

PÉRIODE D'ACCRÉDITATION : 2016 / 2021

UNIVERSITÉ PAUL SABATIER

---

# SYLLABUS MASTER

Mention Sciences de l'océan, de l'atmosphère et du  
climat

M2 dynamique du climat

---

<http://www.fsi.univ-tlse3.fr/>  
<http://masters.obs-mip.fr/soac/>

2016 / 2017

8 NOVEMBRE 2016

# SOMMAIRE

---

PRÉSENTATION . . . . .	3
PRÉSENTATION DE L'ANNÉE DE M2 dynamique du climat . . . . .	3
RUBRIQUE CONTACTS . . . . .	4
CONTACTS PARCOURS . . . . .	4
CONTACTS MENTION . . . . .	4
CONTACTS DÉPARTEMENT : FSI.Physique . . . . .	4
Tableau Synthétique des UE de la formation . . . . .	5
LISTE DES UE . . . . .	7
GLOSSAIRE . . . . .	34
TERMES GÉNÉRAUX . . . . .	34
TERMES ASSOCIÉS AUX DIPLOMES . . . . .	34
TERMES ASSOCIÉS AUX ENSEIGNEMENTS . . . . .	34

# PRÉSENTATION

---

PRÉSENTATION DE L'ANNÉE DE M2 DYNAMIQUE DU CLIMAT

# RUBRIQUE CONTACTS

---

## CONTACTS PARCOURS

### RESPONSABLE M2 DYNAMIQUE DU CLIMAT

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### SECRÉTAIRE PÉDAGOGIQUE

PEREA Helene

Email : [helene.perea@univ-tlse3.fr](mailto:helene.perea@univ-tlse3.fr)

Téléphone : 05.61.33.29.98

Université Paul Sabatier

OMP - Porte 84

118 route de Narbonne

31062 TOULOUSE cedex 9

## CONTACTS MENTION

### RESPONSABLE DE MENTION SCIENCES DE L'OCÉAN, DE L'ATMOSPHÈRE ET DU CLIMAT

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

## CONTACTS DÉPARTEMENT: FSI.PHYSIQUE

### DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT

LABASTIE Pierre

Email : [pierre.labastie@irsamc.ups-tlse.fr](mailto:pierre.labastie@irsamc.ups-tlse.fr)

Téléphone : (poste) 61.50

### SECRETARIAT DU DÉPARTEMENT

CORROCHANO Isabelle

Email : [isabelle.corrochano@univ-tlse3.fr](mailto:isabelle.corrochano@univ-tlse3.fr)

Téléphone : 0561556920

Université Paul Sabatier

3R1b3 R/C porte 49

118 route de Narbonne

31062 TOULOUSE cedex 9

# TABLEAU SYNTHÉTIQUE DES UE DE LA FORMATION

page	Code	Intitulé UE	ECTS	Obligatoire Facultatif	Cours	TP	TP DE	Projet	Stage
<b>Premier semestre</b>									
8	EISOC3AM	DYNAMIQUE	3	O					
9	EISOC3A1	Météorologie dynamique			10				
	EISOC3A2	Océanographie dynamique			10				
10	EISOC3BM	CLIMAT	3	O					
11	EISOC3B1	Système climatique			10				
	EISOC3B2	Impact des aérosols			10				
12	EISOC3CM	GÉOPHYSIQUE	3	O					
13	EISOC3C1	Surfaces continentales			10				
	EISOC3C2	Dynamique des fluides géophysiques			10				
14	EISOC3DM	ATMOSPHERE	3	O					
15	EISOC3D1	Physique des nuages			10				
16	EISOC3D2	Couche limite			10				
	EISOC3D3	Chimie de l'atmosphère			10				
17	EISOC3EM	OCÉAN	3	O					
18	EISOC3E1	Océanographie régionale			10				
19	EISOC3E2	Physico-chimie de l'océan			10				
	EISOC3E3	Biogéochimie marine et climat			10				
20	EISOC3FM	OUTILS	3	O					
21	EISOC3F1	Modèles et observations satellite			10				
22	EISOC3F2	Techniques de modélisation			10				
	EISOC3F3	Analyse de données et assimilation			10				
23	EISOC3GM	SIMULATION	6	O					
24	EISOC3G1	Rayonnement			10				
25	EISOC3G2	Simulation physique					10		
26	EISOC3G3	Simulation numérique				10			
27	EISOC3G4	Simulation atmosphère				10			
	EISOC3G5	Simulation océan				10			

