 0 à 20 - Note minimale de validation : 10/20																								
<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> Formule de calcul : - Contrôle continu : 30 % (Test écrit × 0,5 + Exposé × 0,5) - Examen final : 70 % Moyenne finale = (Contrôle continu × 0,3) + (Examen final × 0,7)																								
<u>Acquis de Formation visés</u>	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage</i> <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> <i>visés par le programme (AAP).</i>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12												
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
<u>Références bibliographiques</u>	[1] Blotas C, Férec C, Moisan S. (2023) Tissue-Specific Regulation of CFTR Gene Expression. Int J Mol Sci. 26;24(13):10678.. [2] Bastet L, Turcotte P, Wade JT, Lafontaine DA. (2018). Maestro of regulation: Riboswitches orchestrate gene expression at the levels of translation, transcription and mRNA decay. RNA Biol.;15(6):679-682. [3] Lieberman PM. (2025). Transcriptional regulation of gene modules in Epstein-Barr virus. Transcription. 16(4-5):337-357. [4] Alquethamy S, Lalaouna D, Tree JJ. (2025) What makes a small RNA work? Nucleic Acids Res. 53(12):gkaf563 [5] Lane S., Zhou S, Pan T, Dai Q, Liu H. (2001).The basic helix-loop-helix transcription factor <i>cph2</i> regulates hyphal development in <i>Candida albicans</i> partly via <i>tec1</i>. Mol Cell Biol. 21(19):6418-28 [6] Navarro L, Dunoyer P, Jay F, Arnold B, Dharmasiri N, Estelle M, Voinnet O, Jones JD. (2006). A plant miRNA contributes to antibacterial resistance by repressing auxin signaling. Science. 312 (5772) : 436-9																								

Fiche Module : Régulation métabolique

Unité d'Enseignement (UE)	Génomique et régulations cellulaires		Code UE	UEF330	ECUE	Régulation métabolique	Code ECUE	ECUEF333
Filière	BioXplore		Département	BT		Option	....	
Type d'enseignement	C	14 h	Régime	CC			Semestre	S3
	TD	7 h						
	TP	7 h		Mixte		X		
	Projet	7h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel 14h cours (1h/semaine) 14h TP/TD (1h/semaine)				Coefficient		1.5
		Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7h				Crédit ECTS		3
Responsable du Module		Khaled SEBEI		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Basma Mahjoubi Sarrah Mbarek Abdelmajid Zouhir Taoufik Jeridi Khaled Sebei		
Prérequis		Connaissances en chimie, biochimie , enzymologie et microbiologie générale.						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : AA1 : Identifier les principales voies métaboliques et comprendre leurs organisations. Comprendre les interrelations existantes et les processus de régulation qui régissent les voies anabolique et catabolique. AA2 : Analyser les conséquences pathologiques résultant du dysfonctionnement des voies métaboliques. AA3 : Comprendre les mécanismes de régulation enzymatique et interpréter les réponses métaboliques aux différents signaux et cascade de signalisation. AA4 : Modéliser des voies métaboliques simples en utilisant des outils bioinformatiques.						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres suivants : Chapitre 1 : Les différentes voies métaboliques, leurs interactions et aspects bioénergétiques : Carte métabolique de la cellule Chapitre 2 : Régulation des voies métaboliques par des signaux et allostérie (non endocrinienne) : Signalisation cellulaire, récepteurs membranaires et seconds messagers. Chapitre 3 : Régulation endocrinienne – hormonale des voies métaboliques Chapitre 4 : Régulation hormonales des glucides, protéines et lipides Chapitre 5 : Régulation de l'expression génique métabolique (régulation transcriptionnelle, épigénétique / métabolisme...) Chapitre 6 : Application de l'outil bioinformatique à l'étude de la cartographie des voies métaboliques						
Méthodes d'enseignement et		Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage						

<u>d'apprentissage</u>	Présentiel ☐ A distance ☐ X Mixte ☐ Présentiel • Cours interactifs avec démonstrations et discussions guidées • Travaux dirigés • Exercices d'application en classe À distance • Activités interactives sur des logiciels dédiés pour l'analyses des interactions – molécules/voies métaboliques • Travaux individuels et collaboratifs
<u>Techniques d'enseignement :</u>	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage :</i> Brainstorming Travail en groupe collaboratif et utilisation d'outils numériques et plateformes collaboratives Recherche documentaire Présentation orale, Capsule vidéo, Discussion dirigée ou débat, Travail en binôme ou en petits groupes en classe, Quiz formatifs
<u>Méthodes d'évaluation</u>	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> Évaluation diagnostique (avant l'apprentissage, pour connaître le niveau initial) Évaluation formative (en cours d'apprentissage, pour s'améliorer) Autoévaluation (par l'étudiant lui-même) Évaluation sommative : examen final
<u>Critères d'évaluation</u>	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> Clarté de l'argumentation et pertinence des exemples Maîtrise du vocabulaire spécifique Respect du format Gestion du temps Asciduité
<u>Mesure d'évaluation</u>	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. Contrôle continu : 30 % : QCM + exercices pratiques+TP notés Examen final : 70 %
<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : Note finale = (Contrôle continu × 30 %) + (Examen final × 70 %)

<u>Acquis de Formation visés</u>	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP).</i>											
	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12
	X							X				
<u>Références bibliographiques</u>	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i> [1].....											

Fiche Module de Bioinformatique 1 : Analyse Bioinformatique des Séquences

Unité d'Enseignement (UE)	Bioinformatique 1		Code UE	UEF340	ECUE	Bioinformatique 1		Code ECUE	ECUEF341
Filière	Bioinformatique		Département	Biotechnologie		Option		....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S3	
	TD	14h		Mixte		X			
	TP	7h							
	Projet	7h							
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21h cours (1,5h/semaine) ; 14h TD (1h/semaine) 7h de TP (0h30/semaine) Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7h (0h30/semaine)				Coefficient	2		
						Crédit ECTS	4		
Responsable du Module		Dr. Nabil Amor		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Dr. Nabil Amor Dr Oussema Souai Dr Emna Harigua Dr Alia Ben Kahla			
Prérequis		Biologie moléculaire, génétique, Compétences élémentaires en informatique (navigation web, fichiers, formats)							
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1.1 : Décrire les structures et fonctions des molécules, cellules et organes. • AA3.1 : Appliquer les règles d'échantillonnage pour collecter des données représentatives de populations (biologiques) • AA3.2 : Décrire et Comparer les états de populations biologiques à partir d'échantillons représentatifs • AA5.1 : Identifier et manipuler différents types de données biologiques (ADN, ARN, protéines, métagénomique)							
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres/thèmes/unités suivants : Chapitre 1 : Introduction à la bioinformatique. Chapitre 2 : Evolution des techniques de séquençage. Chapitre 3 : Bases de données biologiques Chapitre 4 : Recherche de similarité de séquences. Chapitre 5 : Alignements de séquences Chapitre 6 : Modèle d'évolution (ADN) Chapitre 7 : BLAST							
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage		Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ <u>Apprentissage par résolution de problèmes</u> <u>Apprentissage par projet encadré</u> <u>Alternance cours magistraux / TD</u>							
Techniques d'enseignement :		Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage. Présentations interactives							

80

	Démonstrations pratiques sur bases de données et outils bioinformatiques Travaux dirigés guidés Travail en binôme ou en petits groupes																								
Méthodes d'évaluation	La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment". <u>Évaluation diagnostique en début de module (questionnaire)</u> <u>Évaluation formative durant les TP et TD</u> <u>Évaluation sommative en fin de module</u> <u>Autoévaluation (par l'étudiant lui-même)</u> <u>Outils d'évaluation :</u> <u>Tests écrits</u> <u>Analyses in silico</u> <u>Mini-projets ou études de cas</u> <u>exposé oral</u>																								
Critères d'évaluation	Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA. <u>Compréhension des concepts théoriques</u> <u>Capacité à utiliser correctement les outils bioinformatiques</u> <u>Pertinence de l'interprétation des résultats</u> <u>Respect des consignes et du format demandé</u> <u>Clarté de la présentation écrite</u> <u>Maîtrise du vocabulaire spécifique a la bioinformatique</u>																								
Mesure d'évaluation	La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences. Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. <u>Contrôle continu (CC) : 40 %</u> • <u>TP / mini-projet : 40 %</u> <u>Examen final écrit : 60 %</u>																								
Critère d'attribution de la note finale	Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : Note finale = (Contrôle continu × 0,4) + (Examen final × 0,6)																								
Acquis de Formation visés	Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP). <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12						X	X	X				
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
					X	X	X																		
Références bibliographiques	Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE. [1] Mount, D. W. (2004). <i>Bioinformatics: Sequence and Genome Analysis</i>. Cold Spring Harbor Laboratory Press. [2] Mount, D. W. (2004). <i>Bioinformatics: Sequence and Genome Analysis</i>. Cold Spring Harbor Laboratory Press.																								

Fiche Module de Enzymologie & Génie enzymatique

Unité d'Enseignement (UE)	Bioinformatique & Génie Enzymatique		Code UE	UEF340	ECUE	Enzymologie & Génie enzymatique	Code ECUE	ECUEF342
Filière	BioXplore		Département	Biotechnologie		Option	....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S3
	TD	7h						
	TP	7h		Mixte		X		
	Projet	7h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21h cours (1,5h/semaine) ; 7h TD (0h30/semaine) 7h de TP (0h30/semaine) Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7h (0h30/semaine)				Coefficient	2	
						Crédit ECTS	3	
Responsable du Module		Mouna Marrakchi Sellami		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Mouna Marrakchi Sellami		
Prérequis		Bases de biochimie (protéines, acides aminés, liaisons chimiques) de biologie moléculaire (gènes, transcription, traduction, protéines), de mathématiques (fonctions, proportions, graphiques) et appliquer les notions élémentaires de statistiques						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : AA1. Décrire la nature, la structure et la spécificité des enzymes afin d'expliquer leur rôle biologique et industriel. (Chapitre 1 – AAP1, C1, C5) AA2. Analyser des données de cinétique enzymatique, y compris en présence d'inhibiteurs, afin d'interpréter l'activité et la régulation d'une enzyme. (Chapitre 2 – AAP3, AAP4, C1, C4) AA3. Comparer des profils enzymatiques à partir de données expérimentales afin d'identifier les conditions ou enzymes les plus performantes. (Chapitre 3 – AAP4, AAP5, C1, C4) AA4. Exploiter des bases de données enzymatiques et protéiques afin de relier la structure, la fonction et l'activité d'une enzyme. (Chapitre 4 – AAP7, C2, C3) AA5. Organiser, visualiser et interpréter des données enzymatiques afin de produire des résultats exploitables pour l'analyse scientifique. (Chapitre 3 & 4 – AAP6, AAP8, C2, C4) AA6. Utiliser des outils d'aide à la décision et d'intelligence artificielle pour sélectionner ou optimiser une enzyme pour une application donnée. (Chapitre 5 – AAP9, C3, C4) AA7. Présenter et justifier des résultats d'analyses enzymatiques à l'écrit et à l'oral. (AAP10 – C6) AA8. Réaliser un mini-projet de génie enzymatique en équipe en organisant le travail et les données. (AAP11, AAP12 – C7, C8)						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres/thèmes/unités suivants : Chapitre 1 — Bases moléculaires des enzymes - Nature et structure des enzymes (protéines, cofacteurs, coenzymes) - Spécificité enzymatique - Site actif et reconnaissance enzyme–substrat - Modèles clé-serrure et ajustement induit						

83

	Chapitre 2 — Cinétique enzymatique et régulation • Cinétique de Michaelis–Menten • Paramètres K_m et V_{max} • Effet de la concentration en substrat • Facteurs influençant l'activité enzymatique (pH, température, inhibiteurs) • Inhibition enzymatique (compétitive, non compétitive, incompétitive – interprétation biologique) Chapitre 3 — Analyse et interprétation des données enzymatiques • Variabilité biologique et expérimentale • Organisation des données de cinétique • Comparaison d'enzymes et de conditions • Interprétation statistique simple • Profils d'activité enzymatique Chapitre 4 — Information enzymatique et bio-ressources • Bases de données enzymatiques et protéiques (UniProt, BRENDA, PDB) • Structure d'une fiche enzyme • Lien structure – fonction – activité • Lecture critique d'annotations enzymatiques Chapitre 5 — Génie enzymatique et applications • Enzymes d'intérêt industriel (lipases, protéases, amylases) • Critères de sélection d'une enzyme • Optimisation et adaptation aux procédés • Outils d'aide à la décision et d'IA (vue utilisateur) • Mini-projet de choix et justification d'une enzyme
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ <u>Apprentissage par résolution de problèmes</u> <u>Apprentissage par projet encadré</u> <u>Alternance cours magistraux / TD</u>
Techniques d'enseignement :	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> <u>Exposés interactifs</u> <u>Résolution de problèmes et études de cas</u> <u>Analyse de données enzymatiques</u> <u>Travaux pratiques sur tableurs et outils de visualisation</u> <u>Travail collaboratif en groupe</u> <u>Présentations orales et rapports courts</u>
Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> L'évaluation des apprentissages repose sur une combinaison de plusieurs approches complémentaires : • Évaluation diagnostique en début de module (questionnaire) pour identifier les

	prérequis et ajuster l'enseignement. • Évaluation formative tout au long du module lors des TD et TP (analyse de données enzymatiques, interprétation de courbes, résolution de problèmes). • Évaluation sommative en fin de module pour mesurer l'atteinte des acquis d'apprentissage. • Autoévaluation permettant à l'étudiant d'analyser sa progression et ses acquis. Outils d'évaluation • Tests écrits (QCM, exercices d'interprétation de données, questions de compréhension). • Exercices d'analyses de données enzymatiques (cinétique, inhibition, comparaison de profils). • Mini-projet ou étude de cas en génie enzymatique (choix et justification d'une enzyme). • Exposé oral présentant les résultats du mini-projet ou d'une analyse enzymatique.																								
Critères d'évaluation	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> AA1 <u>Exactitude des notions enzymologiques et lien structure-fonction</u> AA2 <u>Justesse de l'analyse de la cinétique et de l'inhibition</u> AA3 <u>Pertinence des comparaisons et des conclusions biologiques</u> AA4 <u>Qualité de l'exploitation des bases de données enzymatiques</u> AA5 <u>Lisibilité et interprétation correcte des données et graphiques</u> AA6 <u>Pertinence et justification des outils d'aide à la décision/IA</u> AA7 <u>Clarté et rigueur de la communication scientifique</u> AA8 <u>Organisation, collaboration et qualité de la solution proposée</u>																								
Mesure d'évaluation	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. Contrôle continu (CC) : 30 % Examen final écrit : 70 %																								
Critère d'attribution de la note finale	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : Note finale = (Contrôle continu × 0,3) + (Examen final × 0,7)																								
Acquis de Formation visés	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP).</i> <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>x</td><td></td><td></td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12				x			x	x	x			
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
			x			x	x	x																	
Références bibliographiques	• Copeland, R. A. <i>Enzymes: A Practical Introduction to Structure, Mechanism, and Data Analysis</i>. Wiley-VCH, 2000. • Segel, I. H. <i>Enzyme Kinetics: Behavior and Analysis of Rapid Equilibrium and Steady-State Enzyme Systems</i>. Wiley, 1993. • Nelson, D. L., Cox, M. M. <i>Lehninger Principles of Biochemistry</i>. W. H. Freeman, 8th ed., 2021. • Illanes, A. <i>Enzyme Biocatalysis: Principles and Applications</i>. Springer, 2008. • Bornscheuer, U. T., et al. "Engineering the Third Wave of Biocatalysis." <i>Nature</i>, 2012, 485, 185–194.																								

