

Tableau des modules/matières du parcours de M2

Dynamique du Climat

Module	Matière	Code	C/TD/TP	Heures
ATMOSPHERE	Météorologie dynamique	EISOC3A1	C	10h
	Physique des nuages	EISOC3D1	C	10h
	Chimie de l'atmosphère	EISOC3D3	C	10h
OCEAN	Océanographie dynamique	EISOC3A2	C	10h
	Océanographie régionale	EISOC3E1	C	10h
	Physico-chimie de l'océan	EISOC3E2	C	10h
CONTINENT	Surfaces continentales	EISOC3C1	C	10h
	Rayonnement	EISOC3G1	C	10h
	Couche limite	EISOC3D2	C	10h
CLIMAT	Système climatique	EISOC3B1	C	10h
	Impact des aérosols	EISOC3B2	C	10h
	Biogéochimie marine et climat	EISOC3E3	C	10h
	Projet climat environnement	EISOC3G7	Projet	30h
OUTILS	Modèles et observations satellite	EISOC3F1	C	10h
	Techniques de modélisation	EISOC3F2	C	10h
	Analyse de données et assimilation	EISOC3F3	C	10h
DYNAMIQUE	Dynamique des fluides géophysiques	EISOC3C2	C	10h
	Simulation physique	EISOC3G2	TP	10h
	Simulation numérique	EISOC3G3	TP	10h
	Simulation atmosphère	EISOC3G4	TP	10h
	Simulation océan	EISOC3G5	TP	10h
	Simulation climat	EISOC3G6	TP	10h
COMPETENCES	Prévisions météorologiques et mesures aéroportées	EISOC3H1	Projet	20h
	Connaissance de l'entreprise, management, gestion de projet, communication	EISOC3H2	C	20h
	Droit de l'environnement, développement durable	EISOC3H3	C	20h
STAGE	Laboratoire de recherche ou entreprise	EISOC4AM		6 mois
Total (250h de présentiel)		200h C + 50h TP + 50h projet + 6 mois de stage		

		Tronc commun UPS, ENM, ENSEEIHT, ISAE (60h)
		Mutualisation avec le parcours de M2 "Etudes Environnementales" (100h)

Contenu des enseignements du parcours de M2

Dynamique du Climat

Module	Matière	Mots-clefs
ATMOSPHERE	Météorologie dynamique (EISOC3A1)	Harmonisation des prérequis avec la matière "Dynamique des fluides géophysiques" du module DYNAMIQUE. The atmospheric heat engine Hadley cell: Held and Hou Decomposition for transient-mean flow analysis: Eliassen Palm, E vectors etc. Description of baroclinic systems - lifecycles etc. Diagnosis of vertical motion - Omega equation, Q vectors etc. Advanced topics: storm tracks, low frequency variability, tropical meteorology.
	Physique des nuages (EISOC3D1)	Compréhension des processus physiques associés aux nuages; approche de l'observation des nuages et de leur représentation; rôle des nuages dans les perturbations atmosphériques des latitudes moyennes et tropicales. Nuages, système d'équations, modélisation, observations; nuages stratiformes (stratus, brouillard, stratocumulus, cirrus); nuages cumuliformes (dynamique, électricité, grêle, tornades, systèmes convectifs). Perturbations des latitudes moyennes (structure à grande échelle, observations satellite, nuages et fronts); cyclones tropicaux (climatologie, évolution, impact, prévisibilité).
	Chimie de l'atmosphère (EISOC3D3)	Chimie stratosphérique, chimie troposphérique, chimie en phase gazeuse, chimie en phase aqueuse, notion de cycles catalytiques, notion de temps de vie, photochimie, modélisation de la chimie de l'atmosphère, modèles lagrangien/eulérien.
OCEAN	Océanographie dynamique (EISOC3A2)	Harmonisation des prérequis avec la matière "Dynamique des fluides géophysiques" du module DYNAMIQUE. The wind-driven ocean circulation Ekman spiral, pumping, transport Linear frictional models: Sverdrup, Stommel and Munk Nonlinear free models: Fofonoff Subduction and the ventilated thermocline Upwelling and coastal dynamics Eddies, and the ACC Tropical circulation Thermohaline circulation
	Océanographie régionale (EISOC3E1)	Identification et illustration des échelles spatiales et temporelles de la dynamique océanique: de l'échelle globale à la sous-mésoéchelle. Génération, propagation, réfraction des ondes dans l'océan, propriétés de conservation : houle, marées, tsunami, ondes internes de gravité, ondes de Poincaré, ondes de Kelvin et de Rossby (topographiques)... Réponse régionale au forçage par le vent : analyse spatio-temporelle de la réponse de l'océan à un coup de vent, dynamique des upwelling et downwelling côtiers, processus ondulatoires induits. Panaches fluviaux : principe de la décharge fluviale, régionalisation du panache et interaction avec la circulation.
	Physico-chimie de l'océan (EISOC3E2)	Comprendre les interactions entre la physique et la biogéochimie à différentes échelles spatio-temporelles, l'importance pour les cycles des éléments (carbone, azote,...) dans l'océan ainsi que pour le climat, les calculs de taux de mélange et de temps de résidence, les analyses de données in situ et satellites, l'analyse de modèle couplé et de sa dynamique (stabilité,...). Couplage Physique/biogéochimie et processus associés, observations in situ, satellite, et modélisation, équations d'advection-diffusion avec termes sources et puits, liens avec les modèles en boîte réseau trophique, interactions entre la physique et la biogéochimie dans la couche de mélange (zones tropicale et tempérée), à mésoéchelle (méandres, tourbillons, ondes), à l'échelle d'un bassin océanique (gyres).
CONTINENT	Surfaces continentales (EISOC3G1)	Mise en place des cycles biogéochimiques continentaux, répartitions des stocks d'eau et de carbone dans les différents compartiments, interactions sol-végétation-atmosphère pour les échanges d'eau et de carbone entre les