page	Code	Intitulé UE	ECTS	Obligatoire Facultatif	Cours	TP	TP DE	Projet	Stage
28	EISOC3G6	Simulation climat				10			
29	EISOC3G7	Projet climat environnement						50	
30	EISOC3HM	COMPÉTENCES	6	O				25	
31	EISOC3H1	Prévisions météorologiques et mesures aéroportées			20				
32	EISOC3H2	Entreprise, innovation, intelligence économique, qualité			20				
	EISOC3H3	Droit de l'environnement, développement durable							
<b>Second semestre</b>									
33	EISOC4AM	STAGE	30	O					6

---

## LISTE DES UE

---

<b>UE</b>	<b>DYNAMIQUE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Météorologie dynamique		
<b>EISOC3A1</b>	Cours : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Eléments de circulation générale de l'atmosphère : la machine thermique atmosphérique; la cellule de Hadley à partir du modèle de Held & Hou.

Les transitoires : mécanisme de l'interaction barocline pour expliquer la naissance et développement des dépressions des latitudes tempérées, interaction barocline par interactions d'ondes de Rossby et interprétation à partir de la vitesse verticale dans le cadre QG ; énergétique de l'interaction barocline ; application à des cas réels de tempêtes récentes au moyen de l'inversion du tourbillon potentiel ; introduction à l'énergétique de l'interaction barocline ; diabatisme et interaction barocline ; formation des fronts atmosphériques ; propagation des Ondes de Rossby.

Rétroactions des transitoires sur leur environnement : approche barotrope (vecteur E ; Eddy driven jet) ; approche barocline (flux d'Eliassen Palm).

Synthèse dans le cadre de la variabilité basse fréquence : notion de régimes de temps (lien avec les rails de dépressions ; transitions de régimes ; liens avec les modes de variabilité connus ; focus sur les régimes Atlantiques) ; présentation des outils numériques destinés à l'étude de la prévisibilité de l'échelle des dépressions au sub-saisonnier.

<b>UE</b>	<b>DYNAMIQUE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Océanographie dynamique		
<b>EISOC3A2</b>	Cours : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Enjeux du composant océan dans la dynamique de climat.

Effets de rotation & stratification dans l'océan - rappel sur géostrophie, vorticité, vent thermique, échelles dominantes.

Tourbillons océaniques non-linéaires, processus d'instabilité barocline & barotrope, observations.

Frontogénèses, instabilités à sub-méso-échelle, observations.

Processus de la couche de mélange océanique.

Dynamique à moyenne latitude - rappel sur la circulation forcée par le vent, modèles non-linéaires et ajustement par les ondes de Rossby.

Subduction, formation de la thermocline permanente et des eaux modales.

Dynamique équatoriale - b-plane, ondes.

Dynamique à haute latitude - courant circumpolaire, Arctique, circulation thermohaline.

<b>UE</b>	<b>CLIMAT</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Système climatique		
<b>EISOC3B1</b>	Cours : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Introduction : de la météorologie au climat.

Système climatique et bilan d'énergie : description composantes et leurs interactions ; bilan d'énergie simplifié, effet de serre, importance du CO<sub>2</sub> ; épistémologie ; répartition spatiale du bilan d'énergie, transport d'énergie par dynamique atmosphérique/océanique ; cycle de l'eau, cycle du carbone.

Modélisation du climat et variabilité interne : histoire et hiérarchie des modèles, évaluation vs. observations, programme international CMIP ; notion de variabilité interne (ENSO, NAO).

Réponse du système climatique à une perturbation : forçage radiatif ; mécanismes des principaux forçages, importance des échelles de temps ; les principales rétroactions ; sensibilité climatique à l'équilibre.