	• Schomburg, I., et al. "BRENDA in 2013: Integrated Reactions, Kinetic Data, Enzyme Function Data, Improved Disease Classification." <i>Nucleic Acids Research</i>, 2013. • The UniProt Consortium. "UniProt: The Universal Protein Knowledgebase." <i>Nucleic Acids Research</i>, 2023
--	--

4

Fiches modules Semestre 4

Fiche Module Mathématique pour l'IA

Unité d'Enseignement (UE)	Statistique et optimisation		Code UE	UEF410	ECUE	Mathématique pour l'IA	Code ECUE	ECUEF411
Filière	BioXplore		Département	GLSI		Option		
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S4
	TD	10,5						
	TP			Mixte				
	Projet					X		
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 31,5h 21h cours et 10,5h TD				Coefficient		1
						Crédit ECTS		3
Responsable du Module		Walid Miladi		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Walid Miladi		
Prérequis		- Algèbre linéaire : vecteurs, matrices, produit scalaire, systèmes linéaires - Analyse : dérivées, fonctions multivariées - Programmation (Python conseillé) : structures, fonctions, manipulation de données						

<u>Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE</u>	A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 – Modélisation de problèmes d'apprentissage Représenter un problème de régression ou de clustering sous forme d'un problème d'optimisation. • AA2 – Calcul différentiel et interprétation Calculer le gradient et la hessienne d'une fonction et interpréter leur rôle : direction de descente et courbure. • AA3 – Normes et mesures d'erreur Manipuler les normes vectorielles et relier norme, distance et erreur dans le cadre d'un problème d'optimisation. • AA4 – Méthode des moindres carrés Résoudre un problème de moindres carrés et interpréter les résultats obtenus. • AA5 – Propriétés des fonctions Identifier et exploiter les propriétés de convexité, concavité et coercivité pour l'optimisation. • AA6 – Méthodes de gradient Implémenter et comparer différentes variantes de la méthode du gradient, y compris le choix des pas de gradient. • AA7 – Méthodes de clustering Appliquer les méthodes de centres mobiles : k-means, CAH, évaluer la qualité avec l'indice silhouette et choisir le nombre optimal de clusters. • AA8 – Communication scientifique Présenter les résultats de manière rigoureuse à travers un rapport et une soutenance.
--	--

<u>Contenu</u>	Unité 1 : Fonctions bilinéaires et produits scalaires Cours : • Produit scalaire et formes quadratiques, interprétation géométrique • Matrices symétriques et positivité (intuition pour convexité) TD : • TD1 : Exercices sur produit scalaire, formes quadratiques, normes et distances TP : • TP1 : Calcul et visualisation de normes et distances sur des vecteurs Unité 2 : Normes vectorielles et liens avec l'erreur Cours : • Normes usuelles : L1, L2, Linf • Propriétés des normes et distances • Relation norme – erreur – stabilité (mesure de perte en IA) TD : • TD1 : Exercices sur calcul de normes et interprétation comme mesures d'erreur TP : • TP1 : Visualisation pratique sur jeux de données Unité 3 : Gradient et Hessienne Cours : • Dérivées partielles, gradient et Hessienne • Sens géométrique : direction de plus forte variation, courbure, points critiques TD : • TD2 : Calcul de gradient et Hessienne pour fonctions simples et fonctions de perte usuelles TP : • TP2 : Implémentation du gradient pour des fonctions simples Unité 4 : Méthode des moindres carrés Cours : • Formulation du problème LS en notation matricielle • Équations normales, interprétation, erreurs et conditionnement TD : • TD3 : Résolution de moindres carrés sur petit jeu de données + interprétation des résultats TP : • TP3 : Implémentation d'une fonction coût et application aux algorithmes de ML Unité 5 : Fonctions convexe, concave et coercive Cours : • Définitions et exemples • Implications sur existence et unicité des solutions • Critères via Hessienne (idée + cas simples) TD : • TD2/TD3 : Exercices sur identification de convexité et concavité, implications
-----------------------	--

	pour optimisation TP : - TP2/TP3 : Expérimentation sur jeux de données simples Unité 6 : Méthode de gradient Cours : - Principe et convergence intuitive - Critères d'arrêt : tolérance, nombre d'itérations, norme du gradient - Pas de gradient : pas constant, pas décroissant, recherche linéaire (Armijo/Wolfe – idée) TD : - TD2 : Étude des effets du pas de gradient sur convergence TP : - TP1 : Implémentation gradient descent (pas fixe vs pas décroissant) - TP2 : Expérimentation pas de gradient : comparaison convergence, temps et erreur Unité 7 : Clustering et évaluation Cours : - k-means : objectif, algorithme, sens de “centre mobile” - CAH : principe, dendrogramme, choix du nombre de groupes - Silhouette : évaluation de partition et sélection de k TD : - TD3 : Exercices sur clustering sur petits jeux de données TP : - TP4 : Implémentation des métriques dans CAH et création de dendrogrammes
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ Le cours adopte une approche progressive et active, combinant théorie, exercices pratiques et applications réelles. L'objectif est de développer à la fois la compréhension conceptuelle et la capacité d'application des méthodes. Axes pédagogiques : - Apprentissage actif : les étudiants manipulent directement les concepts via des exercices, simulations et études de cas. - Lien théorie-pratique : chaque notion théorique est suivie d'exemples concrets, souvent à base de jeux de données ou de scénarios réalistes.
Techniques d'enseignement :	- Approche pédagogique progressive et intégrée, articulant la compréhension théorique des méthodes d'optimisation, leur mise en œuvre algorithmique et leur interprétation dans des contextes liés à l'intelligence artificielle. - Utilisation de supports pédagogiques structurés (polycopiés, présentations synthétiques, schémas explicatifs) pour clarifier les notions fondamentales : fonctions objectif, gradients, conditions d'optimalité et critères de convergence. - Recours à la visualisation géométrique des problèmes d'optimisation afin de renforcer l'intuition mathématique et de relier les calculs analytiques au comportement des algorithmes.

	• Mobilisation d'outils numériques simples (calcul formel, environnements de calcul, tableurs) à des fins exclusivement pédagogiques, notamment pour illustrer la convergence des méthodes et comparer différentes stratégies d'optimisation. • Mise en œuvre d'une démarche d'apprentissage par problèmes, fondée sur des exercices et études de cas progressifs (moindres carrés, méthodes de gradient, classification non supervisée). • Organisation de travaux dirigés collaboratifs favorisant l'échange, la résolution collective de problèmes et la consolidation des acquis. • Réalisation de mini-projets encadrés et de présentations orales courtes permettant de développer l'autonomie, l'esprit critique et la capacité à justifier des choix méthodologiques.
Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> Méthodes d'évaluation proposées • Évaluation diagnostique : réalisée en début de cours pour connaître le niveau initial des étudiants en probabilités, statistiques et optimisation. Elle peut prendre la forme de questionnaires courts, QCM ou mini-exercices pratiques. • Évaluation formative : mise en œuvre tout au long du cours, pour accompagner l'apprentissage et permettre aux étudiants de progresser : ◦ Exercices guidés ◦ Etudes de cas ◦ Quiz interactifs • Évaluation sommative : réalisée en fin de module pour valider les acquis : ◦ Contrôles écrits ou QCM évaluant la compréhension des concepts et le raisonnement ◦ Projets finaux intégrant analyse de données, calcul de statistiques et application de méthodes d'optimisation ◦ Exposés oraux présentant les résultats d'un mini-projet • Autoévaluation : encourager l'étudiant à évaluer sa propre compréhension et progression, par exemple : ◦ Checklist d'objectifs atteints pour chaque partie (probabilités, statistiques, optimisation) • Co-évaluation (évaluation par les pairs) : pour stimuler la collaboration et la capacité à critiquer constructivement les travaux des autres, notamment sur : ◦ Présentations orales de projets ◦ Analyse de jeux de données en binôme ou en groupe
Critères d'évaluation	• Maîtrise des concepts théoriques : compréhension des notions fondamentales d'optimisation (fonctions objectif, convexité, gradient, conditions d'optimalité, convergence). • Capacité de modélisation : aptitude à formuler un problème d'optimisation à partir d'une situation donnée, à identifier les variables de décision et les contraintes pertinentes. • Rigueur mathématique : exactitude des raisonnements, des calculs et des démonstrations, respect des hypothèses et des conditions d'application des méthodes. • Mise en œuvre des méthodes d'optimisation : capacité à appliquer correctement les algorithmes étudiés (moindres carrés, méthodes de

	gradient, techniques de classification) et à en analyser le comportement. • Analyse et interprétation des résultats : aptitude à interpréter les solutions obtenues, à discuter leur pertinence et leurs limites dans un contexte d'apprentissage automatique ou d'analyse de données. • Travail personnel et engagement : participation aux travaux dirigés, régularité du travail, autonomie et implication dans les activités proposées. • Communication et restitution : clarté de la présentation écrite et orale, structuration des réponses, capacité à expliquer et justifier les choix méthodologiques.																								
Mesure d'évaluation	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) . La moyenne minimale de validation est 10. • DS à mi-parcours (entre semaines 6 et 8) : - AA1 : 70% - AA2 : 30% • Examen final : Epreuve écrite (AA2 : 50%, AA3 : 50%)																								
Critère d'attribution de la note finale	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : • Tests écrits à mi-parcours (D.S) : 30 % • Examen écrit final (Examen) : 70 %.																								
Acquis de Formation visés	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP).</i> <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12	x							x				
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
x							x																		
Références bibliographiques	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i> 1. Casella, G., & Berger, R. L. (2002). <i>Statistical Inference</i> (2nd Edition). Duxbury. 2. Grimmett, G., & Stirzaker, D. (2001). <i>Probability and Random Processes</i> (3rd																								

	Edition). Oxford University Press. 3. Ross, S. (2014). <i>A First Course in Probability</i> (9th Edition). Pearson. 4. Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2021). <i>Applied Statistics and Probability for Engineers</i> (7th Edition). Wiley. 5. Hogg, R. V., McKean, J., & Craig, A. T. (2019). <i>Introduction to Mathematical Statistics</i> (8th Edition). Pearson. 6. Field, A., Miles, J., & Field, Z. (2012). <i>Discovering Statistics Using R</i>. Sage. 7. Bishop, C. M. (2006). <i>Pattern Recognition and Machine Learning</i>. Springer.
--	--

Fiche Module : Graphes et optimisation

Unité d'Enseignement (UE)	Statistique et optimisation		Code UE	UEF410	ECUE	Graphes et optimisation	Code ECUE	ECUEF412
Filière	BioXplore		Département	BT		Option	....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S4
	TD	21h						
	TP			Mixte		X		
	Projet							
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel 21h cours (1h30/semaine) 21h TD (1h30/semaine)				Coefficient	1.5	
						Crédit ECTS	3	
Responsable du Module		Salah Beldi		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		....		
Prérequis		Mathématiques de base (algèbre linéaire, fonctions, matrices) Notions élémentaires d'algorithmique						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : ● AA1 : Identifier et formuler des problèmes d'optimisation issus de situations réelles. ● AA2 : Résoudre des problèmes de programmation linéaire à l'aide de l'algorithme du simplexe et de la dualité. ● AA3 : Modéliser des problèmes sous forme de graphes et appliquer les algorithmes classiques associés. ● AA4 : Analyser et interpréter les résultats fournis par les algorithmes d'optimisation et de graphes.						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres/thèmes/unités suivants : Partie I – Programmation linéaire 1. Etude d'exemples : Formulation et notions de bases 2. L'algorithme du Simplexe (les deux phases) 3. Dualité Partie II - Graphes et algorithmes 1. Vocabulaires et notions de base 2. Arbres et arborescences - Propriétés - Arbre de poids minimum (Algorithme de KRUSKAL) 3. Cheminement - Position du problème - Algorithmes de plus courts chemins (BELLMAN-FORD ; DIJKSTRA) - Application : Ordonnancement						
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage		Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ Apprentissage par résolution de problèmes et exercices guidés Apprentissage par projet Pédagogie inversée						

95

<u>Techniques d'enseignement :</u>	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> Brainstorming et raisonnement collectif (AA1...AA4), Travail en groupe (AA2...AA4), Recherche documentaire et exercices pratiques (AA2...AA4), Présentation orale de solutions ou démonstrations (AA2, AA4) Quiz formatifs en début ou fin de séance pour l'auto-évaluation (AA1...AA4).																								
<u>Méthodes d'évaluation</u>	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> Évaluation diagnostique (avant l'apprentissage, pour connaître le niveau initial) Évaluation formative (en cours d'apprentissage, pour s'améliorer) Évaluation sommative (en fin de séquence, pour valider les acquis) Observation directe, exercices et quiz pendant les TD																								
<u>Critères d'évaluation</u>	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> Clarté et rigueur de l'argumentation mathématique. Pertinence de la modélisation et des exemples. Maîtrise du vocabulaire spécifique (graphes, optimisation). Respect des consignes et du format demandé.																								
<u>Mesure d'évaluation</u>	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. ● Devoir Surveillé (DS) (entre semaines 6 et 8) : (AA1 : 40%, AA2 : 40%, AA3 : 20%) ● Examen final : Epreuve écrite (AA1 : 10%, AA2 : 30%, AA3 : 30%, AA4 : 30%)																								
<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : ● Tests écrits à mi-parcours (D.S) : 30 % ● Examen écrit final (Examen) : 70 %.																								
<u>Acquis de Formation visés</u>	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP).</i> <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12	X											
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
X																									
<u>Références bibliographiques</u>	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i> [1] M.Sakarovitch, <i>Optimisation Combinatoire, Tome 1 et Tome 2</i> , Edition: HERMANN, 1984. 2] Michel GONDRON & Michel MINOUX, <i>Graphes et Algorithmes</i> , Edition EYROLLES.																								

96

Fiche Module de Génomique et Transcriptomique

Unité d'Enseignement (UE)	Bioinformatique 2		Code UE	UEF420	ECUE	Génomique et transcriptomique	Code ECUE	ECUEF421
Filière	BioXplore		Département	Biotechnologie		Option	....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S4
	TD	7h						
	TP	7h		Mixte		X		
	Projet	7h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21h cours (1,5h/semaine) ; 14h TD/TP (1h/semaine) Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7h				Coefficient	1.5	
						Crédit ECTS	3	
Responsable du Module		Dr. Nabil Amor		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Dr. Nabil Amor Dr Oussema Souai Dr Emna Harigua Dr Alia Ben Kahla		
Prérequis		Bioinformatique 1 et 2, Sciences omiques, Biochimie structurale, Programmation python, R, Environnement Unix, Pipelines						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1.1 : Décrire les structures et fonctions des molécules, cellules et organes. • AA1.2 : Expliquer les interactions physiologiques et écologiques qui régulent le vivant. • AA2.1 : Analyser un problème afin de proposer une solution informatique. • AA4.2 : Analyse structurée et optimisation de systèmes biologiques. • AA5.1 : Identifier et manipuler différents types de données biologiques (ADN, ARN, protéines, métagénomique). • AA5.2/AA6 • AA5.4 : Préparer et automatiser des pipelines bioinformatiques pour NGS et analyses multi-omiques. • AA7.1 : Analyser les processus biologiques à l'aide d'outils informatiques.						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres/thèmes/unités suivants : Chapitre 1 : Introduction à la génomique et à la transcriptomique • Organisation des génomes (procaryotes et eucaryotes) • Transcriptome et régulation de l'expression génique • Technologies de séquençage haut débit (NGS) Chapitre 2 : Analyses génomiques à partir des données NGS • Contrôle qualité des reads (FastQC, Trimmomatic) • Alignement sur génome de référence (BWA, Bowtie2) • Appel et annotation des variants (SNP, INDEL) • Bases de données génomiques (NCBI, Ensembl) Chapitre 3 : Transcriptomique et RNA-seq • Conception expérimentale en RNA-seq • Alignement et quantification de l'expression (STAR, HISAT2, featureCounts) • Normalisation et analyses d'expression différentielle (DESeq2, edgeR) Chapitre 4 : Analyses fonctionnelles et intégratives						

97

	• Annotation fonctionnelle et enrichissement (GO, KEGG) • Visualisation des résultats transcriptomiques • Intégration génomique–transcriptomique Chapitre 5 : Applications et études de cas • Études de cas réels (santé, biodiversité, microbiologie) • Introduction aux approches multi-omiques • Limites, biais et perspectives des analyses omiques
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ <u>Apprentissage par résolution de problèmes biologiques complexes</u> <u>Apprentissage par projets et études de cas réels</u> <u>Travaux pratiques et dirigés sur jeux de données NGS</u> <u>Mini-projet d'analyse génomique ou transcriptomique</u>
Techniques d'enseignement :	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> <u>Cours interactifs</u> <u>Démonstrations de pipelines bioinformatiques</u> <u>Travaux pratiques guidés sur ligne de commande</u> <u>Travail en groupes</u> <u>Présentations Orales</u>
Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> • <u>Évaluation formative continue</u> • <u>Évaluation sommative</u> <u>Outils :</u> • <u>Comptes rendus de TP</u> • <u>Mini-projet d'analyse génomique / transcriptomique</u> • <u>Examen écrit</u>
Critères d'évaluation	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> <u>Maîtrise des concepts de génomique et transcriptomique</u> <u>Qualité et reproductibilité des analyses bioinformatiques</u> <u>Pertinence de l'interprétation biologique</u> <u>Rigueur méthodologique et esprit critique</u>
Mesure d'évaluation	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. <u>Contrôle continu (CC) : 40 %</u> • <u>TP / mini-projet : 40 %</u> <u>Examen final écrit : 60 %</u>

<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : Note finale = (Contrôle continu × 0,4) + (Examen final × 0,6)																								
<u>Acquis de Formation visés</u>	Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP). <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12	X					X	X	X				
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
X					X	X	X																		
<u>Références bibliographiques</u>	Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE. [1] Wang, X. (2024). <i>Next-Generation Sequencing Data Analysis</i> (2^e éd.). CRC Press. ISBN-13: 978-0367349899. [2] Conesa, A. et al. (2016). A survey of best practices for RNA-seq data analysis. <i>Genome Biology</i>. [3] Arivaradarajan P., Misra G. (2019) Omics Approaches, Technologies And Applications Integrative Approaches For Understanding OMICS Data Springer Press.																								