		Fonctionnement du sol (formation d'un sol, rôle et évolution de la matière organique), processus régulant le transfert d'eau dans le continuum sol-végétation-atmosphère, processus régulant les interactions écosystèmes-atmosphère pour les échanges de CO ₂ (photosynthèse, respiration), déterminants de la croissance des végétaux, hydrologie.
	Rayonnement (EISOC3G1)	Savoir calculer des propriétés optiques : réflectance et température de brillance de surfaces avec/sans végétations et atmosphère, savoir manipuler une équation du transfert radiatif, connaître les spécificités des différents domaines spectraux. Propriétés spectrales des différents milieux (sols, végétation, eau, atmosphère), équations du transfert radiatif, mécanismes d'interactions (réflexion, émissions thermiques), physique du rayonnement de l'atmosphère (diffusion de Rayleigh, de Mie, élargissement des raies spectrales), applications (corrections atmosphériques, sondages atmosphériques), exemples de modèle de transfert radiatif (1D et 3D).
	Couche limite (EISOC3D2)	Pouvoir appliquer les équations de la mécanique des fluides à la couche limite atmosphérique ; maîtriser l'analyse dimensionnelle, la notion de flux turbulents et de ses différentes formulations ; être capable de restituer les propriétés des différentes couches limites de l'atmosphère. Turbulence atmosphérique (introduction des équations et des méthodes d'étude). Modèles conceptuels et paramétrisations de la couche limite (partie de l'atmosphère fortement influencée par la surface). Comportement des couches limites nocturnes, convectives, nuageuses et océaniques.
CLIMAT	Système climatique (EISOC3B1)	Connaissance des climats passés, présents et futurs ; compréhension des processus internes (atmosphère, océan, cryosphère, biosphère, lithosphère) et externes (modulation de la luminosité solaire, activités humaines), prise en compte des multiples rétroactions ; appréhension de la variabilité aux différentes échelles temporelles ; identification des phénomènes naturels et de l'impact anthropique. Définitions, répartition de Köppen. Mécanismes élémentaires. Observations et modélisations. Couplages et rétroactions. Modes de variabilité naturelle et prévisibilité. Evolution passée (paléoclimat) et future (changement climatique).
	Impact des aérosols (EISOC3B2)	Impacts climatiques des aérosols : effets direct, semi-direct et indirect. Incertitudes sur le forçage radiatif, variabilité des sources d'aérosols atmosphériques, variabilité des propriétés microphysiques, optiques et chimiques (processus de formation et d'évolution au cours du transport, technique de mesures dans le domaine des aérosols), échelles de modélisation (régional- global - développements)
	Biogéochimie marine et climat (EISOC3E3)	Intégrer les enjeux planétaires derrière la notion de "grands cycles d'éléments" ; connaître les bases de la géochimie ; appréhender les moyens d'explorer la mer, du satellite au mouillage profond. Rôle de la biogéochimie marine sur les grands cycles d'éléments, en particulier celui du carbone: action et rétro action. Notions de géochimie: réservoirs, flux, calcul de budgets. Chimie de l'océan et capacité de l'océan à gérer les apports anthropiques. Notions de modèles couplés. Notions d'expériences à la mer: moyens d'observation, campagnes en mer...
	Projet climat environnement (EISOC3G7)	Enquête sur un sujet lié au climat : par exemple synthèse des rapports GIEC, apportant aux étudiants une connaissance plus exhaustive de l'état de l'art concernant cette thématique, ou rapport abondant climat et environnement en relation avec l'industrie (gestion énergétique, planification d'opérations, prévisions spécialisées...), l'agriculture ou l'urbanisme, avec des questions sociales (impact de la variabilité des moussons, crises climatiques historiques touchant les Mayas, possiblement les Anasazis, l'optimum médiéval...), avec les aspects règlementaires ou prudentiels (importance des distributions statistiques dans la quantification des risques, expertises, procédures d'intervention lors de crises...), voire avec la politique et la sociologie (climato-scepticisme, gestion de l'ingénierie climatique...). L'objectif est de développer leurs capacités à enquêter sur un sujet.
OUTILS	Modèles et observations satellite (EISOC3F1)	Présentation des modèles numériques atmosphériques et océaniques apportant aux étudiants la culture des outils de modélisation utilisés dans les communautés nationale et internationale en météorologie, en océanographie et pour l'étude du climat. Modélisation parallèle et massivement parallèle. (6h C) Présentation des observations satellitaires disponibles et couramment utilisées dans de nombreux domaines. (4h C)