Changements climatiques passés : climats anciens ; alternance glaciaire-interglaciaire, théorie de Milankovitch, relation température-CO<sub>2</sub> ; optimum médiéval, petit âge glaciaire, ère industrielle.

Changement climatique actuel : évolution des principaux forçages depuis l'ère industrielle ; attribution des changements observés au 20<sup>e</sup> siècle ; projections climatiques pour le 21<sup>e</sup> siècle, conséquences du réchauffement global sur les événements météorologiques extrêmes.

<b>UE</b>	<b>CLIMAT</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Impact des aérosols		
<b>EISOC3B2</b>	Cours : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Contexte scientifique international : IPCC 2013, incertitudes majeures sur les forçages radiatifs liées aux différents effets des aérosols.

Impacts climatiques des aérosols : effets direct, semi-direct et indirect ; définitions, calculs par modélisation (quelles échelles de modélisation en correspondance avec quels effets).

Incertitudes sur le forçage radiatif : notions de forçages (paramètres mis en jeu) ; incertitudes en lien avec :

- la variabilité des sources d'aérosols atmosphériques (hétérogénéité spatiale, inventaires, quantification, quelles prises en compte des émissions/dépôts dans les modèles) ;

- la variabilité des propriétés microphysique, optique et chimique (processus de formation et d'évolution au cours du transport ; technique de mesure dans le domaine des aérosols (sol, remote, satellite) ; évaluation/validation des outputs des schémas chimiques/optiques/microphysiques intégrés aux modèles régionaux).

Rétroactions climatiques des forçages radiatifs des aérosols : EHP, variabilité couverture nuageuse, qualité de l'air en basse couche.

<b>UE</b>	<b>GÉOPHYSIQUE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Surfaces continentales		
<b>EISOC3C1</b>	Cours : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Cycles biogéochimiques : perspective historique de l'Hadéen à l'ère préindustrielle ; cycle du carbone et perturbations anthropiques ; cycle de l'eau.

Le sol : caractéristiques physico-chimiques du sol, formation et évolution d'un sol ; matière organique du sol et minéralisation, rôle du vivant dans le sol ; les ressources du sol : eau et nutriments.

La végétation (les processus élémentaires et leur régulation) : transpiration ; photosynthèse ; respiration ; croissance et phénologie.

Contribution biogéochimiques et biophysiques des surfaces continentales au forçage radiatif terrestre et leviers d'atténuation.

<b>UE</b>	<b>GÉOPHYSIQUE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Dynamique des fluides géophysiques		
<b>EISOC3C2</b>	Cours : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Potential vorticity and quasi geostrophic theory with the shallow water equations.

Rossby waves and instability in barotropic and baroclinic systems.

Tropical waves : Matsuno-Gill theory.

Scale interaction in the Atmosphere : transients, blocking, teleconnections and modes of variability.

Scale interactions in the Ocean : diffusion and homogenisation of PV, eddy parameterisations.

<b>UE</b>	<b>ATMOSPHÈRE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Physique des nuages		
<b>EISOC3D1</b>	Cours : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Classification nuageuse, répartition verticale eau liquide-glace, microphysique, distributions dimensionnelles, équations d'évolution des contenus en eau, schéma microphysique MésoNH et AROME.

Nuages à faible développement vertical, brouillard, stratus arctiques, nuages de couche limite marine, organisation des nuages à moyenne échelle, cirrus, nimbostratus, bande brillante radar, détrainement des systèmes convectifs de moyenne échelle.

Nuages à fort développement vertical, entraînement, cycle de vie, couplage courants ascendant/descendant, tornades, rafales, systèmes convectifs de moyenne échelle, observation par radar polarimétrique, électrisation des orages, les éclairs, applications de la mesure électrique.

Cyclones des latitudes moyennes, théorie du front polaire et école norvégienne, théories modernes d'évolution, impact des nuages dans les cyclones des latitudes moyennes, bilan de chaleur, influence du diabatisme sur la cyclogenèse.