Fiche Module de Bioinformatique structurale : Modélisation moléculaire & Docking

Unité d'Enseignement (UE)	Bioinformatique 2		Code UE	UEF420	ECUE	Bioinformatique structurale	Code ECUE	ECUEF422
Filière	BioXplore		Département	Biotechnologie		Option	....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S4
	TD	7h						
	TP	7h		Mixte				
	Projet	7h				X		
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21 h cours (1,5h/semaine) ; 14h TD/TP (1h/semaine) Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7h (0h30/semaine)				Coefficient	1.5	
						Crédit ECTS	3	
Responsable du Module		Dr. Nabil Amor		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Dr. Nabil Amor Dr Oussema Souai Dr Emna Harigua Dr Alia Ben Kahla		
Prérequis		Bioinformatique 1 et 2, Sciences omiques, Biochimie structurale, Programmation python, R, Environnement Unix, Pipelines						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1.1 : Décrire les structures et fonctions des molécules, cellules et organes. • AA1.2 : Expliquer les interactions physiologiques et écologiques qui régulent le vivant. • AA2.1 : Analyser un problème afin de proposer une solution informatique. • AA4.2 : Analyse structurée et optimisation de systèmes biologiques. • AA5.1 : Identifier et manipuler différents types de données biologiques (ADN, ARN, protéines, métagénomique). • AA5.2/AA6 • AA5.4 : Préparer et automatiser des pipelines bioinformatiques pour NGS et analyses multi-omiques. • AA7.1 : Analyser les processus biologiques à l'aide d'outils informatiques.						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres/thèmes/unités suivants : Chapitre 1 : Introduction à la bioinformatique structurale • Structure des protéines et des acides nucléiques • Relations structure–fonction • Bases de données structurales (PDB) Chapitre 2 : Modélisation moléculaire • Modélisation par homologie • Outils de modélisation (SWISS-MODEL, MODELLER) • Validation des modèles (Ramachandran, RMSD) Chapitre 3 : Visualisation et analyse structurale • Outils de visualisation (PyMOL, Chimera) • Analyse des sites actifs et des poches de liaison Chapitre 4 : Docking moléculaire						

100

	• Principes du docking • Préparation des ligands et des récepteurs • Logiciels de docking (AutoDock, AutoDock Vina) • Analyse et scoring des poses Chapitre 5 : Applications et études de cas • Drug design assisté par ordinateur (CADD) • Criblage virtuel • Limites et perspectives
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ <u>Apprentissage par résolution de problèmes biologiques complexes</u> <u>Apprentissage par projets et études de cas réels</u> <u>Travaux pratiques et dirigés sur jeux de données NGS</u> <u>Mini-projet de docking</u>
Techniques d'enseignement :	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> <u>Cours interactifs</u> <u>Démonstrations de pipelines bioinformatiques</u> <u>Travaux pratiques et dirigés guidés sur ligne de commande</u> <u>Travail en groupes</u> <u>Présentations Orales</u>
Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> • <u>Évaluation formative continue</u> • <u>Évaluation sommative</u> Outils : • <u>Comptes rendus de TP</u> • <u>Mini-projet de modélisation/docking</u> • <u>Examen écrit</u>
Critères d'évaluation	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> <u>Maîtrise des concepts de bioinformatique structurale</u> <u>Qualité des modèles structuraux</u> <u>Pertinence de l'analyse des interactions</u> <u>Rigueur méthodologique et interprétation biologique</u>
Mesure d'évaluation	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) 101 La moyenne minimale de validation est 10. Contrôle continu (CC) : 40 %

	TP / mini-projet : 40 % <u>Examen final écrit : 60 %</u>																																			
<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : Note finale = (Contrôle continu × 0,4) + (Examen final × 0,6)																																			
<u>Acquis de Formation visés</u>	Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP). <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>												AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12						X	X	X				
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12																									
					X	X	X																													
<u>Références bibliographiques</u>	Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE. [1] Stefaniu, A. (2019). Molecular Docking and Molecular Dynamics. IntechOpen. UK London [2] Conesa, A. et al. (2016). A survey of best practices for RNA-seq data analysis. <i>Genome Biology</i>. [3] Nielsen, R. et al. (2011). Genotype and SNP calling from NGS data. <i>Nature Reviews Genetics</i>. [4] Arivaradarajan P., Misra G. (2019) Omics Approaches, Technologies And Applications Integrative Approaches For Understanding OMICS Data Springer Press.																																			

Pipeline de traitement & Visualisation (ETL)

Unité d'Enseignement (UE)	Informatique 3		Code UE	UEF430	ECUE	Pipelines de traitement & Visualisation (ETL)	Code ECUE	ECUEF431
Filière	BioXplore		Département	GLSI		Option		
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S4
	TD							
	TP	21h		Mixte		X		
	Projet	7h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 42h (1,5h C/semaine et 3h TP/quinzaine par demi-groupe) Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7h				Coefficient		1,5
						Crédit ECTS		3
Responsable du Module		Sami Ouali		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Sami Ouali		
Prérequis		– Maîtrise des bases de données relationnelles – Connaissance des requêtes SQL complexes, incluant l'usage de jointures multiples, de fonctions d'agrégation et de clauses de regroupement – Maîtrise des notions de modélisation des données						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : ● AA1 : Distinguer les systèmes d'information opérationnels (OLTP) des systèmes décisionnels (OLAP) et comprendre leurs finalités respectives. ● AA2 : Expliquer les principes fondamentaux des systèmes d'information décisionnels et leur contribution à l'aide à la décision. ● AA3 : Concevoir un entrepôt de données (data warehouse) et modéliser les données selon des schémas adaptés (étoile, flocon). ● AA4 : Mettre en œuvre les processus d'intégration de données incluant l'extraction, la transformation et le chargement (ETL). ● AA5 : Interroger, analyser et exploiter les données à l'aide du langage SQL et d'outils d'analyse OLAP. ● AA6 : Concevoir des tableaux de bord décisionnels pertinents et interactifs pour la visualisation et l'analyse des données. ● AA7 : Identifier les concepts de base du datamining et leurs domaines d'application						
Contenu		Unité 1 : Architecture et Modélisation Décisionnelle Objectif : Comprendre l'architecture BI et concevoir la structure de stockage (Entrepôt). AA Correspondants : AA1, AA2, AA3 ● Chapitre 1 : Fondamentaux et architecture des pipelines décisionnels (ETL) ○ <i>Contenu</i> : Différence OLTP (Transactionnel) vs OLAP (Analytique) ; Architecture générale d'un système BI ● Chapitre 2 : Modélisation dimensionnelle ○ <i>Contenu</i> : Concepts de Faits et Dimensions ; Mesures ; Granularité ; Schéma en Étoile vs Schéma en Flocon ; Gestion des dimensions à évolution lente (SCD). Description des TPs de l'Unité 1 : ○ TP 1 : Conception d'un Data Warehouse (Chapitres 1 & 2)						

	▪ <i>Contexte Bio</i> : Une clinique souhaite analyser ses admissions. ▪ <i>Tâche</i> : Identifier les processus métiers (Faits : Admissions) et les axes d'analyse (Dimensions : Patient, Temps, Service, Pathologie). ▪ <i>Réalisation</i> : Modélisation graphique du schéma en étoile (Star Schema) et création des tables correspondantes dans le SGBD. Unité 2 : Construction du Pipeline de Données (ETL & OLAP) Objectif : Automatiser le flux de données et préparer l'analyse multidimensionnelle. AA Correspondants : AA4, AA5 • Chapitre 3 : Intégration des données – Pipelines ETL ○ <i>Contenu</i> : ▪ Extraction : Connexion aux sources hétérogènes (CSV, API, SQL). ▪ Transformation : Nettoyage, normalisation, calcul de champs dérivés, gestion des rejets. ▪ Chargement : Stratégies d'insertion (Full vs Incremental). • Chapitre 4 : Analyse décisionnelle (OLAP) ○ <i>Contenu</i> : Concept de Cube OLAP ; Opérations multidimensionnelles : Slice (Tranche), Dice (Dé), Drill-down (Forage), Roll-up (Agrégation). Description des TPs de l'Unité 2 : ○ TP 2 : Pipeline ETL - Extraction et Nettoyage (Chapitre 3) ▪ <i>Outil</i> : ETL (Talend, Pentaho ou Scripting Python/Pandas). ▪ <i>Tâche</i> : Connecter des fichiers sources "sales" (ex: résultats d'analyses biologiques avec formats de dates incohérents). Créer un flux pour nettoyer les données, harmoniser les unités et rejeter les lignes erronées. ○ TP 3 : Pipeline ETL - Chargement et Cubes (Chapitre 3 & 4) ▪ <i>Tâche</i> : Finaliser le pipeline pour charger les données nettoyées dans le schéma en étoile créé au TP1. ▪ <i>Exploitation</i> : Écriture de requêtes SQL analytiques complexes (Group By avec Rollup) pour simuler des opérations OLAP (ex: "Nombre d'admissions par mois et par service"). Unité 3 : Restitution et Valorisation des Données Objectif : Rendre les données intelligibles pour la prise de décision. AA Correspondants : AA6, AA7 • Chapitre 5 : Visualisation et restitution des données ○ <i>Contenu</i> : Principes de la Data Visualization ; Choix des graphiques adaptés ; Conception de Tableaux de Bord (Dashboards) ; Indicateurs clés de performance (KPI). • Chapitre 6 : Introduction au Data Mining dans un contexte ETL ○ <i>Contenu</i> : De la BI au Mining ; Découverte de connaissances (KDD) ; Exemples d'application (Segmentation, Détection d'anomalies). Description des TPs de l'Unité 3 : ○ TP 4 : Reporting et Tableaux de Bord (Chapitre 5) ▪ <i>Outil</i> : PowerBI, Tableau ou Metabase.
--	--

	▪ <i>Tâche</i> : Connecter l'outil au Data Warehouse. Créer un tableau de bord interactif pour la direction de la clinique (KPIs : Taux d'occupation, Durée moyenne de séjour, Filtres dynamiques par période). ○ TP 5 : Initiation au Mining (Chapitre 6) ▪ <i>Outil</i> : Knime, Orange ou Scikit-learn. ▪ <i>Tâche</i> : Utiliser le dataset nettoyé pour une tâche simple de segmentation (Clustering) des patients ou de détection de valeurs aberrantes dans les analyses. NB : Un travail personnel d'approfondissement (analyse d'un cas d'étude) sera demandé aux étudiants à réaliser en dehors des séances et à rendre avant la fin du module.
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ • Cours magistraux interactifs avec Q/R • Apprentissage par résolution de problèmes • Travaux pratiques
Techniques d'enseignement :	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> • Cours interactifs avec Q/R • TP guidés en laboratoire • Exercices de codage progressifs • Debugging collaboratif (analyser les erreurs des autres) • Brainstorming
Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> Diagnostic • Vérification des prérequis SQL Formative : • Exercices dirigés, validations progressives des TP, feedback oral ou écrit, revue de code entre pairs, mini-projets intermédiaires. Sommative : • DS (Devoir surveillé) : évaluation écrite/pratique en cours de semestre. • Examen final : épreuve écrite et/ou pratique permettant de valider l'ensemble des acquis du module. • Note de TP : basée sur la réalisation, la qualité et la validation des travaux pratiques. Observation directe Exposé oral
Critères d'évaluation	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> • Modélisation : Pertinence du schéma en étoile, choix des dimensions (AA1, AA3) • Architecture ETL : Qualité du flux, gestion des erreurs et du nettoyage (AA4) • Maîtrise SQL/OLAP : Exactitude des requêtes d'agrégation (AA5) • Visualisation : Clarté des tableaux de bord, pertinence des KPI choisis (AA6) • Compréhension globale : Capacité à expliquer la chaîne de valeur de la donnée (AA2, AA7)
Mesure d'évaluation	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i>

	Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. ● Devoir Surveillé (DS) : Épreuve écrite portant sur la Modélisation Dimensionnelle et les concepts théoriques (AA1, AA2, AA3). ● Examen final : Épreuve globale couvrant la chaîne ETL, le SQL Analytique et la conception de Tableaux de bord (AA4, AA5, AA6, AA7).																								
<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : ● DS + TP: 30% ● Examen écrit final (Examen) : 70 %																								
<u>Acquis de Formation visés</u>	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP).</i> <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12						x	x	x				
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
					x	x	x																		
<u>Références bibliographiques</u>	[1] R. Kimball et M. Ross, <i>The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling</i>, 3e éd. Indianapolis, IN, USA: Wiley, 2013. [2] W. H. Inmon, <i>Building the Data Warehouse</i>, 4e éd. Indianapolis, IN, USA: Wiley, 2005. [3] C. N. Knaflitz, <i>Storytelling with Data: A Data Visualization Guide for Business Professionals</i>. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2015. [4] S. Few, <i>Show Me the Numbers: Designing Tables and Graphs to Enlighten</i>, 2e éd. Burlingame, CA, USA: Analytics Press, 2012.																								

Big Data

Unité d'Enseignement (UE)	Informatique 3		Code UE	UEF430	ECUE	Big Data	Code ECUE	ECUEF432
Filière	BioXplore		Département	GLSI		Option		
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S4
	TD							
	TP	21h		Mixte		X		
	Projet	7h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 42h (1,5h C/semaine et 3h TP/ quinzaine par demi-groupe)				Coefficient		2
		Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7h				Crédit ECTS		4
Responsable du Module		Hayet Mogaadi		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Hayet Mogaadi		
Prérequis		Langage de programmation (python), Bases de données relationnelles, ligne de commande Linux.						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 : Expliquer les concepts clés du Big Data (4V, architecture distribuée). • AA2 : Décrire et distinguer les composants de l'écosystème Hadoop/Spark. • AA3 : Préparer et structurer des données du vivant pour un traitement distribué (Formats Parquet, Avro). • AA4 : Exécuter des traitements sur un cluster via Spark/PySpark pour manipuler des données massives biologiques.						
Contenu		Unité 1 : Fondamentaux et Écosystème Hadoop Objectif : Comprendre le changement de paradigme (Distribué vs Centralisé) et manipuler le système de fichiers distribué. AA Correspondants : AA1, AA2 • Chapitre 1 : Introduction au Big Data en Bioinformatique ◦ <i>Contenu :</i> Explosion des données omiques (Génomique, Transcriptomique) ; Les 4V (Volume, Vitesse, Variété, Véracité) appliqués à la biologie ; Médecine de précision et enjeux de stockage. • Chapitre 2 : Architectures et écosystème (Hadoop) ◦ <i>Contenu :</i> Limites des architectures classiques ; Le principe du calcul distribué (Cluster, Nœuds) ; HDFS (Stockage) et MapReduce (Traitement) ; Introduction à l'écosystème (Hive, Pig - survol). Description des TP de l'Unité 1 : ◦ TP 1 : Environnement Big Data et HDFS ▪ <i>Installation :</i> Configuration d'une image Docker Cloudera ou installation locale de Hadoop (Single Node). ▪ <i>Manipulation :</i> Commandes HDFS (hdfs dfs -put, -ls, -cat). Importation d'un fichier FASTA volumineux dans le système distribué. ◦ TP 2 : Algorithme MapReduce ▪ <i>Concept :</i> Comprendre la logique "Map" et "Reduce". ▪ <i>Exercice :</i> Implémentation d'un job simple (ex: "Word Count" classique ou comptage de nucléotides/k-mers sur une séquence génomique brute) en Python (Hadoop Streaming) ou Java. Unité 2 : Traitement Distribué avec Spark Objectif : Maîtriser le calcul in-memory moderne pour accélérer les analyses. AA Correspondants : AA2, AA3, AA4 • Chapitre 3 : Analyse de données biologiques à grande échelle (Spark) ◦ <i>Contenu :</i> Pourquoi Spark ? (Différence avec MapReduce) ; Architecture RDD vs DataFrames ; PySpark ; Formats de fichiers optimisés pour le Big Data (Parquet, Avro, ORC) vs formats bio classiques (VCF, BAM). Description des TP de l'Unité 2 : ◦ TP 3 : Introduction à PySpark ▪ <i>Prise en main :</i> Initialisation de la SparkSession. Création de RDDs et DataFrames.						