	Techniques de modélisation (EISOC3F2)	Application des techniques de modélisation (vues au M1 SOAC) aux fluides géophysiques (vus dans le parcours de M2 Dynamique du Climat). Harmonisation à vérifier avec ce qui est vu au M1 SOAC. Formulation du modèle shallow water, paramétrisations physiques et couplage, physique des modèles atmosphériques et océaniques. Comment passer d'un système classique sur feuille au code qui tourne : exemple sur l'équation de diffusion à coefficients constants, sur l'équation de Laplace avec méthode itérative. Schéma de convection, codage Arpège, codage des paramétrisations physiques
	Analyse de données et assimilation (EISOC3F3)	Comprendre les techniques de traitement des observations, notamment pour initialiser les modèles numériques. Notions sur les principes et l'utilisation des techniques d'assimilation et de prévision d'ensemble. Traitement des observations, analyse objective de données, opérateur d'observation, estimation statistique optimale, assimilation variationnelle, filtre de Kalman, prévision d'ensemble.
DYNAMIQUE	Dynamique des fluides géophysiques (EISOC3C2)	Harmonisation avec la matière "Météorologie dynamique" du module ATMOSPHERE et la matière "Océanographie dynamique" du module OCEAN. Basic equations and conservation principles Shallow water, layer models and vertical modes Vorticity and potential vorticity Scale analysis and Quasi-geostrophic theory Wave motion: Inertia gravity, Kelvin, Rossby Tropical Dynamics: Matsuno-Gill theory Instability: Barotropic and Baroclinic Geostrophic turbulence
	Simulation physique (EISOC3G2)	Travaux pratiques en laboratoires sur canaux hydrauliques et cuves tournantes (Météo France) en support des matières "Dynamique des fluides géophysiques" du module DYNAMIQUE, "Météorologie dynamique" du module ATMOSPHERE et "Océanographie dynamique" du module OCEAN. Ecoulements en rotation, courants de gravité, processus ondulatoires, instabilités fluides, circulation générale dans l'atmosphère et l'océan.
	Simulation numérique (EISOC3G3)	Simulations numériques (DNS et LES) associées aux travaux pratiques de la matière "Simulation physique" du module DYNAMIQUE. Utilisation des PC portables du master SOAC (code numérique CROCO).
	Simulation atmosphère (EISOC3G4)	Utilisation du modèle numérique Méso-NH (labellisé INSU) pour l'analyse de processus atmosphériques: Foëhn et ondes de montagne, dispersion d'un panache de pollution et ligne de grains orageuse. Analyse des résultats et étude de la sensibilité à des paramètres clefs.
	Simulation océan (EISOC3G5)	Utilisation du modèle numérique SYMPHONIE (labellisé INSU) pour l'analyse de processus océaniques: dispersion d'un panache, ondes océaniques, et plongée d'eau dense. Analyse des résultats et étude de la sensibilité à des paramètres clefs.
	Simulation climat (EISOC3G6)	Modèle simplifié, modèle 1D, logiciel pédagogique de simulation du climat (C. Risi, La Météorologie, N°88, février 2015).
	COMPETENCES	Prévisions météorologiques et mesures aéroportées (EISOC3H1)
Connaissance de l'entreprise, management, gestion de projet, communication (EISOC3H2)		NON CONCERNE PAR L'APPEL D'OFFRE Gestion et organisation des entreprises, gestion et management de projet/qualité Ateliers: compétences, métiers, CV/lettre de motivation, simulation d'entretien, communication

	Droit de l'environnement, développement durable (EISOC3H3)	NON CONCERNE PAR L'APPEL D'OFFRE Droit de l'environnement : droit communautaire, législation sur l'eau, l'air, les déchets, rôle des DREAL, veille réglementaire, management environnemental, réglementation sanitaire et sécurité industrielle, ICPE. Développement durable : construction sociale de l'idée de nature, émergence des grandes problématiques environnementales, dossiers-clés: club de Rome, sommets de la Terre, protocole de Kyoto, Grenelle de l'environnement, COP 21.
STAGE	Laboratoire de recherche ou entreprise (EISOC4AM)	NON CONCERNE PAR L'APPEL D'OFFRE Savoir situer son sujet de recherche dans le domaine scientifique correspondant ou son activité professionnelle dans le contexte industriel. Savoir manipuler des données, utiliser et/ou développer un modèle, mener des expériences... pour obtenir des résultats scientifiques ou techniques nécessaires à l'analyse d'un problème scientifique ou au développement d'une solution industrielle. Savoir rédiger une synthèse de ses travaux dans un format imposé, en faisant preuve de clarté avec un choix judicieux de figures. Savoir présenter ses travaux avec pédagogie et défendre ses résultats devant une assistance.

		Tronc commun UPS, ENM, ENSEEIHT, ISAE (60h)
		Mutualisation avec le parcours de M2 Etudes Environnementales (100h)