Cyclones tropicaux, climatologie, cyclogénèse tropicale, structure à maturité, influences environnementales : cisaillement de vent, air sec saharien, perturbations d'altitude, arrivée sur les terres, transition extra-tropicale.

<b>UE</b>	<b>ATMOSPHERE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Couche limite		
<b>EISOC3D2</b>	Cours : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Introduction : introduction à la turbulence, moyens d'étude (expérimentaux et numériques). Visite du parc à instruments du CNRM.

Equations : équations de la Couche limite : détermination du système de Boussinesq à partir des équations de la mécanique des fluides, opérateurs de moyenne, équations de Reynolds, prise en compte de la vapeur d'eau, significations des flux turbulents.

Outils : analyse dimensionnelle, théorie de similitude et approche spectrale.

Modélisation : modèles conceptuels de la couche limite : théorie semi-empirique, couche d'Ekman, paramétrisation de la couche limite.

CLS : description des phénomènes proches de la surface : couche limite de surface, bilans d'énergie et d'eau des surfaces continentales.

CLA : description des différentes structures de couches limites : énumérations des propriétés des couches limites convective, stable, nuageuse et couche de mélange océanique.

<b>UE</b>	<b>ATMOSPHERE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Chimie de l'atmosphère		
<b>EISOC3D3</b>	Cours : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Atmosphère, notion de chimie atmosphérique (vitesse, constante cinétique, catalyse, temps de vie, photochimie), notion de cycles biogéochimiques, changements globaux de la composition chimique de l'atmosphère.

Chimie stratosphérique, cycle de Chapman, notion de cycles catalytiques de destruction.

Chimie troposphérique, notion de précurseurs, photochimie de l'ozone, radicaux libre, régimes chimiques.

Chimie en phase aqueuse, loi de Henry.

<b>UE</b>	<b>OCÉAN</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Océanographie régionale		
<b>EISOC3E1</b>	Cours : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

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.

<b>UE</b>	<b>OCÉAN</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Physico-chimie de l'océan		
<b>EISOC3E2</b>	Cours : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Importance des couplages entre la physique et la biogéochimie, exemple de couplage physique-biogéochimie à l'échelle des gyres ; modélisation et formalismes en biogéochimie marine, modèle en boîte, modèles aux équations primitives.

Réseau trophique : observations, formalisme des termes sources moins puits, biodiversité : phytoplancton, zooplancton, bactérie, modélisation/paramétrisation des processus.

Couplage physique - biogéochimie dans la couche de mélange Comportements différents dans la couche de mélange selon différentes zones dans l'océan, mises en équation, eaux tempérées : mécanisme du bloom printanier, eaux tropicales : structure verticale et principales propriétés, importance pour le cycle du carbone et de l'azote.

Couplage physique-biogéochimie à mésoéchelle et submésoéchelle, importance des couplages à mésoéchelle et submésoéchelle, caractérisation de l'environnement physique à mésoéchelle et submésoéchelle, variabilité à mésoéchelle de la biogéochimie marine, étude de différents cas : tourbillons isolés du Gulf Stream, champs de tourbillons, ondes de Rossby baroclines, utilisations de modèles couplés simplifiés, importance pour le cycle du carbone et de l'azote.

<b>UE</b>	<b>OCÉAN</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Biogéochimie marine et climat		
<b>EISOC3E3</b>	Cours : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Biogéochimie marine et grands cycles des éléments (en particulier cycle du carbone).

Chimie de l'océan et "océan de l'anthropocène" (réchauffement climatique, acidification...).

Apports des éléments chimiques aux interfaces : focus sur les échanges à l'interface continents-océans.

Apports de la géochimie : réservoirs, flux, calcul de budgets ; traceurs géochimiques pour étudier l'océan actuel et passé.

Notions d'expériences à la mer : moyens d'observation, campagnes en mer...