	▪ <i>Manipulation</i> : Lecture de fichiers CSV/JSON massifs. Filtrage, transformation et actions de base (count, show). - o TP 4 : Pipeline ETL avec Spark (Cas Bio) ▪ <i>Scénario</i> : Intégration de données de variants génétiques (VCF converti en Parquet). ▪ <i>Tâche</i> : Nettoyage des données (gestion des nulls), structuration (schéma explicite) et jointure avec un fichier de référence (annotations de gènes). Unité 3 : Valorisation et Visualisation Objectif : Synthétiser les résultats issus du cluster pour l'interprétation biologique. AA Correspondants : AA4 • Chapitre 4 : Visualisation et interprétation - o <i>Contenu</i> : Stratégies de visualisation post-traitement (Agrégation côté serveur, visualisation côté client) ; Librairies Python pour la dataviz (Matplotlib, Seaborn) appliquées aux résultats Spark ; Interprétation biologique. Description du TP de l'Unité 3 : - o TP 5 : Étude de cas complète (End-to-End) ▪ <i>Sujet</i> : Analyse d'expression génique différentielle sur un gros dataset. ▪ <i>Flux</i> : Chargement Spark -> Agrégation par condition biologique -> Conversion en Pandas (petit volume) -> Visualisation (Volcano Plot ou Heatmap) -> Interprétation. Travail à rendre : Les étudiants devront réaliser un mini-projet personnel consistant à traiter un dataset public (type 1000 Genomes project - extrait) via un notebook PySpark. Ils devront rendre le notebook commenté incluant le chargement, 3 requêtes analytiques complexes et une visualisation graphique, avant la fin du module.
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☒ • Cours magistraux. • Travaux pratiques. • Apprentissage par projet • Apprentissage par les pairs
Techniques d'enseignement :	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> • Cours interactifs avec Q/R • TP guidés en laboratoire • Exercices de codage progressifs • Debugging collaboratif (analyser les erreurs des autres) • Projets individuels sur machine
Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> Diagnostic • Quiz sur les commandes Linux et la logique SQL en début de module. Formative • Validation du fonctionnement des jobs Spark en TP Sommative • Devoir Surveillé (DS) + Examen Final

<u>Critères d'évaluation</u>	Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA. ● Compréhension de l'architecture : Rôle des Nœuds, HDFS vs Local (AA1, AA2) ● Gestion des données : Choix des formats, partitionnement efficace (AA3) ● Maîtrise de PySpark : Utilisation correcte des transformations et actions (AA4) ● Logique distribuée : Éviter les erreurs comme collect() sur des données massives (AA4)																								
<u>Mesure d'évaluation</u>	La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences. Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. ● Devoir Surveillé (DS) : Épreuve sur les concepts Big Data (4V), l'architecture Hadoop/HDFS et les formats de fichiers (AA1, AA2, AA3). ● Examen final : Épreuve couvrant l'écriture de scripts PySpark, l'analyse de cas d'usage biologique et l'évaluation du travail rendu (AA3, AA4).																								
<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : ● DS+TP : 30% ● Examen écrit final (Examen) : 70 %																								
<u>Acquis de Formation visés</u>	Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP). <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12						x	x	x				
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
					x	x	x																		
<u>Références bibliographiques</u>	Les principales références bibliographiques associées à cet ECUE. [1] Learning Spark, 2nd Edition de Jules S. Damji et al. (O'Reilly, 2020) [2] Genomics in the Azure Cloud de Colby T. Ford (O'Reilly, 2022) [3] Data Algorithms with Spark de Mahmoud Parsian (O'Reilly, 2022)																								

Python Avancé

Unité d'Enseignement (UE)	Informatique 4		Code UE	UEF440	ECUE	Python avancé	Code ECUE	ECUEF441
Filière	BioXplore		Département	GLSI		Option		
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S4
	TD							
	TP	21h		Mixte		x		
	Projet	10,5h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 42h (1,5h C/semaine et 3h TP/quinzaine par demi-groupe)				Coefficient		2
		Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 10,5h				Crédit ECTS		4
Responsable du Module		Narjes Ben Hariz		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Zohra Chanouf		
Prérequis		– Connaissance des structures de données fondamentales et des algorithmes de base. – Maîtrise des notions essentielles en programmation. – Premières notions en programmation orientée objet.						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 : Analyser et appliquer les concepts fondamentaux et avancés du langage Python pour résoudre des problèmes complexes et réaliser des scripts autonomes. • AA2 : Concevoir et organiser des applications Python composées de plusieurs modules interconnectés, en respectant les bonnes pratiques de codage et en garantissant performance, maintenabilité et évolutivité. • AA3 : Implémenter et tester les principes de la programmation orientée objet et modulaire dans des projets en assurant réutilisabilité, lisibilité du code. • AA4 : Utiliser et combiner les bibliothèques Python (NumPy, Pandas, Matplotlib, scikit-learn. .) pour analyser, visualiser et manipuler des ensembles de données complexes, en produisant des résultats précis et exploitables.						
Contenu		Unité 1 : Consolidation et Programmation Fonctionnelle Objectif : Maîtriser les structures de données Pythoniques et l'écriture condensée. AA Correspondants : AA1 • Introduction : Pourquoi Python ? - o Contenu : Popularité ; Domaines d'application ; Différence Interprété vs Compilé. • Chapitre 1 : Notions de Base et Avancées - o Contenu : ▪ Rappel : Syntaxe, Variables, Opérateurs, Structures de contrôle. ▪ Structures de données avancées : Listes, tuples, dictionnaires, ensembles (sets). ▪ Pythonic way : Listes et dictionnaires en compréhension. ▪ Fonctions : Paramètres, valeurs de retour, Fonctions anonymes (lambda), Programmation fonctionnelle (map, filter). ▪ Gestion des exceptions (try, except). Description du TP de l'Unité 1 : - o TP 1 : Introduction à Python et manipulation des structures de données ▪ Exercices : Manipulation de listes et dictionnaires pour stocker des données biologiques (ex: codons, séquences). ▪ Optimisation : Réécriture de boucles classiques en "List Comprehension". ▪ Fonctionnel : Utilisation de lambda pour trier des données complexes. Unité 2 : Persistance des Données et Modularité Objectif : Rendre les données persistantes et structurer le code en projets maintenables. AA Correspondants : AA1, AA2 • Chapitre 2 : Gestion des Fichiers - o Contenu : Lecture/Écriture fichiers texte ; Manipulation CSV et JSON ; Sérialisation						

110

	binaires (pickle) ; Gestion des erreurs d'E/S. ● Chapitre 4 : Programmation Modulaire et Gestion des Dépendances ○ <i>Contenu</i> : Modules vs Packages ; Importation (import, from ... import) ; Création de packages personnalisés ; <code>__init__.py</code> ; Bonnes pratiques de documentation (Docstrings). Description du TP de l'Unité 2 : ○ TP 2 : Gestion des fichiers et des exceptions ▪ <i>Contexte</i> : Traitement de données issues d'un séquenceur ou d'une expérience. ▪ <i>Tâches</i> : ▪ Lire un fichier CSV mal formé et gérer les erreurs (Exceptions). ▪ Convertir des données d'un format CSV vers JSON. ▪ Sauvegarder l'état d'une analyse via pickle. ▪ <i>Bonus Modularité</i> : Découper ce code en deux fichiers : un pour les fonctions de lecture/écriture, un pour le script principal. Unité 3 : Programmation Orientée Objet (POO) Objectif : Modéliser des entités complexes et créer du code réutilisable. AA Correspondants : AA2, AA3 ● Chapitre 3 : Programmation Orientée Objet ○ <i>Contenu</i> : Classes et Objets ; Attributs et Méthodes ; Encapsulation, Héritage, Polymorphisme ; Méthodes spéciales (<code>__init__</code>, <code>__str__</code>, <code>__repr__</code>) ; Propriétés (<code>@property</code>) et méthodes statiques. Description du TP de l'Unité 3 : ○ TP 3 : Programmation orientée objet en Python ▪ <i>Modélisation</i> : Création d'une classe <code>SequenceADN</code> avec des attributs (chaîne, nom). ▪ <i>Méthodes</i> : Ajout de méthodes pour transcrire (ADN -> ARN) ou calculer la masse moléculaire. ▪ <i>Héritage</i> : Création d'une classe fille <code>SequenceProteine</code> héritant de propriétés communes. ▪ <i>Magie</i> : Surcharge de l'opérateur + (<code>__add__</code>) pour concaténer deux séquences. Unité 4 : Python pour la Data Science Objectif : Analyser et visualiser des données massives. AA Correspondants : AA4 ● Chapitre 5 : Python pour la Science des Données ○ <i>Contenu</i> : ▪ Introduction à NumPy (Tableaux) et Pandas (DataFrames). ▪ Nettoyage : Gestion des valeurs manquantes (NaN), filtrage. ▪ Analyse exploratoire : Agrégation (groupby), statistiques descriptives. ▪ Visualisation avec Matplotlib (Histogrammes, Scatter plots). ▪ Introduction au Machine Learning avec Scikit-learn. Description du TP de l'Unité 4 : ○ TP 4 : Python pour la Data Science ▪ <i>Dataset</i> : Utilisation d'un jeu de données réel (ex: Titanic, Iris, ou données d'expression génique). ▪ <i>Workflow</i> : Chargement avec Pandas -> Nettoyage -> Calcul de corrélations -> Visualisation graphique des résultats. ▪ <i>Extension</i> : Entraînement d'un modèle simple (Régression ou Classification) sur ces données. Mini projet de synthèse : développer une application modulaire en Python qui : 1. Charge un jeu de données biologiques complexe (CSV ou JSON) (AA2). 2. Modélise les entités (ex: Patients, Échantillons) via des Classes (POO) (AA3). 3. Analyse les données pour en extraire des statistiques clés via Pandas (AA4). 4. Visualise les résultats (Courbes, Diagrammes) via Matplotlib et sauvegarde un rapport automatique (AA4). 5. Le projet devra être structuré en package installable et gérer proprement les exceptions.
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage Présentiel ☐ A distance ☐ Mixte ☒ ● Cours magistraux. ● Travaux dirigés. ● Travaux pratiques. ● Pair programming et revue de code. ● Projet collaboratif. ● Ressources numériques : documentation officielle, tutoriels, capsules vidéo.

<u>Techniques d'enseignement :</u>	Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage. • Live coding (AA1). • Exercices guidés et ateliers (AA1). • Pair programming et travail collaboratif (AA2). • Études de cas et refactoring (AA2). • Revue de code et tests unitaires (AA3). • Notebooks interactifs et tutoriels pratiques (AA4).
<u>Méthodes d'évaluation</u>	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> Diagnostic : Quiz de début de module pour identifier les prérequis et ajuster le rythme d'apprentissage. Formative : Exercices dirigés, validations progressives des TP, feedback oral ou écrit, revue de code entre pairs, mini-projets intermédiaires. Sommative : • CC+ Examen final Autoévaluation et co-évaluation : Grilles de vérification personnelle et revue de code entre pairs lors des TP.
<u>Critères d'évaluation</u>	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> • Qualité du code : Respect des conventions, lisibilité, documentation (AA1, AA2) • Modularité : Découpage en fonctions/classes, réutilisabilité (AA2, AA3) • Maîtrise de la POO : Utilisation pertinente des classes et de l'héritage (AA3) • Analyse de données : Utilisation correcte de Pandas/Matplotlib, exactitude des stats (AA4) • Robustesse : Gestion des erreurs et exceptions (AA1, AA2)
<u>Mesure d'évaluation</u>	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. ● Travaux pratiques : - Validation des TP réalisés pendant le module (AA1, AA2, AA3, AA4) - Examen TP : Test pratique (AA2) ● DS : Epreuve écrite portant sur les structures avancées, les fonctions et la gestion de fichiers/exceptions (AA1, AA2). ● Examen final : Épreuve globale couvrant la POO et la Data Science (AA3, AA4).
<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : • DS + TP: 30% • Examen écrit final (Examen) : 70 %

<u>Acquis de Formation visés</u>	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP).</i>											
	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12
						x			x		x	x
<u>Références bibliographiques</u>	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i>											
	[1] Python, Why. "Python." Python releases for windows 24 (2021). [2] Van Rossum, Guido, and Fred L. Drake. An introduction to Python. Bristol: Network Theory Ltd., 2003. [3] Pedregosa, Fabian, et al. "Scikit-learn: Machine learning in Python." the Journal of machine Learning research 12 (2011): 2825-2830. [4] Python Software Foundation. Documentation officielle de Python. 2025, https://docs.python.org/3/. [5] IBM. Python for Data Science, AI Development. Coursera, 2025, https://www.coursera.org/learn/python-for-applied-data-science.											

Machine Learning

Unité d'Enseignement (UE)	Informatique 4		Code UE	UEF440	ECUE	Machine Learning	Code ECUE	ECUEF442
Filière	BioXplore		Département	GLSI		Option		
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S4
	TD							
	TP	10,5h		Mixte		X		
	Projet	10,5h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 31,5h (1,5h C/semaine de cours et 1,5h TP/ quinzaine par demi-groupe) Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 10,5h (0,75/semaine)				Coefficient	1,5	
						Crédit ECTS	3	
Responsable du Module		Mayssa Frikha		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Asma Nafti		
Prérequis		Python, Statistiques, Base de données						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : - AA1 : Comprendre les principes de la modélisation supervisée et non supervisée. - AA2 : Implémenter des algorithmes de régression, classification et clustering. - AA3 : Évaluer les performances des modèles (split train/test, métriques). - AA4 : Appliquer le Machine Learning sur des datasets biologiques simples.						
Contenu		Unité 1 : Introduction et Fondamentaux du ML Objectif : Situer le ML dans l'IA et comprendre les types de problèmes traitables. AA Correspondants : AA1 Chapitre 1 : Le paysage du Machine Learning - Contenu : Place du ML dans l'IA ; Disciplines fondatrices (Stats, Optimisation) ; Facteurs d'émergence (Big Data, Puissance de calcul) ; Domaines d'application (Santé, Génomique). Chapitre 2 : Typologie des problèmes - Contenu : Distinction Supervisé vs Non Supervisé vs Renforcement ; Exemples concrets (Classification de tumeurs vs Segmentation d'images). Description du TP de l'Unité 1 : TP 1 : Prise en main des données - Installation des bibliothèques ML (Scikit-learn, Pandas). - Chargement d'un dataset biologique classique (ex: Iris ou Breast Cancer Wisconsin). - Visualisation exploratoire : Afficher les distributions des variables et les corrélations. Unité 2 : Apprentissage Supervisé Objectif : Maîtriser les algorithmes de prédiction et savoir évaluer leur fiabilité. AA Correspondants : AA1, AA2, AA3, AA4 Chapitre 3 : Concepts de l'apprentissage supervisé - Contenu : Terminologie (Features, Labels) ; Le compromis Biais/Variance ; Phénomène						

114

	de Surapprentissage (Overfitting) ; Méthodologie Train/Test/Validation. ● Chapitre 4 : Algorithmes de classification et régression ○ <i>Contenu</i> : k-Plus Proches Voisins (k-NN) ; Machines à Vecteurs de Support (SVM) ; Arbres de décision ; Métriques d'évaluation (Matrice de confusion, Précision, Rappel). ● Chapitre 5 : Applications biologiques ○ <i>Contenu</i> : Exemples (Diagnostic médical, Prédiction de structures protéiques). Description du TP de l'Unité 2 : ○ TP 2 : Classification Supervisée ▪ Implémentation d'un classifieur (k-NN et Arbre de décision) sur un dataset de diagnostic (Malade/Sain). ▪ Séparation des données (Train/Test split). ▪ Comparaison des résultats : Quel algorithme donne la meilleure précision ? ▪ Visualisation de la matrice de confusion. Unité 3 : Apprentissage Non Supervisé et Outils Spécialisés Objectif : Découvrir des structures cachées dans les données sans étiquettes. AA Correspondants : AA1, AA2, AA4 ● Chapitre 6 : Fondamentaux du non supervisé ○ <i>Contenu</i> : Terminologie ; Notion de distance et similarité (Euclidienne, Manhattan, Corrélation) pour variables quantitatives et qualitatives. ● Chapitre 7 : Algorithmes de Clustering ○ <i>Contenu</i> : K-Means (Centres mobiles) ; Classification Ascendante Hiérarchique (CAH/Dendrogrammes) ; Introduction à la réduction de dimension (ACP). ● Chapitre 8 : Outils spécialisés en Biologie ○ <i>Contenu</i> : Présentation de logiciels/environnements "No-Code" ou semi-automatisés utilisés en labo (ex: Weka, Galaxy, ou Orange Data Mining). Description du TP de l'Unité 3 : ○ TP 3 : Clustering et Outils ▪ Application du K-Means pour regrouper des profils d'expression génique similaires. ▪ Utilisation de la méthode "Elbow" pour déterminer le nombre optimal de clusters. ▪ Manipulation rapide d'un logiciel graphique (type Orange ou Weka) pour reproduire les résultats sans coder. Mini-projet de synthèse : Choisir un dataset biologique réel (ex: classification d'espèces, diagnostic) et comparer les performances de deux algorithmes différents. Puis rendre un rapport court justifiant le choix du modèle, l'analyse des métriques d'erreur et l'interprétation biologique des résultats
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☐ A distance ☐ Mixte ☒ ● Cours magistraux. ● Apprentissage par résolution de problèmes ● Apprentissage par projet
Techniques d'enseignement :	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> ● Cours interactifs avec Q/R ● Brainstorming

	• TP guidés en laboratoire • Etudes de cas réels • Visualisation de données (Data Viz) pour intuiter le fonctionnement des algorithmes. • Mini-projets appliqués																								
<u>Méthodes d'évaluation</u>	La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment". Diagnostic • Rappel rapide sur les statistiques descriptives et vecteurs Formative • Exercices de TD (calculs de distances, matrices). Sommative • Devoir Surveillé (DS) + Examen Final + Mini-Projet. Auto-évaluation • Discussion critique																								
<u>Critères d'évaluation</u>	Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA. • Compréhension des concepts : Distinction Supervisé/Non supervisé, Overfitting (AA1) • Choix de l'algorithme : Pertinence de la méthode par rapport au type de données (AA2, AA4) • Implémentation technique : Code fonctionnel, utilisation correcte des librairies (AA2) • Interprétation des résultats : Analyse critique des métriques et matrices de confusion (AA3) • Application biologique : Sens donné aux résultats dans le contexte du vivant (AA4)																								
<u>Mesure d'évaluation</u>	La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences. Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. • Devoir Surveillé (DS) : Épreuve écrite portant sur l'Introduction et l'Apprentissage Supervisé (Théorie + Exercices manuels type k-NN/Arbres) (AA1, AA3). • Examen final : Épreuve globale couvrant le Non-Supervisé, la méthodologie d'évaluation et l'analyse d'un cas biologique complet (AA1, AA2, AA3, AA4).																								
<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : • DS+TP: 30% • Examen écrit final (Examen) : 70 %																								
<u>Acquis de Formation visés</u>	Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP). <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>x</td><td>x</td><td></td><td>x</td><td>x</td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12								x	x		x	x
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
							x	x		x	x														