<b>UE</b>	<b>OUTILS</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Modèles et observations satellite		
<b>EISOC3F1</b>	Cours : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

=11.0ptBases de la télédétection, spectre électromagnétique, lanceurs de satellites. Phénomènes naturels observables par les satellites et leur rôle dans les études sur l'échange océan - continent - atmosphère et le changement climatique.

Application des capteurs dans des différents domaines : altimétrie radar (TOPEX/Poseidon, Jason-1, -2, -3, ERS-1, -2, ENVISAT, GFO, SARAL etc), SAR (Sentinel-1, ENVISAT), radiométrie (SMMR, SSM/I, AMSR-E), visible-proche infra-rouge-infra-rouge thermique (Landsat, MODIS, SPOT, RapidEye, etc) :

Processus océanographiques au large et en zone côtière ; gestion des ressources en zones transfrontalières (mer d'Aral, Tigris et Euphrate) ; variation de niveau de l'eau des fleuves, lacs et zones humides (Sibérie de L'Ouest) ; glace de mer, des lacs et des fleuves ; phénomènes bizarres et encore inexplicables (les anneaux géants sur la glace du lac Baikal et Hovsgol) ; échange continent - fleuve/lagune - zone côtière - océan (mer Caspienne, Afrique de l'Ouest) ; sites pollués (Norilsk) ; échanges océan-atmosphère ; variabilité de glaciers et calottes ; couverture neigeuse par combinaison d'observations passives et actives =11.0pten microondes ; catastrophes naturelles.

<b>UE</b>	<b>OUTILS</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Techniques de modélisation		
<b>EISOC3F2</b>	Cours : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Présentation des modèles numériques atmosphériques et océaniques utilisés dans les communautés nationale et internationale en météorologie, en océanographie et pour l'étude du climat. Notion de modélisation parallèle et massivement parallèle.

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.

<b>UE</b>	<b>OUTILS</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Analyse de données et assimilation		
<b>EISOC3F3</b>	Cours : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

=11.0pt Introduction, intérêt de l'analyse et de l'assimilation de données, notion de variable de contrôle, observations : hétérogénéité spatio-temporelle.

Comparaison modèle/observation, notion d'opérateur d'observation, erreur de représentativité, opérateurs non-triviaux, régression, interpolations, triangulation, plus proches voisins, problèmes 2D et 3D, méthode Cressman, krigeage, variogramme, notion d'ébauche, de cycle d'assimilation. Rappels mathématiques, calcul matriciel, différentiation fonctionnelle, statistiques multidimensionnelles, tests statistiques, bootstrap, analyse en composantes principales.

Modélisation des erreurs, covariances, erreurs d'observation, erreurs d'ébauche, suivi et correction de biais.

Assimilation aux moindres carrés : BLUE, applications pratiques.

Méthodes ensemblistes, représentation discrète d'une PDF, simulation stochastique des erreurs : assimilation et prévision d'ensemble, filtres de Kalman d'ensemble, méthodes particulières.

Réanalyses et suivi climatique, réanalyses en cours dans la communauté, différences avec assimilation temps réel, prétraitement des observations, évolution des biais, dérives, d=11.0pt étermination de la qualité des analyses.

<b>UE</b>	<b>SIMULATION</b>	<b>6 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Rayonnement		
<b>EISOC3G1</b>	Cours : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

=11.0ptL'objectif est que les étudiants comprennent bien les différents mécanismes qui interviennent dans le bilan radiatif des surfaces terrestres ainsi que dans l'observation satellite de ces milieux. Ainsi, la compréhension de ces mécanismes est fondamentale pour bien appréhender le bilan radiatif des surfaces terrestres et pour bien interpréter les mesures satellites en tant que paramètres et variables caractéristiques des surfaces terrestres.  
=11.0pt

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

=11.0ptAprès une revue qualitative des principaux mécanismes radiatifs (diffusion anisotrope, phénomène du hot spot, émission thermique, etc.), l'enseignement portera sur des aspects quantitatifs, avec en particulier : =11.0pt- =11.0ptPropriétés optiques et température de brillance de surfaces avec/sans végétations et atmosphère, des milieux terrestres. =11.0pt- =11.0ptPropriétés optiques et émission thermique de l'atmosphère=11.0pt- =11.0ptFormalisation des mécanismes radiatifs avec l'équation du transfert radiatif=11.0pt- =11.0ptApplications : corrections atmosphériques, sondages atmosphériques, exemples de modèle de transfert radiatif (1D et 3D).