<u>Références bibliographiques</u>	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i> [1] Alpaydin, <i>Introduction to Machine Learning</i> , MIT Press [2] Géron, <i>Hands-On Machine Learning</i> , O'Reilly [3] Bishop, <i>Pattern Recognition & ML</i> , Springer

Fiche Module Entrepreneuriat 1

Unité d'Enseignement (UE)	Unité transversale 4		Code UE	UET410	ECUE	Entrepreneuriat 1	Code ECUE	ECUET413
Filière	BioXplore		Département	GLSI		Option	....	
Type d'enseignement	C	10,5h	Régime	CC		x	Semestre	4
	TD	10,5h		Mixte				
	TP							
	Projet	11h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21h (1,5h/semaine) Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 11h				Coefficient		1
						Crédit ECTS		2
Responsable du Module				Enseignant(e)s Intervenant(e)s		....		
<u>Prérequis</u>		Connaissances basiques de culture générale sur l'entreprise et l'écosystème entrepreneurial						
<u>Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE</u>		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : ● AA1 : Identifier l'entreprise comme une entité structurée et analyser l'impact de son environnement micro et macro-économique ● AA2 : Maîtriser les concepts fondamentaux de l'entrepreneuriat et identifier les acteurs clés de l'écosystème entrepreneurial tunisien. ● AA3 : Évaluer ses propres aptitudes entrepreneuriales à travers la réalisation d'un bilan personnel critique. ● AA4 : Mobiliser des techniques de créativité et le travail d'équipe pour générer des idées de projet et distinguer une idée brute d'une réelle opportunité d'affaires à travers le schéma de validation de l'idée.						
<u>Contenu</u>		Ce cours comprend essentiellement 5 chapitres : Chapitre 1 : L'entreprise et son environnement AA principaux: AA1 - Définitions de l'entreprise - Les fonctions de l'entreprise - La classification des entreprises - L'environnement microéconomique - L'environnement macroéconomique Chapitre 2 : Notions clés de l'entrepreneuriat AA principaux: AA2						

118

	- Définition de l'entrepreneuriat - Rôles de l'entrepreneuriat dans le développement économique - Les différentes formes entrepreneuriales - Ecosystème entrepreneurial tunisien Chapitre 3 : Le profil de l'entrepreneur AA principaux: AA3 - Profil et caractéristiques entrepreneuriales - Le bilan personnel Chapitre 4 : L'idée de projet et la créativité AA principaux: AA4 - L'idée de projet et ses origines - Techniques de créativité - Différence entre une idée et une opportunité - La validation de l'idée
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	Présentiel - Approche par projet : amorce de la réflexion sur une idée de création. - Pédagogie active : discussions de groupe, analyse de l'écosystème local. - Apprentissage collaboratif : ateliers de créativité et co-construction des connaissances. - Accompagnement et encadrement par l'enseignant.
Techniques d'enseignement :	- Analyse systémique (AA1) : TD et études de cas sur l'organisation des entreprises. - Exploration (AA2) : Cartographie de l'écosystème tunisien et recherche documentaire. - Auto-évaluation (AA3) : Tests de profil, bilans de compétences et réflexions individuelles. - Idéation (AA4) : Ateliers de brainstorming, exercices de créativité et méthodes de validation d'idées
Méthodes d'évaluation	- Évaluation diagnostique : Évaluation des connaissances préalables sur le monde de l'entreprise et la figure de l'entrepreneur. - Évaluation formative informelle : Feedback continu lors des exercices en classe et des ateliers de créativité. - Évaluation formative formelle: ● Rendu et présentation orale du bilan personnel (AA3). ● Rendu et présentation orale du schéma de validation de l'idée de projet (AA4). Évaluation sommative : DS final écrit (AA1-AA2-AA3-AA4).

<u>Critères d'évaluation</u>	AA1 et AA2 : Précision des définitions, capacité à classer les entreprises et à identifier les acteurs de l'écosystème tunisien. AA3 : Profondeur de l'analyse réflexive dans le bilan personnel. AA4 : Originalité de l'idée, pertinence du passage de l'idée à l'opportunité, rigueur de la validation, implication, collaboration, respect des délais et qualité de la production collective.						
<u>Mesure d'évaluation</u>	Évaluation continue (Rendus et présentations orales) : 20% - Rendu 1 et présentation orale du bilan personnel : 40% - Rendu 2 et présentation orale du schéma de validation de l'idée de projet : 60% Évaluation finale : 80% Un devoir surveillé écrit						
<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : ● Evaluation continue 20 % (rendu 1 : 40% + rendu 2 : 60%) ● Evaluation finale : 80 %.						
<u>Acquis de Formation visés</u>	<table><tr><td>AFT 1</td><td>AFT 2</td><td>AFT 3</td></tr><tr><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr></table>	AFT 1	AFT 2	AFT 3	X	X	X
AFT 1	AFT 2	AFT 3					
X	X	X					
<u>Références bibliographiques</u>	- Drucker,P.F (1993) Management : tâches, responsabilités, pratiques. - Verstraete, T et Fayolle, A (2005) Entrepreneuriat : connaitre l'entrepreneur. - Fayolle, A (2022) Entrepreneuriat - Apprendre à entreprendre, Dunod. - Maître, F (2020) Pitch parfait - Convaincre en 5 minutes*, Vuibert. - Fillion, L. J. (2007). Le métier d'entrepreneur, Éditions de l'Entrepreneur (Profil et caractéristiques entrepreneuriales). - Robbins, S., DeCenzo, D., & Coulter, M. (2020). Management : L'essentiel des concepts et pratiques, Pearson. - De Bono, E. (2013). La Boîte à outils de la créativité, Dunod. - APII & BFPME (2024). Guides de l'investisseur et de l'entrepreneur.						

5

Fiches modules Semestre 5

Fiche Module de Métagénomique, Phylogénomique et Génomique des Populations

Unité d'Enseignement (UE)	Informatique 5		Code UE	UEF540	ECUE	Métagénomique, Phylogénomique des Populations		Code ECUE	ECUEF541 1
Filière	BioXplore		Département	Biotechnologie		Option		....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S5	
	TD	7h							
	TP	21h		Mixte		X			
	Projet	7h							
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21 h cours (1h30/semaine) ; 28h TD/TP (1h/semaine) Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7h (0h30/semaine)				Coefficient		1.5	
						Crédit ECTS		3	
Responsable du Module		Dr. Nabil Amor		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Dr. Nabil Amor Dr Oussema Souai Dr Emna Harigua Dr Alia Ben Kahla			
Prérequis		Bioinformatique 1 et 2, Génomique et biologie moléculaire, Statistiques appliquées à la biologie, Notions de programmation (R, Python), Intelligence Artificielle, Deep Learning							
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1.2 : Expliquer les interactions physiologiques et écologiques qui régulent le vivant. • AA2.1 : Analyser un problème afin de proposer une solution informatique. • AA2.2 • AA3.1 : Appliquer les règles d'échantillonnage pour collecter des données représentatives de populations. • AA3.2 : Décrire et Comparer les états de populations biologiques à partir d'échantillons représentatifs. • AA4.1 : Modélisation mathématique des systèmes biologiques • AA5.1 : Identifier et manipuler différents types de données biologiques (ADN, ARN, protéines, métagénomique). • AA5.2/AA6 • AA5.4 : Préparer et automatiser des pipelines bioinformatiques pour NGS et analyses multi-omiques. • AA7.1 : Analyser les processus biologiques à l'aide d'outils informatiques. • AA9.1 : Analyser la diversité, la structure et les interactions des microorganismes afin d'interpréter leur rôle biologique et environnemental.							
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres/thèmes/unités suivants : Chapitre 1 : Introduction générale • Concepts clés en métagénomique, phylogénomique et génomique des populations • Applications en biodiversité, santé et écologie • Organisation de la variation génétique Chapitre 2 : Métagénomique • Prétraitement des données NGS • Assemblage métagénomique							

122

	- Analyse taxonomique et fonctionnelle des microbiomes Chapitre 3 : Phylogénomique - Alignement multiple de séquences - Sélection de marqueurs génomiques - Construction et interprétation d'arbres phylogénétiques Chapitre 4 : Génomique des populations - Polymorphisme génétique (SNPs, microsatellites) - Structure des populations et flux de gènes - Analyses démographiques et évolutives - IA et sélection génétique Chapitre 5 : Étude de cas et projet - Analyse complète d'un jeu de données réel - Interprétation biologique et restitution scientifique Activités pratiques à l'institut Pasteur de Tunis: Workshop : Génomique Comparative, Phylogénie et phylogéographie : Fondements, Applications et Perspectives Day 1 : Séquençage : principes et apports des techniques de séquençage (Sanger et NGS) Les bases de la génomique comparative Alignement des séquences par différentes méthodes/ Contrôle qualité construction d'arbre Phylogénétique avec différentes méthodes : Interprétation et limites Day 2: Apport de la phylogénie pour la surveillance virologique 09h30-10h00 : Apport de la phylogéographie pour la surveillance virologique Présentation du package Beast et Beauti et préparation des données Introduction des données Construction d'arbre utilisant différentes simulations Estimation du taux d'évolution Identification des lignées et de l'ancêtre commun le plus proche dans le temps (MRCA). Interprétation et conclusion Discussion
<u>Méthodes d'enseignement et d'apprentissage</u>	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ <u>Approche pédagogique : Réflexive et participative</u> <u>Apprentissage par résolution de problèmes</u>

	<u>Apprentissage par projet</u> <u>Études de cas basées sur des données réelles</u>																								
<u>Techniques d'enseignement :</u>	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> <u>Cours interactifs</u> <u>Brainstorming</u> <u>Travail en groupes collaboratif</u> <u>Travaux pratiques sur ordinateur</u> <u>Simulations sur ordinateur</u> <u>Présentations Orales</u>																								
<u>Méthodes d'évaluation</u>	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> ● <u>Évaluation formative continue</u> ● <u>Évaluation sommative</u> ● <u>autoévaluation dans le cadre du projet</u> <u>Outils :</u> ● <u>Devoirs écrits/in silico</u> ● <u>Exposés oraux</u> ● <u>Étude de cas argumentée</u>																								
<u>Critères d'évaluation</u>	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> <u>Pertinence scientifique de l'analyse</u> <u>Maîtrise des outils bioinformatiques</u> <u>Qualité de l'interprétation biologique</u> <u>Clarté de la présentation écrite et orale</u> <u>Respect des consignes et du format scientifique</u>																								
<u>Mesure d'évaluation</u>	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. <u>Contrôle continu (CC) : 40 %</u> ● <u>TP / mini-projet : 40 %</u> <u>Examen final écrit : 60 %</u>																								
<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : Note finale = (Contrôle continu × 0,4) + (Examen final × 0,6)																								
<u>Acquis de Formation visés</u>	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP).</i> <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12						X	X	X	X			
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
					X	X	X	X																	

124

<u>Références bibliographiques</u>	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i> [1] Hasin, Y., Seldin, M., & Lusi, A. (2017). Multi-omics approaches to disease. <i>Genome Biology</i>.. [2] Nei, M., & Kumar, S. (2000). <i>Molecular Evolution and Phylogenetics</i>. Oxford University Press. [3] Excoffier, L., & Heckel, G. (2006). Computer programs for population genetics data analysis. <i>Nature Reviews Genetics</i>. [4] Bleidorn, C. (2017). <i>Phylogenomics</i>. Springer Cham
---	---

Fiche Module : Optimisation Statistique

Unité d'Enseignement (UE)	Optimisation et classification statistiques		Code UE	UEF510	ECUE	Optimisation statistique	Code ECUE	ECUEF511
Filière	Bioinformatique		Département	Biotechnologie		Option	....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S5
	TD	7h						
	TP	14h		Mixte				
	Projet	10h30				x		
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21 h (Cours) ; 14h (TD/TP) (1h30h cours/semaine) (1h30 TD/TP/semaine) Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (10h30) : 0h45/semaine (pour mini-projet)				Coefficient		1.5
						Crédit ECTS		3
Responsable du Module		Pr Nabil Semmar		Enseignant		Pr Nabil Semmar		
Prérequis		AA3						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA4 : Appliquer un plan d'optimisation pour déterminer des combinaisons appropriées de variables contrôlées (facteurs) permettant d'atteindre des états ciblés d'un système étudié avec un moindre coût et une meilleure précision						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres suivants : Chapitre 1. Méthodes de criblage et sélection de variables (2h) Chapitre 2. Plans factoriels complets (2.5h) Chapitre 3. Plans Composites (1 .5h) Chapitre 4. Plans de Box-Behnken (1.5h) Chapitre 5. Plans de Doehlert (1.5 h) Chapitre 6. Plans de mélanges (2h) Chapitre 7. Optimisation sous contraintes (3h)						
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage		Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ Méthode expositive Méthode démonstrative Méthode interrogative Apprentissage par applications sur ordinateur Apprentissage par résolution de problèmes						

<u>Techniques d'enseignement :</u>	Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage. Collecte et analyse de données, Utilisation de logiciels statistiques (Excel, R), Travail en groupe collaboratif, Discussion dirigée ou débat																								
<u>Méthodes d'évaluation</u>	La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment". Évaluation diagnostique Évaluation formative Évaluation sommative Autoévaluation Observation directe, questionnaire																								
<u>Critères d'évaluation</u>	Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA. Présence et posture Interaction en salle Gestion de temps Pertinence des réponses Degré de participations																								
<u>Mesure d'évaluation</u>	La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences. Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. • Tests oraux hebdomadaires de compréhension : 40% (cumulés) • Présentation des résultats de mini-projet : 30% • Test à mi-parcours : Test écrit (AA4) : 30% (semaine 10) • Examen final : Epreuve écrite (AA4)																								
<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : Note (/20) = 0.35 CC + 0.65 Examen final • CC = (Tests oraux de compréhension + Test écrit à mi-parcours) : 35% • Examen écrit final (Examen) : 65 %.																								
<u>Acquis de Formation visés</u>	Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP). <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>x</td><td>x</td><td></td><td></td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12				x	x			x				
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
			x	x			x																		

<u>Références bibliographiques</u>	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i> [1] Semmar N., 2013. <i>Native Statistics for Natural Sciences</i>. Nova Science Publishers, New York, 515p. (ISBN: 978-1-62417-956-3) [2] Eriksson L. et al. 2008. <i>Design of Experiments. Principle and Applications</i>. Umetrics Academy, Sweeden, 459p

Fiche Module : Analyse topologique et Classification statistique

Unité d'Enseignement (UE)	Optimisation et classification statistiques		Code UE	UEF510	ECUE	Analyse topologique et classification statistique	Code ECUE	ECUEF512
Filière	Bioinformatique		Département	Biotechnologie		Option	....	
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S5
	TD	7h		Mixte		X		
	TP	7h						
	Projet	7h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21h (Cours) ; 14h (TD/TP) (1h30 cours/semaine) (1h TD/TP/semaine) Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (7h) : 0h30/semaine (pour mini-projet)				Coefficient	1.5	
						Crédit ECTS	3	
Responsable du Module		Pr Nabil Semmar			Enseignant	Pr Nabil Semmar		
Prérequis		AA3						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : AA5 : Savoir décomposer et structurer un grand tableau de données pour identifier des tendances, établir des classes et reconnaître des profils						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres suivants : Chapitre 1. Analyse en composantes principales Chapitre 2. Analyse des correspondances Chapitre 3. Analyse de classification hiérarchique Chapitre 4. Analyse discriminante						
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage		Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ Méthode expositive Méthode démonstrative Méthode interrogative Apprentissage par applications sur ordinateur Apprentissage par résolution de problèmes Apprentissage par projet						
Techniques d'enseignement :		Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage. Collecte et analyse de données, Utilisation de logiciels statistiques (Excel, R) Travail en groupe collaboratif, Discussion dirigée ou débat						
Méthodes d'évaluation		La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment". Évaluation diagnostique Évaluation formative Évaluation sommative						

	Autoévaluation Observation directe, questionnaire																								
Critères d'évaluation	Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA. Présence et posture Interaction en salle Gestion de temps Pertinence des réponses Degré de participations																								
Mesure d'évaluation	La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences. Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. • Tests oraux hebdomadaires de compréhension : 40% (cumulés) • Présentation des résultats de mini-projet : 30% • Test à mi-parcours : Test écrit (AA5) : 30% (semaine 10) • Examen final : Epreuve écrite (AA5)																								
Critère d'attribution de la note finale	Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : Note (/20) = 0.35 CC + 0.65 Examen final • CC = (Tests oraux de compréhension + Mini-projet + Test écrit à mi-parcours) : 35% • Examen écrit final (Examen) : 65 %.																								
Acquis de Formation visés	Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP). <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12					x							
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
				x																					
Références bibliographiques	[1] Semmar N., 2011. Computational Metabolomics. Nova Science Publishers, New York, 238p. (ISBN: 978-1-61761-608-2) [2] Seber, G.A.F. 1984. Multivariate Observations. Willey, New York, 686p.																								

Fiche Module de Virologie

Unité d'Enseignement (UE)	Virologie et bactériologie		Code UE	UEF520	ECUE	Virologie	Code ECUE	ECUEF521
Filière	Bioinformatique		Département	....		Option	....	
Type d'enseignement	C	14h	Régime	CC			Semestre	S5
	TD	7h		Mixte		X		
	TP	7h						
	Projet	7h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 14h cours (1h/semaine) 14 TP/TD (1h/semaine) Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7 h (0h30/semaine)				Coefficient	1.5	
						Crédit ECTS	3	
Responsable du Module		Dorra REZIG		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Dorra REZIG		
Prérequis		Bases de la virologie (structure, classification, multiplication, pathogénèse des virus) - Biologie cellulaire- Biologie moléculaire						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 : identifier et expliquer, à partir d'exemples réels, les principaux modes de transmission des virus, et d'en déduire les implications en matière de prévention. • AA2 : définir et appliquer les concepts fondamentaux de l'épidémiologie virale pour analyser des scénarios épidémiologiques simples. • AA3 : Connaître les spécificités des arbovirus (Définir un arbovirus et son cycle de transmission, Identifier les principales familles virales concernées, comparer méthodes de surveillance classiques/nouvelles technologies). • AA4 : expliquer les mécanismes impliqués dans l'émergence et la ré-émergence des maladies virales, et interpréter leurs principales caractéristiques épidémiologiques à partir de données ou d'exemples documentés. • AA5 : Décrire et interpréter les stratégies de lutte contre les émergences et ré-émergences virales (surveillance épidémiologique, coopération internationale, expertise virologique et réponses adaptées). • AA6 : Réaliser des tests virologiques de base et analyser leurs résultats → A la fin du module, l'étudiant sera capable de comprendre, d'analyser et d'intervenir dans la gestion des maladies virales, en intégrant les dimensions biologique, épidémiologique et de santé publique .						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres suivants : Chapitre 1 : MindMap : Généralités sur les virus Chapitre 2 : Transmission et épidémiologie virales Chapitre 3 : Virus transmis par les arthropodes Chapitre 4 : Emergences et ré-émergences des maladies virales Chapitre 5 : Perspectives de lutte contre les émergences et les ré-émergences virales Les travaux pratiques et dirigés associés à ce cours comprennent les thèmes suivants : 1. Les bactériophages : notion de conversion lysogène (AA1, AA2) 2. Les tests ELISA en virologie (AA6) 3. Le diagnostic des infections virales (AA6)						

131

	4. Analyse d'articles sur la thématique des arboviroses (AA3, AA4, AA5)
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ • Cours magistral interactif • Fiches conceptuelles et cartes mentales • Travaux pratiques d'analyse de données (Calcul d'indicateurs, Interprétation de tableaux et figures scientifiques) • Apprentissage collaborative (Travail en sous-groupes : analyse d'articles, synthèse, exposés) • Lectures dirigées / analyse critique d'articles • Débats structures • Mini-projets ou micro-recherches • Apprentissage par problèmes
Techniques d'enseignement :	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> Discussion dirigée ou débat (AA1, AA4, AA5) Travail en groupe collaboratif (AA3), Présentation orale (AA1, AA2, AA6) Travail en binôme ou en petits groupes en classe (AA4)
Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> Évaluation formative (en cours d'apprentissage, pour s'améliorer) • QCM/QROC • Présentation orale (mini-projet) • Rapport court d'analyse • Devoir écrit • Exposé oral
Critères d'évaluation	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> Pour tous les AAP Maîtrise des concepts viraux Intégration des connaissances Synthèse des notions Clarté de l'argumentation Respect des consignes Orthographe et grammaire Maîtrise du vocabulaire spécifique Respect du format Gestion du temps Pertinence des exemples
Mesure d'évaluation	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i>

	Tests écrits (AA1, AA2), QCM/QROC, 10% Présentation orale (AA3, AA4, AA5), travail de groupe, 10% Travaux pratiques (compte-rendu) (AA6), TP, 10% Examen écrit final (AA2 à AA5), questions de synthèse, 70%																																			
<u>Critère d’attribution de la note finale</u>	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : ● Contrôle continu : 30 % (Tests écrits 10%, Présentation orale 10%, TP 10%) ● Examen écrit final (Examen) : 70 %.																																			
<u>Acquis de Formation visés</u>	<i>Cet ECUE contribue principalement à l’atteinte d’un ou de plusieurs Acquis d’Apprentissage visés par le programme (AAP).</i> <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>												AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12	X											
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12																									
X																																				
<u>Références bibliographiques</u>	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i> 1. Flint S.J., Enquist L.W., Racaniello V.R., Skalka A.M. <i>Principles of Virology</i> (5th Edition). ASM Press, 2023. 2. Knipe D.M., Howley P.M. (eds.) <i>Fields Virology</i> (8th Edition). Wolters Kluwer, 2025. 3. Morse S.S. et al. <i>Emerging Viruses</i>. Oxford University Press, 2019.																																			

Fiche Module de *Bactériologie*

Unité d'Enseignement (UE)	Virologie et bactériologie		Code UE	UEF510	ECUE	Bactériologie	Code ECUE	ECUEF512
Filière	Bioinformatique		Département	Biotechnologies		Option	....	
Type d'enseignement	C	14h	Régime	CC			Semestre	S5
	TD	7h		Mixte		X		
	TP	7h						
	Projet	7h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 14h cours (1h30/semaine) 14h TP/TD (1h30/semaine) Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7 h (0h30/semaine)			Coefficient	1,5		
					Crédit ECTS	3		
Responsable du Module		Haythem GHARSA		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Haythem GHARSA		
Prérequis		Indiquer les prérequis nécessaires à cet ECUE : • Biologie cellulaire et moléculaire : connaissances sur la structure et le fonctionnement des cellules bactériennes et l'organisation des génomes. • Génétique bactérienne et principes de l'évolution : notions de gènes, mutation, transfert horizontal de gènes et adaptation. • Bioinformatique de base : familiarité avec les séquences d'ADN/ARN, alignements, bases de données biologiques et outils de comparaison de séquences. • Notions de microbiologie générale : compréhension des méthodes classiques de culture, identification et dénombrement des microorganismes.						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 : Identifier et décrire la diversité bactérienne et l'organisation des génomes pour comprendre les bases biologiques des analyses bioinformatiques. • AA2 : Expliquer et différencier les principales technologies de séquençage et le type de données produites, afin de préparer leur exploitation en bioinformatique. • AA3: Appliquer et analyser les étapes d'assemblage et d'annotation d'un génome bactérien à partir de données de séquençage. • AA4 : Analyser et interpréter les relations phylogénétiques et clonales entre souches bactériennes à l'aide de marqueurs moléculaires et d'outils bioinformatiques. • AA5 : Identifier, comparer et interpréter les déterminants génétiques de la résistance et de la virulence dans un contexte d'évolution adaptative et de pression environnementale. • AA6 : Analyser et interpréter la structure et la fonction des communautés bactériennes à partir de données métagénomiques et en déduire des conclusions écologiques et fonctionnelles.						
Contenu		Chapitre 1 : Diversité bactérienne et fondements génomiques • Diversité bactérienne et classification moderne • Structure cellulaire et organisation génomique des bactéries • Architecture des génomes bactériens : chromosomes et plasmides • Pan-génome et variations génétiques au sein des populations bactériennes • Principes de l'adaptation et de l'évolution bactérienne Chapitre 2 : Technologies de séquençage et gestion des données génomiques						

134

	• Principes du séquençage de l'ADN bactérien • Séquençage du génome entier (WGS) • Formats de séquençage : distinction entre lectures courtes et lectures longues • Contrôle de qualité et prétraitement des données génomiques • Bases de données génomiques publiques et ressources en ligne Chapitre 3 : Assemblage et annotation des génomes bactériens • Principes de l'assemblage des génomes bactériens • Évaluation et validation des assemblages génomiques • Annotation structurale et fonctionnelle des gènes • Identification des éléments génétiques mobiles • Exploration et analyse du contenu génomique Chapitre 4 : Typage moléculaire, clonalité et phylogénie bactérienne • Gènes de ménage et marqueurs moléculaires • Typage multilocus et analyse des relations clonales • Phylogénie moléculaire des bactéries • Construction et interprétation des arbres phylogénétiques • Corrélations entre phylogénie, épidémiologie et évolution bactérienne Chapitre 5 : Résistome, virulome et évolution adaptative des bactéries • Gènes de résistance aux antibiotiques • Résistome et virulome bactérien • Facteurs de virulence et mécanismes associés • Transfert horizontal de gènes et mobilité génétique • Co-sélection entre résistance aux antibiotiques et exposition aux métaux lourds Chapitre 6 : Métagénomique et écologie des communautés bactériennes • Approches métagénomiques : amplicon et shotgun • Analyse de la diversité bactérienne au sein des communautés • Étude du résistome et du virulome communautaires • Interactions microbiennes et dynamique évolutive • Applications en santé et en environnement
<u>Méthodes d'enseignement et d'apprentissage</u>	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel X A distance ☐ Mixte ☐ Exemples : Apprentissage par résolution de problèmes Apprentissage par projet Pédagogie inversée ... 135
<u>Techniques d'enseignement :</u>	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> Travail en groupe collaboratif (AA6),

	Recherche documentaire (AA4), Discussion dirigée ou débat (AA3, AA4) Travail en binôme ou en petits groupes en classe (AA5)																								
Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> Évaluation diagnostique (avant l'apprentissage, pour connaître le niveau initial) Évaluation formative (en cours d'apprentissage, pour s'améliorer) Évaluation sommative (en fin de séquence, pour valider les acquis) Autoévaluation (par l'étudiant lui-même) Co évaluation (entre pairs) Observation directe, questionnaire, exposé oral, production écrite, etc.																								
Critères d'évaluation	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> Exemples de critères : Clarté de l'argumentation Respect des consignes Pertinence des exemples Orthographe et grammaire Maîtrise du vocabulaire spécifique Respect du format Gestion du temps Présence et posture, ... 																								
Mesure d'évaluation	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. Exemple : ● Tests à mi-parcours (entre semaines 6 et 8) : - Test 1 : Présentation projet (AA1) : 50% - Test 2 : Test écrit (AA2) : 50% ● Examen final : Epreuve écrite (AA3 : 50%, AA4 : 25%, AA5 : 25%)																								
Critère d'attribution de la note finale	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> Exemple : La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : ● Tests écrits à mi-parcours (D.S) : 20 % (test 1 : 50% + test 2 : 50%) ● Examen écrit final (Examen) : 80 %.																								
Acquis de Formation visés	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP).</i> <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12	X											
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
X																									

Références bibliographiques	Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE. [1] Durand, K., Ogier, J. C. & Nam, K. (2025). The evaluation of shotgun sequencing and rpoB metabarcoding for taxonomic profiling of bacterial communities. BMC Microbiology, 25, 413. [2] Gillet, L., Perreau, C., Bruhl, L., et al. (2025). Assessment of target-enrichment library preparation and next-generation sequencing of paraffin-embedded gastric biopsies for <i>H. pylori</i> diagnosis and evaluation of virulome and resistome. Scientific Reports, 15, 39811. [3] Mather, A. E., Gilmour, M. W., Reid, S. W. J., et al. (2024). Foodborne bacterial pathogens: genome-based approaches for enduring and emerging threats in a complex and changing world. Nature Reviews Microbiology, 22, 543–555. [4] A systematic review and meta-analysis on antibiotic resistance genes in Ghana (2025). BMC Medical Genomics, 18, 47. [5] Profiling the resistome and virulome of <i>Bacillus</i> strains used for probiotic-based sanitation: a multicenter WGS analysis (2025). BMC Genomics, 26, 11582-1. [6] Sajib, M. S. I., Oravcova, K., Brunner, K., et al. (2025). MultiSeq-AMR: a modular amplicon-sequencing workflow for rapid detection of bloodstream infection and antimicrobial resistance markers. Microbial Genomics, 11(4).

Fiche Module d'Immunologie

Unité d'Enseignement (UE)	Immunologie et éthique des données		Code UE	UEF530	ECUE	Immunologie	Code ECUE	ECUEF531
Filière	BioXplore		Département	BT		Option		....
Type d'enseignement	C	21h	Régime	CC			Semestre	S5
	TD	7h		Mixte		X		
	TP							
	Projet	7h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21h cours 7h TD Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7 h (0h30/semaine)				Coefficient	1.5	
						Crédit ECTS	3	
Responsable du Module		Khadija BAHIRINI		Enseignant(e)s Intervenant(e)s				
Prérequis		Biologie cellulaire- Biologie moléculaire						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • Expliquer l'activation des lymphocytes T et l'initiation de l'immunité adaptative. • Décrire les cellules NKT, ILCs et mécanismes effecteurs anticorps-dépendants. • Explique la différenciation Th17 et le rôle des cytokines associées. • Analyser les mécanismes de tolérance immunitaire et de régulation. • Comparer les réponses immunitaires anti-infectieuses et anti tumorales.						
Contenu		Chapitre 1 : Introduction à l'Immunologie et Immunité adaptative Chapitre 2 : Cellules et molécules effectrices de l'immunité Chapitre 3 : Les lymphocytes Th17 et cytokines associées Chapitre 4 : Régulation des réponses immunes et tolérance Chapitre 5 : Réponses anti-infectieuses et anti-tumorales						
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage		Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage Présentiel X A distance ☐ Mixte ☐ ✓ Exposé magistral interactif ✓ Travaux dirigés (TD) de discussion des cas cliniques ✓ Séances en petits groupes pour analyses d'articles scientifiques						

138

	✓ Séances de QCM formatifs réguliers																								
<u>Techniques d'enseignement :</u>	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> ✓ Présentations multimédias (diaporamas enrichis) ✓ Simulations d'expériences immunologiques de base ✓ Analyse de figures d'articles de recherche récents ✓ Discussions dirigées en classe																								
<u>Méthodes d'évaluation</u>	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> Évaluation formative (en cours d'apprentissage, pour s'améliorer) ● QCM/QROC ● Présentation orale (mini-projet) ● Rapport court d'analyse ● Devoir écrit ● Exposé oral																								
<u>Critères d'évaluation</u>	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> <u>Pour tous les AAP</u> ✓ Exactitude scientifique des réponses ✓ Capacité d'analyse et de synthèse ✓ Maîtrise du vocabulaire immunologique ✓ Qualité de l'argumentation dans les cas cliniques																								
<u>Mesure d'évaluation</u>	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Tests écrits 10% Présentation orale, travail de groupe, 10% Travaux pratiques (compte-rendu), TP, 10% Examen écrit final (AA2 à AA5), questions de synthèse, 70%																								
<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : ● Contrôle continu : 30 % ● Examen écrit final (Examen) : 70 %.																								
<u>Acquis de Formation visés</u>	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP).</i> <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12	X											
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
X																									

139

<u>Références bibliographiques</u>	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i> • Abbas AK, Lichtman AH, Pillai S. <i>Cellular and Molecular Immunology</i>. 11e éd. • Janeway's <i>Immunobiology</i>. 9e éd., Murphy, Travers, Walport.
--	--

Fiche Module de Sécurité & Éthique des Données Biologiques

Unité d'Enseignement (UE)	Immunologie et éthique des données		Code UE	UEF530	ECUE	Sécurité & Éthique des Biologiques	Code ECUE	ECUEF532
Filière	BioXplore		Département	Biotechnologie		Option		....
Type d'enseignement	C	14h	Régime	CC			Semestre	S5
	TD	14h						
	TP			Mixte		X		
	Projet							
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 14h cours (1h/semaine) ; 14h TD (1h/semaine)				Coefficient		1.5
						Crédit ECTS		3
Responsable du Module		Dr. Nabil Amor		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Dr. Nabil Amor Dr Oussema Souai Dr Emna Harigua Dr Alia Ben Kahla		
Prérequis		Notions de base en biologie et bioinformatique, Connaissances élémentaires en informatique et gestion de données						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1.1 : Décrire les structures et fonctions des molécules, cellules et organes. • AA5.1 : Identifier et manipuler différents types de données biologiques (ADN, ARN, protéines, métagénomique). • AA5.2/AA6						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres/thèmes/unités suivants : Chapitre 1 : Introduction à l'éthique des sciences du vivant • Fondements de l'éthique et de la bioéthique • Responsabilité du scientifique • Cas historiques et contemporains Chapitre 2 : Données biologiques et données sensibles • Données génomiques, médicales et environnementales • Notion de consentement éclairé • Anonymisation et pseudonymisation Chapitre 3 : Sécurité des données biologiques • Risques liés au stockage et au partage des données • Bonnes pratiques de cybersécurité • Sauvegarde, contrôle d'accès et traçabilité Chapitre 4 : Cadres réglementaires et juridiques • Réglementations internationales (déclarations internationales) • Propriété intellectuelle et droits des données • Partage des données et science ouverte Chapitre 5 : Études de cas et dilemmes éthiques • Études de cas en génomique humaine et environnementale • Discussion de dilemmes éthiques						