<b>UE</b>	<b>SIMULATION</b>	<b>6 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Simulation physique		
<b>EISOC3G2</b>	TP DE : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Ecoulements en rotation : TP1 Couche limite d'Ekman ; TP2 Le vent thermique.

Courants de gravité : TP1 Courant de pente ; TP2 Solitons, solibores et instabilités de Kelvin-Helmholtz.

Processus ondulatoires : TP Ondes internes sur accident topographique.

Instabilités fluides : TP1 Instabilités baroclines, instabilités frontales ; TP2 instabilité de Kelvin-Helmholtz.

Circulation générale dans l'atmosphère et l'océan : TP1 Principe de Sandstrom ; TP2 Conséquence de la sphéricité de la terre sur les écoulements AO ; TP3 Principe dynamique du « Gulf Stream » ; TP4 La circulation en Méditerranée.

<b>UE</b>	<b>SIMULATION</b>	<b>6 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Simulation numérique		
<b>EISOC3G3</b>	TP : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Courants de gravité : TDO numérique basé sur une simulation DNS du TP Courant de pente.

Processus ondulatoires : TDO numérique basé sur une simulation DNS du TP Ondes internes sur accident topographique.

Instabilités fluides : TDO numérique basé sur une simulation DNS du TP instabilité de Kelvin-Helmholtz.

Circulation générale dans l'atmosphère et l'océan : TDO numérique basé sur une approche numérique LES (bassin fermé) pour faire le lien avec les variations de la pseudo-force de Coriolis, associé aux TP Principe de Sandstrom, Conséquence de la sphéricité de la terre sur les écoulements AO, Principe dynamique du « Gulf Stream », La circulation en Méditerranée.

<b>UE</b>	<b>SIMULATION</b>	<b>6 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Simulation atmosphère		
<b>EISOC3G4</b>	TP : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

=11.0pt Utilisation du modèle numérique Méso-NH (labellisé INSU) pour l'analyse de processus atmosphériques : Plusieurs cas d'étude simples seront proposés comme le Foehn et les ondes de montagne, la dispersion d'un panache de pollution, l'évolution d'une ligne de grains orageuse, le cycle diurne de la convection continentale. =11.0pt Le TP se divisera en trois étapes : lancement des simulations, étude de la sensibilité des simulations à des paramètres de contrôle comme les conditions atmosphériques (profils de vent, de température et d'humidité, processus microphysiques, etc.), les conditions de surface (flux de chaleur et d'humidité) et les conditions géométriques (hauteur et largeur de la montagne pour les ondes) et analyse des résultats et leur confrontation à la théorie et/ou aux observations.

<b>UE</b>	<b>SIMULATION</b>	<b>6 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Simulation océan		
<b>EISOC3G5</b>	TP : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'objectif du TP est de former les étudiants à l'utilisation d'un modèle numérique pour l'analyse de processus océaniques. Le modèle océanique utilisé sera le modèle SYMPHONIE, développé au Pôle d'Océanographie Côtière de Toulouse et labellisé par l'INSU en 2007. Les étudiants analyseront les résultats du modèle et leur sensibilité à différents paramètres d'entrée.

Après une description du modèle océanique (structure, hypothèses, équations), plusieurs cas d'études de processus seront proposés.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Dispersion d'un panache : modélisation numérique de l'évolution d'un panache fluvial. Etude de sensibilité au débit d'eau douce, aux conditions atmosphériques, à la concentration et vitesse de chute de matière particulaire.  
 Dispersion de contaminants : modélisation de la dispersion de radioéléments rejetés dans l'Océan Pacifique lors de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima. Evaluation des sources, analyse de la dispersion de ces radioéléments dans la colonne d'eau et de leur dépôt sur le fond des océans, contamination des organismes vivants.

Plongée d'eau dense : modélisation de la formation d'eau dense sur un plateau continental et de son cascading le long d'un talus continental. Etude de sensibilité aux conditions atmosphériques et au débit fluvial.

Convection profonde : modélisation de la formation d'eau dense en mer ouverte. Etude de sensibilité aux conditions atmosphériques et aux conditions initiales de stratification de la colonne d'eau.

<b>UE</b>	<b>SIMULATION</b>	<b>6 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Simulation climat		
<b>EISOC3G6</b>	TP : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

L'outil SimClimat pourra être utilisé afin d'étayer les points du cours de climat. Il permettra de comprendre les différents états de la Terre :

- Avant l'apparition de l'homme (archéen : forte concentration de CO<sub>2</sub> mais faible constante solaire).
- Théorie de Milankovitz : rôle de paramètres astronomiques pour expliquer les cycles glaciaires interglaciaires.
- Le préindustriel (début des premières observations humaines).
- L'anthropocène : rôle des émissions de gaz à effet de serre.

D'autre part, nous pourrions aborder les questions de rétroactions climatiques en lien avec :

- Le cycle de l'eau (vapeur d'eau = important gaz à effet de serre).
- L'albédo planétaire.
- Le cycle du carbone.

Les deux dernières rétroactions pourront être abordées dans le contexte de la COP21, en jouant sur des taux croissant ou décroissant d'émissions de CO<sub>2</sub>. La question de l'albédo planétaire pourra être abordée sous l'angle de la géo-ingénierie afin d'en discuter l'efficacité.

Une présentation d'autres outils tels que CO<sub>2</sub> modeller <http://www.co2modeller.info/#apps> pourra éventuellement être réalisée.

<b>UE</b>	<b>SIMULATION</b>	<b>6 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Projet climat environnement		
<b>EISOC3G7</b>	Projet : 50h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'objectif est de développer la capacité des étudiants à enquêter sur un sujet relatif au climat en faisant appel à leurs connaissances scientifiques et à leur esprit critique.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

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 abordant 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... ). Les étudiants auront environ 2 mois pour préparer un document écrit de 4 pages maximum à partir de leurs recherches bibliographiques dans des revues scientifiques mais pas seulement, illustré au besoin par des figures. Ils pourront travailler seuls ou en binômes.

UE	COMPÉTENCES	6 ECTS	1 <sup>er</sup> semestre
Sous UE	Prévisions météorologiques et mesures aéroportées		
EISOC3H1	Projet : 25h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Visite de SAFIRE à Franczal, présentation de ses missions, des avions de recherche et des capteurs embarqués. 2 séances de prévision météorologique organisées par les élèves/étudiants à J-2 et J-1 en présence des pilotes pour évaluer la situation météorologique du jour J et définir un plan de vol afin d'échantillonner un événement atmosphérique dans un périmètre d'environ 200 km autour de Toulouse. Vols le jour J à bord de l'ATR42 de SAFIRE. Debriefing des vols puis exploitation des données et confrontation de celles-ci aux prévisions avec l'aide de scientifiques. Rendus ultérieurs : présentation généraliste de la mission, article pour ENM-hebdo, restitution technique du dépouillement des mesures.

<b>UE</b>	<b>COMPÉTENCES</b>	<b>6 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Entreprise, innovation, intelligence économique, qualité		
<b>EISOC3H2</b>	Cours : 20h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Gestion et organisation des entreprises, gestion et management de projet/qualité
- Ateliers : compétences, métiers, CV/lettre de motivation, simulation d'entretien, communication

<b>UE</b>	<b>COMPÉTENCES</b>	<b>6 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Droit de l'environnement, développement durable		
<b>EISOC3H3</b>	Cours : 20h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Droit communautaire, législation sur l'eau, l'air, les déchets, rôle des DREAL, veille réglementaire, management environnemental, réglementation sanitaire et sécurité industrielle, ICPE.
- Construction sociale de l'idée de nature, émergence des grandes problématiques environnementales, dossiers-clés : club de Rome, sommets de la Terre, protocole de Kyoto, Copenhague, COP 21, qu'est-ce que le développement durable ?, petit retour sur la notion de croissance

UE	STAGE	30 ECTS	2 <sup>nd</sup> semestre
EISOC4AM	Stage : 6 mois		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COQUILLAT Sylvain

Email : [sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr](mailto:sylvain.coquillat@aero.obs-mip.fr)

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

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.