141

	Bonnes pratiques professionnelles
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ Approche pédagogique : Réflexive et participative <u>Apprentissage par études de cas</u> <u>Discussions dirigées et débats éthiques</u> <u>Analyse de documents réglementaires</u>
Techniques d'enseignement :	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> <u>Cours interactifs</u> <u>Analyse critique de situations réelles</u> <u>Travail en groupes</u> <u>Présentations Orales</u>
Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> <u>Évaluation formative continue</u> <u>Évaluation sommative</u> Outils : <u>Devoirs écrits</u> <u>Exposés oraux</u> <u>Étude de cas argumentée</u>
Critères d'évaluation	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> <u>Compréhension des enjeux éthiques et juridiques</u> <u>Qualité de l'argumentation</u> <u>Respect des cadres réglementaires</u> <u>Clarté et rigueur de l'analyse</u>
Mesure d'évaluation	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. <u>Contrôle continu (CC) : 40 %</u> <u>TP / mini-projet : 40 %</u> <u>Examen final écrit : 60 %</u>
Critère d'attribution de la note finale	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : Note finale = (Contrôle continu × 0,4) + (Examen final × 0,6)

<u>Acquis de Formation visés</u>	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP).</i>											
	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12
	X									X		
<u>Références bibliographiques</u>	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i> [1] Tavani, H. T. (Ed.). (2006). <i>Ethics, computing, and genomics</i> . Jones and Bartlett Publishers. [2] Boddington P. (2012) <i>Ethical Challenges in Genomics Research A Guide to Understanding Ethics in Context</i>											

IA Avancée

Unité d'Enseignement (UE)	Informatique 5		Code UE	UE0540	ECUE	IA avancée	Code ECUE	ECUE0542
Filière	BioXplore		Département	GLSI		Option		
Type d'enseignement	C	14h	Régime	CC			Semestre	S5
	TD	7h						
	TP	7h		Mixte		X		
	Projet	7h						
Volume horaire total		Présentiel : 14h (1h C/semaine et 2h TP/TD quinzaine par demi-groupe)				Coefficient	1	
(Vol par semaine)		Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7h				Crédit ECTS	2	
Responsable du Module		Sahbi Bahroun		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Sahbi Bahroun		
Prérequis		Mathématiques pour IA, Machine Learning, Python						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		À l'issue de cet ECUE, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 : Expliquer les principes du deep learning et le rôle des modèles de fondation. • AA2 : Analyser les architectures neuronales avancées (CNN, RNN, Transformers). • AA3 : Utiliser des modèles pré-entraînés (LLM, Vision-Language) pour résoudre des problèmes complexes. • AA4 : Adapter des modèles de fondation (Transfer Learning, Fine-tuning). • AA5 : Mettre en œuvre des pipelines d'IA générative (Texte, Image). • AA6 : Évaluer les performances et les enjeux éthiques des systèmes d'IA avancée.						
Contenu		Unité 1 : Vision par Ordinateur et Architectures Profondes Objectif : Maîtriser les réseaux de neurones profonds pour le traitement d'images et la perception. AA Correspondants : AA1, AA2 • Chapitre 1 : Fondements du Deep Learning et des modèles de fondation ○ <i>Contenu</i> : Rappel sur les réseaux de neurones profonds (DNN) ; Backpropagation. Émergence du paradigme "Pre-training + Fine-tuning" ; Généralisation à grande échelle. • Chapitre 2 : Vision par ordinateur et modèles visuels avancés ○ <i>Contenu</i> : Réseaux Convolutionnels (CNN) modernes (ResNet, EfficientNet) ; Modèles pré-entraînés comme briques de base (Backbones). • Chapitre 3 : Détection, segmentation et perception multimodale ○ <i>Contenu</i> : Architectures de détection d'objets (YOLO) et de segmentation (U-Net). Intégration dans des systèmes de perception intelligente. Description des TPs de l'Unité 1 : ○ TP 1 : Deep Learning & Transfer Learning (Vision) ▪ <i>Outils</i> : PyTorch ou TensorFlow. ▪ <i>Tâche</i> : Charger un modèle CNN pré-entraîné (ex: ResNet50 sur ImageNet). Utiliser le Transfer Learning (gel des couches basses) pour classifier un dataset spécifique (ex: imagerie médicale ou botanique). ○ TP 2 : Détection et Segmentation ▪ <i>Outils</i> : YOLOv8, bibliothèques de segmentation. ▪ <i>Tâche</i> : Implémentation d'un pipeline de détection d'objets en temps réel ou de segmentation d'images. Annotation de données et évaluation des métriques (IoU, mAP).						

	Unité 2 : Modèles Séquentiels et Langage (NLP) Objectif : Comprendre le traitement du langage naturel et l'architecture Transformer. AA Correspondants : AA2, AA3, AA4 • Chapitre 4 : Modélisation séquentielle et modèles de langage (LLM) ○ <i>Contenu :</i> Limites des RNN/LSTMs ; Le mécanisme d'Attention (Self-Attention) Architecture Transformer (Encoder-only, Decoder-only) ; Fondements des LLM (GPT, BERT, Llama). Description des TPs de l'Unité 2 : ○ TP 3 : Manipulation de LLMs (Hugging Face) ▪ <i>Outils :</i> Transformers (Hugging Face), LangChain. ▪ <i>Tâche :</i> Chargement et inférence avec des modèles open-source (ex: BERT pour la classification, GPT-2/Llama pour la génération). Comparaison des tokenizers et analyse des mécanismes d'attention. ○ TP 4 : Adaptation de Modèles (Fine-Tuning) ▪ <i>Technique :</i> Parameter-Efficient Fine-Tuning (PEFT/LoRA). ▪ <i>Tâche :</i> Adapter un petit LLM sur un corpus de texte spécialisé (ex: résumés d'articles scientifiques) sans réentraîner tout le modèle. Évaluation de la qualité du texte généré (Perplexité, BLEU/ROUGE). Unité 3 : IA Multimodale et Générative Objectif : Fusionner les modalités (Texte/Image) et générer du contenu. AA Correspondants : AA3, AA5, AA6 • Chapitre 5 : Architectures Transformer unificatrices et Vision–Language ○ <i>Contenu :</i> Modèles Encodeur-Décodeur (T5, Bart) ; Modèles Vision-Language (CLIP, BLIP) ; Principes de la génération d'images (Diffusion Models) ; Enjeux éthiques (Biais, Hallucinations). Description du TP de l'Unité 3 : ○ TP 5 : Pipeline d'IA Générative Multimodale ▪ <i>Sujet :</i> Création d'une application "Image-to-Text-to-Image". ▪ <i>Flux :</i> 1. Utiliser un modèle VLM (type BLIP) pour générer une légende descriptive d'une image donnée. 2. Modifier ou enrichir cette légende via un LLM. 3. Utiliser un modèle de diffusion (Stable Diffusion) pour générer une nouvelle image basée sur la nouvelle légende. ▪ <i>Analyse :</i> Critique des résultats et discussion sur les biais observés. Travail à rendre : Les étudiants devront choisir une problématique métier dans le domaine de la biologie, sélectionner un modèle de fondation adapté, l'implémenter et rédiger un rapport technique analysant ses performances et ses limites.
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ • Cours magistraux. • Travaux pratiques. • Apprentissage par projet • Apprentissage par les pairs
Techniques d'enseignement :	Les techniques d'enseignement mobilisées sont choisies de manière à favoriser l'atteinte progressive des acquis d'apprentissage visés • Cours interactifs avec Q/R • TP guidés en laboratoire • Exercices de codage progressifs • Debugging collaboratif (analyser les erreurs des autres) • Projets individuels sur machine
Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> Contrôle continu

	Évaluations intermédiaires portant sur la compréhension des concepts fondamentaux et des architectures d'IA avancée. Travaux pratiques notés Évaluation de la capacité à mettre en œuvre et adapter des modèles de deep learning, notamment des modèles de fondation (LLM, Vision–Language Models). Projet appliqué Réalisation d'un mini-projet ou d'un projet final mobilisant des techniques d'IA avancée et d'IA générative, incluant l'analyse des performances et des limites du modèle. Examen final preuve écrite ou orale visant à évaluer la maîtrise théorique, la capacité d'analyse et la compréhension des enjeux liés aux systèmes d'IA avancée.											
<u>Critères d'évaluation</u>	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> • Compréhension théorique : Architecture Transformer, Attention, Backprop (AA1, AA2) • Maîtrise technique : Utilisation correcte des APIs, gestion des tenseurs (AA3) • Capacité d'adaptation : Stratégie de Fine-tuning, choix des hyperparamètres (AA4) • Créativité et Implémentation : Fonctionnement du pipeline génératif (AA5) • Analyse critique : Évaluation des métriques, identification des biais éthiques (AA6)											
<u>Mesure d'évaluation</u>	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. • Devoir Surveillé (DS) : Épreuve écrite sur les fondements du Deep Learning, les CNN et la théorie des Transformers (AA1, AA2). • Examen final : Épreuve globale couvrant les LLMs, l'IA Multimodale et l'analyse du Projet rendu (AA3, AA4, AA5, AA6).											
<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : • DS+TP : 30% • Examen écrit final (Examen) : 70 %											
<u>Acquis de Formation visés</u>	Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage											
	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12
								x	x		x	
visés par le programme (AAP).												

Références bibliographiques	<i>Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE.</i> [1] Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). <i>Deep Learning</i>. MIT Press. [2] Chollet, F. (2017). <i>Deep Learning with Python</i>. Manning Publications. [3] LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). <i>Deep Learning</i>. <i>Nature</i>, 521, 436–444. [4] Raschka, S., & Mirjalili, V. (2019). <i>Python Machine Learning, 3rd Edition</i>. Packt Publishing. [5] Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2023). <i>Speech and Language Processing, 3rd Edition</i>. Pearson. [6] Huang, G., Liu, Z., Van Der Maaten, L., & Weinberger, K. Q. (2017). <i>Densely Connected Convolutional Networks (DenseNet)</i>. Springer. [7] Vaswani, A., et al. (2017). <i>Attention is All You Need</i>. NIPS.
--	--

Mini-Projet : Application de l'IA pour la biologie

Unité d'Enseignement (UE)	Informatique 5		Code UE	UEF540	ECUE	Mini-Projet : Application de l'IA pour la biologie		Code ECUE	ECUEF543
Filière	BioXplore		Département	GLSI		Option			
Type d'enseignement	C		Régime	CC		X	Semestre	S5	
	TD	10,5h							
	TP								
	Projet	10,5h		Mixte					
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 10,5h (1,5h TD par quinzaine) Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 10,5h				Coefficient		1	
						Crédit ECTS		2	
Responsable du Module		Sahbi Bahroun		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Sahbi Bahroun			
Prérequis		Python (Initiation & Avancé), Machine Learning, IA Avancée, connaissances fondamentales en biologie cellulaire ou génétique.							
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : ● AA1 : Traduire une problématique biologique (diagnostic, classification, prédiction) en un problème de Data Science. ● AA2 : Nettoyer et explorer un jeu de données biologique réel en autonomie. ● AA3 : Prototyper une solution d'IA fonctionnelle (modèle entraîné) répondant à la problématique. ● AA4 : Présenter et vulgariser des résultats techniques devant un public mixte (biologistes/informaticiens).							
Contenu		Ce module est entièrement consacré à la réalisation d'un projet par binôme ou trinôme. Il n'y a pas de cours théorique, mais des séances de coaching technique. Phase 1 : Cadrage et Définition du Sujet Objectif : Choisir un sujet réalisable et définir le périmètre (Scope). ● Activités : ○ Présentation d'une liste de sujets types (ex: "Classification d'images de cellules sanguines", "Prédiction de la structure secondaire d'une protéine", "Clustering de patients selon l'expression génique"). ○ Possibilité pour les étudiants de proposer leur propre sujet (validation par l'enseignant). ○ Définition des objectifs techniques (Quel type d'IA ? Quelle métrique de succès ?). ○ Recherche bibliographique rapide. Phase 2 : Acquisition et Préparation des Données (Data Engineering) Objectif : Obtenir un dataset propre et exploitable. ● Activités : ○ Recherche de données sur les dépôts publics (NCBI, Kaggle, UCI Machine Learning, Protein Data Bank). ○ Nettoyage des données (gestion des valeurs manquantes, normalisation). ○ Feature Engineering (extraction de caractéristiques pertinentes pour la biologie) ○ Visualisation exploratoire pour valider la qualité des données.							

	Phase 3 : Modélisation et Développement (IA Core) Objectif : Entraîner et optimiser l'intelligence artificielle. • Activités : ○ Sélection de l'algorithme (Machine Learning classique ou Deep Learning) adapté au volume de données. ○ Entraînement des modèles (Training loop). ○ Optimisation des hyperparamètres (GridSearch/Fine-tuning). ○ Validation croisée pour éviter le surapprentissage. Phase 4 : Analyse, Interprétation et Restitution Objectif : Donner du sens biologique aux résultats et livrer le projet. • Activités : ○ Analyse des erreurs (Pourquoi le modèle se trompe-t-il sur cet échantillon ?). ○ Interprétation biologique (Quels biomarqueurs l'IA a-t-elle identifiés ?). ○ Création d'une interface minimale (Notebook propre ou petite app Streamlit) pour la démo. ○ Préparation de la soutenance.
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ • Apprentissage par projet • Apprentissage par résolution de problèmes • Travail de groupe en autonomie assistée
Techniques d'enseignement :	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> • Pair programming • Debugging collaboratif (analyser les erreurs des autres) • Brainstorming
Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> Diagnostic Validation de la faisabilité du sujet lors de la séance 1 Formative Feedback continu de l'enseignant lors des tours de table (Code review) Sommative Soutenance orale + Code/Livable numérique Exposé oral

<u>Critères d'évaluation</u>	Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA. ● Méthodologie Data : Qualité du nettoyage, séparation Train/Test rigoureuse (AA2) ● Pertinence de l'IA : Le modèle choisi répond-il au problème ? (AA1, AA3) ● Résultats techniques : Performance du modèle, absence de bugs majeurs (AA3) ● Interprétation Biologique : Capacité à relier le score IA à la réalité biologique (AA4) ● Qualité de la restitution : Clarté de la présentation et du support visuel (AA4)																								
<u>Mesure d'évaluation</u>	La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences. Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. ● Contrôle Continu : Note d'avancement et d'implication donnée par l'enseignant au fil des séances (Sérieux, autonomie, qualité du code étape par étape) ● Soutenance Finale : Présentation orale (Demo + Slides)																								
<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : ● Note 1: 20% ● Note 2 : 80 %																								
<u>Acquis de Formation visés</u>	Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP). <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>x</td><td></td><td>x</td><td>x</td><td></td><td>x</td><td>x</td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12						x		x	x		x	x
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
					x		x	x		x	x														
<u>Références bibliographiques</u>	[1] Deep Learning for the Life Sciences de Bharath Ramsundar et al. (O'Reilly, 2019) [2] Machine Learning in Biotechnology and Life Sciences de Saleh Alkhalaf (Crc Press, 2022) [3] Bioinformatics with Python Cookbook de Tiago Antao (3e édition, 2022)																								

Fiche Module Excel pour l'analyse de données biologiques

Unité d'Enseignement (UE)	Unité transversale 1		Code UE	UET110	ECUE	Excel pour l'analyse de données biologiques	Code ECUE	ECUET113
Filière	BioXplore		Département	Biotechnologie		Option	....	
Type d'enseignement	C	0h	Régime	CC		X	Semestre	S1
	TD	0h		Mixte				
	TP	21h						
	Projet	...h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 1.5 h/semaine				Coefficient		
		Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 7h				Crédit ECTS		
Responsable du Module		Ines Ben Djemaa		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Ines Ben Djemaa		
Prérequis		Maîtrise des fonctionnalités de base d'Excel (saisie de données, formules simples, mise en forme, graphiques simples).						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1 : Utiliser des formules et fonctions avancées pour automatiser les calculs. • AA2 : Analyser et structurer des données à l'aide des tableaux et graphiques avancés. • AA3 : Exploiter les tableaux croisés dynamiques pour l'analyse décisionnelle. • AA4 : Gérer, nettoyer et sécuriser des bases de données Excel. • AA5 : Utiliser les outils spécifiques tels que valeur cible, les Macros et le solveur						
Contenu		Ce cours comprend essentiellement les chapitres/thèmes/unités suivants : • Chapitre 1 : Rappels et optimisation de l'environnement Excel • Chapitre 2 : Fonctions avancées • Chapitre 3 : Gestion et analyse de données (tri, filtres avancés, validation des données) • Chapitre 4 : Tableaux et graphiques avancés • Chapitre 5 : Tableaux croisés dynamiques et rapports • Chapitre 6 : Introduction à l'automatisation (macros simples, bonnes pratiques)						
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage		Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage Présentiel ☒ A distance ☐ Mixte ☐ • Cours interactifs • Démonstrations pratiques • Travaux dirigés et exercices appliqués						
Techniques d'enseignement :		Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage. • Apprentissage par la pratique (AA1, AA2, AA3, AA4, AA5) • Études de cas (AA2, AA3, AA4) • Exercices progressifs (AA1, AA2, AA5) • Travail individuel et en groupe (AA3, AA4, AA5)						

151

Méthodes d'évaluation	La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment". • Évaluation diagnostique • Évaluation formative : exercices, participation, mini-projets • Évaluation continue : auto-évaluation • Évaluation sommative : QCM, devoir surveillé, examen final																								
Critères d'évaluation	Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA. • Exactitude et pertinence des formules et fonctions utilisées (AA1 – AA2) • Qualité de l'analyse et interprétation des résultats (AA3) • Organisation, fiabilité et sécurisation des données (AA4) • Degré d'autonomie et efficacité de l'automatisation (AA5)																								
Mesure d'évaluation	La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences. Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. Contrôle continu : 3 % : QCM + exercices pratiques+TP notés Examen final : 70 %																								
Critère d'attribution de la note finale	Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : Note finale = (Contrôle continu × 40 %) + (Examen final × 60 %)																								
Acquis de Formation visés	Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP). <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12		x										
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
	x																								
Références bibliographiques	Indiquer les principales références bibliographiques associées à cet ECUE. [1] Walkenbach J., <i>Excel avancé</i>, Microsoft Press [2]Curtis Frye, <i>Microsoft Excel – Analyse et modélisation des données</i> [3] Documentation officielle Microsoft Excel																								

Fiche Module : Marketing digital et valorisation des données du vivant

Unité d'Enseignement (UE)	UE transversale		Code UE	...	ECUE	Marketing digital et valorisation des données du vivant	Code ECUE	...
Filière	BioXplore		Département	Biotechnologie		Option	....	
Type d'enseignement	C	10.5h	Régime	CC			Semestre	SS
	TD	..h						
	TP	10.5h		Mixte				
	Projet	...h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel 21 h (1h30/semaine)				Coefficient		0.5
		Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : xx h Exemple : 10,5h (0,75/semaine)				Crédit ECTS		1
Responsable du Module		Maher Zaouali		Enseignant(e)s Intervenant(e)s		Maher Zaouali		
Prérequis		Aucun prérequis spécifique						
Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE		A l'issue de ce module d'enseignement, l'étudiant(e) sera capable de : • AA1: •						
Contenu		Chapitre 1 : Introduction au Marketing Digital du Vivant et de la Santé Numérique (3h : 1h30 C / 1h30 TP) • Concepts clés : Spécificités du marketing appliqué aux biotechnologies, à la e-santé et aux données biologiques (B2B, B2C, B2G — <i>Business to Government</i>). Transition de l'académique vers la création de valeur sur le marché numérique. • Contenu théorique : Écosystème des Edtechs/Medtechs, enjeux éthiques et réglementaires du marketing des données de santé (RGPD, protection des données biologiques en Tunisie). • Applications pratiques (TP) : Étude de positionnement d'une startup de bio-informatique ou d'un laboratoire de biotechnologie. Analyse du parcours utilisateur (<i>Patient/Researcher Journey</i>). Chapitre 2 : Personal Branding pour Scientifiques et Valorisation de l'Expertise BioXplore (4.5h : 2h15 C / 2h15 TP) • Concepts clés : En continuité directe avec le module de préparation à la vie professionnelle. Stratégie d'influence scientifique, e-réputation et vulgarisation des données complexes. • Contenu théorique : Mécanismes algorithmiques de LinkedIn et ResearchGate pour les profils scientifiques. Techniques de <i>Storytelling</i> appliquées aux sciences du vivant (vulgariser la donnée biologique pour convaincre des investisseurs ou partenaires). • Applications pratiques (TP) : Audit et optimisation du profil LinkedIn professionnel de l'étudiant (Expert BioXplore). Rédaction d'un pitch numérique percutant et création d'une charte graphique de marque personnelle. Chapitre 3 : Stratégie de Contenu (Inbound Marketing) appliquée aux Biotechnologies (4.5h : 2h15 C / 2h15 TP) • Concepts clés : L'art d'attirer des clients/partenaires par du contenu scientifique à forte valeur ajoutée (plateformes SaaS de bio-informatique, kits de diagnostic, services de séquençage). • Contenu théorique : Stratégie éditoriale (Blogs scientifiques, Livres blancs sectoriels, Newsletters spécialisées). Fondamentaux du référencement naturel (SEO) appliqué aux requêtes médicales et biologiques. • Applications pratiques (TP) : Cartographie de mots-clés sectoriels (ex: <i>outils d'analyse Bio Data bio, diagnostic PCR Tunisie</i>). Rédaction d'un article de blog optimisé SEO ou conception de la structure d'une Landing Page pour un service de e-santé. Chapitre 4 : Data Storytelling et Visualisation Web des Données Biologiques (4.5h : 2h15 C / 2h15 TP) • Concepts clés : Transformer la donnée brute (génomique, protéomique, imagerie) en visuels						

	marketing et communicationnels clairs, professionnels et interactifs. • Contenu théorique : Principes du design d'information et d'UX pour les plateformes scientifiques. Outils de communication et de design pour concevoir des dashboards et des infographies d'impact. • Applications pratiques (TP) : Utilisation d'outils collaboratifs et graphiques pour concevoir une infographie d'aide à la décision à partir d'un set de données biologiques réelles (vulgarisation d'un pipeline bio-informatique). Chapitre 5 : Acquisition de Trafic, Automatisation et Leviers de Croissance (Growth) (4.5h : 2h15 C / 2h15 TP) • Concepts clés : Génération de leads qualifiés dans le domaine scientifique et automatisation des processus de communication pour les jeunes pousses Biotech. • Contenu théorique : Introduction au Growth Hacking appliqué aux sciences du vivant. Fondamentaux de la publicité ciblée (LinkedIn Ads) pour toucher des laboratoires ou professionnels de santé. Introduction au Marketing Automation (n8n, Brevo). • Applications pratiques (TP) : Simulation du paramétrage d'une campagne publicitaire B2B sur LinkedIn ciblant des directeurs de laboratoires. Scénarisation d'un flux d'emails automatisés (Automation workflow) suite au téléchargement d'un livre blanc de santé numérique.
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	<i>Le cadre global ou l'approche pédagogique structurée qui guide l'enseignement et l'apprentissage</i> Présentiel ☐ A distance ☐ Mixte x Présentiel • Cours interactifs avec démonstrations • Travaux dirigés • Discussions guidées • Travaux de groupe • Exercices pratiques en classe À distance • Activités interactives sur plateforme • Forums de discussion • Travaux individuels et collaboratifs • Auto-évaluations en ligne
Techniques d'enseignement :	<i>Les outils ou stratégies spécifiques utilisées dans le cadre de l'enseignement / l'apprentissage.</i> • Cours en ligne (supports numériques) • Exercices pratiques guidés • Travaux en groupe • Quiz formatifs • Utilisation d'outils numériques et plateformes collaboratives
Méthodes d'évaluation	<i>La méthode d'évaluation désigne la manière dont on évalue les apprentissages d'un étudiant, le "comment".</i> • Évaluation formative : exercices, participation, mini-projets • Évaluation continue : auto-évaluation et co-évaluation • Évaluation sommative : examen final
Critères d'évaluation	<i>Un critère d'évaluation est un élément précis que l'on observe pour juger de la qualité d'un travail. C'est le "sur quoi" on se base pour mesurer l'atteinte de l'acquis d'apprentissage. Indiquer les critères d'évaluation pour chaque AA ou groupe d'AA.</i> • QCM, exercices pratiques, exposé oral (AA1–AA2) • TP notés, mini-projets, portfolio numérique (AA3–AA5) • Projet collaboratif, forum, évaluation en groupe (AA6) • QCM, rapport écrit, débat encadré (AA7–AA8) • Analyse de documents, études de cas, présentation orale (AA9)
Mesure d'évaluation	<i>La mesure d'évaluation désigne ce qui permet de quantifier, décrire ou juger les</i>

	<i>apprentissages à partir des critères définis. Elle correspond au "quoi" on utilise pour mesurer l'acquisition des compétences.</i> Attribution d'une moyenne finale : La moyenne finale va de 0 (minimum) à 20 (maximum) La moyenne minimale de validation est 10. Contrôle continu : 30 % : QCM + exercices pratiques+TP notés Examen final : 70 %																								
<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	<i>Indiquer le mode de calcul de la note tenant compte des épreuves présentées dans la section précédente</i> La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : Note finale = (Contrôle continu × 40 %) + (Examen final × 60 %)																								
<u>Acquis de Formation visés</u>	<i>Cet ECUE contribue principalement à l'atteinte d'un ou de plusieurs Acquis d'Apprentissage visés par le programme (AAP).</i> <table><tr><td>AAP 1</td><td>AAP 2</td><td>AAP 3</td><td>AAP 4</td><td>AAP 5</td><td>AAP 6</td><td>AAP 7</td><td>AAP 8</td><td>AAP 9</td><td>AAP 10</td><td>AAP 11</td><td>AAP 12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr></table>	AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12										X	X	X
AAP 1	AAP 2	AAP 3	AAP 4	AAP 5	AAP 6	AAP 7	AAP 8	AAP 9	AAP 10	AAP 11	AAP 12														
									X	X	X														
<u>Références bibliographiques</u>	📖 Kotler, P., Kartajaya, H., & Setiawan, I. (2021). <i>Marketing 5.0: Technology for Humanity.</i> John Wiley & Sons. (Idéal pour comprendre l'intégration de la tech et de la data dans le marketing moderne). 📖 Patel, N. (2023). <i>The Definitive Guide to Inbound Marketing for B2B Tech and Healthcare Brands.</i> Digital Press. (Ouvrage axé sur les stratégies de contenus complexes et techniques). 📖 Knaflic, C. N. (2015). <i>Storytelling with Data: A Data Visualization Guide for Business Professionals.</i> Wiley. (Référence absolue pour la traduction de données brutes en récits visuels percutants). 📖 Schwab, P. (2022). <i>Digital Marketing for Life Sciences: A Strategy Guide for Pharma, Biotech, and Medtech.</i> BioTech Media Publishing. (Ouvrage très ciblé sur l'écosystème réglementaire et marketing des sciences de la vie). 📖 Chaffey, D., & Ellis-Chadwick, F. (2019). <i>Digital Marketing: Strategy, Implementation and Practice (7th Edition).</i> Pearson. (Manuel académique de référence pour asseoir les bases méthodologiques validées par les commissions universitaires).																								

Fiche Module Entrepreneuriat 2

Unité d'Enseignement (UE)	Unité transversale 5		Code UE	UET510	ECUE	Entrepreneuriat 2	Code ECUE	ECUET512
Filière	BioXplore		Département	GLSI		Option	....	
Type d'enseignement	C	10,5h	Régime	CC		x	Semestre	5
	TD	10,5h		Mixte				
	TP							
	Projet	11h						
Volume horaire total (Vol par semaine)		Présentiel : 21h (1,5h/semaine) Charge de travail personnelle non présentielle estimée par étudiant (h) : 11h			Coefficient		1	
					Crédit ECTS		2	
Responsable du Module				Enseignant(e)s Intervenant(e)s		....		
<u>Prérequis</u>		Maîtrise des concepts fondamentaux de l'entrepreneuriat (Entrepreneuriat 1) et des bases de la gestion d'entreprise						
<u>Acquis d'apprentissage visés par l'ECUE</u>		À l'issue du module, l'étudiant(e) sera capable de : AA1. : Appliquer les techniques de brainstorming et de créativité pour identifier et transformer une idée brute en une opportunité de projet innovante et structurée AA2. : Réaliser une étude de marché complète en collectant et analysant des données terrain pour valider la viabilité commerciale du projet. AA3. : Estimer les besoins techniques du projet, construire les tableaux financiers prévisionnels (plan de financement, compte de résultat, trésorerie) et sélectionner le cadre juridique adéquat à la future entreprise. AA4. : Défendre oralement le projet (Pitch) de manière convaincante devant un jury en mobilisant des soft skills de collaboration, de gestion du temps et de prise d'initiative.						
<u>Contenu</u>		Ce cours comprend essentiellement les chapitres suivants : Chapitre 1 : de l'idée au projet AA principaux : AA1 - Rappel des notions clés de l'entrepreneuriat - L'idée innovante - Présentation de l'outil Business Model Canvas : BMC Chapitre 2 : L'étude commerciale du projet AA principaux : AA2 - Méthodes de recherche d'informations - Analyse de la demande						

156

	- Analyse de l'offre - Analyse de l'environnement - Le diagnostic interne et externe - Formulation d'une stratégie Chapitre 3 : L'étude technique du projet AA principaux : AA3 - Estimations des besoins matériels, immatériels et humains - Organisation du processus de production Chapitre 4 : L'étude juridique du projet AA principaux : AA3 - Choix d'une forme sociétaire - Le cadre juridique tunisien : stratup act Chapitre 5 : L'étude financière du projet AA principaux : AA3 - Le plan de financement initial - Le compte de résultat - Le plan de trésorerie - Le calcul du seuil de rentabilité Unité de synthèse pitch et soft skills AA principaux : AA4 - Faire comprendre et argumenter son idée. - Convaincre et défendre son projet devant un jury. - Collaboration en équipe, gestion du temps et sens de l'écoute
Méthodes d'enseignement et d'apprentissage	Présentiel - Approche par projet : travail continu sur un projet de création d'entreprise - Pédagogie active : études de cas, témoignages d'entrepreneurs - Apprentissage collaboratif : travail en équipes, Co-construction du contenu et développement des compétences personnelles - Accompagnement et encadrement par l'enseignant
Techniques d'enseignement :	- Idéation (AA1) : Brainstorming, ateliers de créativité. - Étude de terrain (AA2) : Élaboration et administration de questionnaires, simulations d'entretiens clients. - Modélisation (AA3) : Ateliers pratiques et TD sur les tableaux financiers et analyse de cas juridiques. 157 - Communication (AA4) : Simulations de Pitch, exercices de prise de parole en public, feedbacks entre pairs.

<u>Méthodes d'évaluation</u>	- Évaluation diagnostique : Évaluation des connaissances préalables sur les notions clés de l'entrepreneuriat et de l'écosystème entrepreneurial tunisien. - Évaluation formative informelle : Feedback continu lors des séances d'accompagnement des projets et échanges sur les difficultés rencontrées. - Évaluation formative formelle: • BMC rendu et présenté par l'équipe (AA1 à AA3) • Plan d'affaires final : rendu du dossier complet de la faisabilité du projet et présentation orale du business plan devant un jury, démontrant la maîtrise et la cohérence de l'ensemble du projet. - Évaluation sommative: DS final écrit (AA1-AA2-AA3)						
<u>Critères d'évaluation</u>	• AA1 et AA2 : Originalité de l'idée, rigueur méthodologique de l'étude de marché, pertinence de la cible. • AA3 : Cohérence des tableaux financiers, justesse du choix juridique par rapport au projet. • AA4 : Capacité à convaincre, structure de l'argumentation, qualité des soft skills (écoute, travail d'équipe, collaboration), gestion du temps lors du pitch						
<u>Mesure d'évaluation</u>	Évaluation continue (Projet): 20% – Rendu BMC et sa présentation : 40% – Rendu dossier plan d'affaires et sa présentation : 60% Évaluation finale: 80% Un devoir surveillé écrit						
<u>Critère d'attribution de la note finale</u>	La moyenne finale de la note est calculée selon la formule suivante : • Evaluation continue 20 % (Rendu et présentation BMC : 40% + Rendu et présentation plan d'affaires : 60%) • Evaluation finale : 80 %.						
<u>Acquis de Formation visés</u>	<table><tr><td>AFT 1</td><td>AFT 2</td><td>AFT 3</td></tr><tr><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr></table>	AFT 1	AFT 2	AFT 3	X	X	X
AFT 1	AFT 2	AFT 3					
X	X	X					

158

<u>Références bibliographiques</u>	- Jarniou, Kalousis, La boîte à outils de la création d'entreprise, Dunod, 2020 - Hermann, Kokoreff, Nouvian, Le marketing des strat up, Eyrolles, 2018 - Entrecomp, cadre de référence européen de compétences entrepreneuriales, commission européenne, 2016 - Guide pratique du créateur, APCE, juillet 2015 - J-L. Giannelloni, E.Vernette, Etudes de marché, Vuibert, 4^{ème} édition, Paris, 2015 - Kotler, Keller, Manceau, Marketing management, nouveaux horizons, Pearson France, Montreuil, 2015 - Blanks, Dorf, Le manuel du créateur de start up, Les Editions Diateino, 2013 - Lendrevie, Lévy, Mercator, DUNOD, Paris , 2013 - Robert Papin, la création d'entreprise, DUNOD, Paris, 2011
--	--

6

Semestre 6 : Projet fin d'études