# GLOSSAIRE

---

## TERMES GÉNÉRAUX

### DÉPARTEMENT

Les départements d'enseignement sont des structures d'animation pédagogique internes aux composantes (ou facultés) qui regroupent les enseignants intervenant dans une ou plusieurs mentions

### UE : UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Unité d'Enseignement. Un semestre est découpé en unités d'enseignement qui peuvent être obligatoire, optionnelle (choix à faire) ou facultative (UE en plus). Une UE représente un ensemble cohérent d'enseignements auquel est associé des ECTS.

### ECTS : EUROPEAN CREDITS TRANSFER SYSTEM

Les ECTS sont destinés à constituer l'unité de mesure commune des formations universitaires de Licence et de Master dans l'espace européen depuis sa création en 1989. Chaque UE obtenue est ainsi affectée d'un certain nombre d'ECTS (en général 30 par semestre d'enseignement). Le nombre d'ECTS est fonction de la charge globale de travail (CM, TD, TP, etc.) y compris le travail personnel. Le système des ECTS vise à faciliter la mobilité et la reconnaissance des diplômes en Europe.

## TERMES ASSOCIÉS AUX DIPLOMES

Les diplômes sont déclinés en domaines, mentions et parcours.

### DOMAINE

Le domaine correspond à un ensemble de formations relevant d'un champ disciplinaire ou professionnel commun. La plupart de nos formations relèvent du domaine Sciences, Technologies, Santé.

### MENTION

La mention correspond à un champ disciplinaire. Elle comprend, en général, plusieurs parcours.

### PARCOURS

Le parcours constitue une spécialisation particulière d'un champ disciplinaire choisie par l'étudiant au cours de son cursus.

## TERMES ASSOCIÉS AUX ENSEIGNEMENTS

### CM : COURS MAGISTRAL(AUX)

Cours dispensé en général devant un grand nombre d'étudiants (par exemple, une promotion entière), dans de grandes salles ou des amphis. Au-delà de l'importance du nombre d'étudiants, ce qui caractérise le cours magistral, est qu'il est le fait d'un enseignant qui en définit lui-même les structures et les modalités. Même si ses contenus font l'objet de concertations entre l'enseignant, l'équipe pédagogique, chaque cours magistral porte la marque de l'enseignant qui le dispense.

## TD : TRAVAUX DIRIGÉS

Ce sont des séances de travail en groupes restreints (de 25 à 40 étudiants selon les composantes), animés par des enseignants. Ils illustrent les cours magistraux et permettent d'approfondir les éléments apportés par ces derniers.

## TP : TRAVAUX PRATIQUES

Méthode d'enseignement permettant de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises durant les CM et les TD. Généralement, cette mise en pratique se réalise au travers d'expérimentations. En règle générale, les groupes de TP sont constitués des 16 à 20 étudiants. Certains travaux pratiques peuvent être partiellement encadrés voire pas du tout. A contrario, certains TP, du fait de leur dangerosité, sont très encadrés (jusqu'à 1 enseignant pour quatre étudiants).

## PROJET OU BUREAU D'ÉTUDE

Le projet est une mise en pratique en autonomie ou en semi-autonomie des connaissances acquises. Il permet de vérifier l'acquisition des compétences.

## TERRAIN

Le terrain est une mise en pratique encadrée des connaissances acquises en dehors de l'université.

## STAGE

Le stage est une mise en pratique encadrée des connaissances acquises dans une entreprise ou un laboratoire de recherche. Il fait l'objet d'une législation très précise impliquant, en particulier, la nécessité d'une convention pour chaque stagiaire entre la structure d'accueil et l'université.

