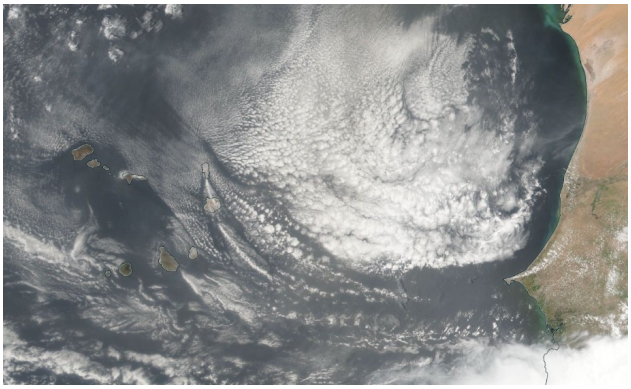
STAGE DE RECHERCHE de MASTER 2ème ANNEE
Master MOCIS / WAPE
Année Universitaire 2026-2027

LABORATOIRE : Laboratoire de Météorologie Dynamique, Sorbonne Université
Adresse: Tour 45-55 - 3e étage
4 Place Jussieu
75252 Paris Cedex

SUJET DU STAGE :
Étude du lien entre organisation spatiale mésoéchelle des stratocumulus et structures cohérentes de couche limite marine à partir des observations de la campagne de terrain MAESTRO.
Analysis of the link between spatial organization of stratocumulus and coherent structures in the atmospheric marine boundary-layer using in-situ observations of the MAESTRO field campaign.




Gauche : Vue satellite de stratocumulus au large du Cap-Vert le 10 Août 2024 (Suomi NPP) ; droite : l'avion instrumenté ATR-42 pendant la campagne MAESTRO (Août-Septembre 2024, Sal, Cap-Vert).

COORDONNEES DES RESPONSABLES :
Encadrantes principales:
Nom – Prénom : DUFAUX Clarisse
Grade: Doctorante (2e année)
E-mail : clarisse.dufaux@lmd.ipsl.fr

Nom – Prénom : MONNIER Emma
Grade: Doctorante (3e année)
E-mail : emma.monnier@lmd.ipsl.fr

Encadrants secondaires:
Nom – Prénom : BRIENT Florent
Grade: Maître de Conférence SU
E-mail : florent.brient@lmd.ipsl.fr

Nom – Prénom : BONY Sandrine
Grade: Directrice de recherche CNRS
E-mail : sandrine.bony@lmd.ipsl.fr

Nom – Prénom : DUFRESNE Jean-Louis
Grade: Directeur de recherche émérite CNRS
E-mail : jean-louis.dusfresne@lmd.ipsl.fr

NATURE DU SUJET :
Théorie: Un peu
Modélisation numérique: Pas du tout
Expérimentation: Pas du tout
Analyse de données: Beaucoup
Instrumentation: Un peu

SUJET : *(English version at the end)*

Les nuages de couche limite (cumulus et stratocumulus) contribuent fortement à un refroidissement de la Terre à cause de leur fort albédo, de leur faible effet de serre et de leur grande couverture spatiale (Wood, 2012). La majorité des modèles et des observations suggèrent une diminution de la couverture des stratocumulus avec le changement climatique, et par conséquent une rétroaction positive sur le réchauffement (Myers et al. 2021). Toutefois, les modèles ont tendance à sous-estimer la couverture des stratocumulus, et ne s'accordent pas sur l'amplitude de sa diminution. De plus, une incertitude supplémentaire provient du fait que l'organisation spatiale des nuages n'a pas été prise en compte dans l'analyse de cette rétroaction. En particulier, les observations montrent que les stratocumulus s'organisent en structures cellulaires. Une étude récente (Monnier et al., 2026) basées sur des observations satellitaires, a montré l'existence d'un cycle diurne de cette organisation en cellules, qui est retrouvé quelque soit l'année, le type d'organisation nuageuse et le bassin océanique des stratocumulus. La question de pourquoi les stratocumulus s'organisent spatialement en motifs cellulaires ainsi que la robustesse de cette évolution diurne reste toutefois ouverte. Les précédents travaux sur les stratocumulus semblent suggérer que l'organisation des panaches convectifs de la couche limite marine joue un rôle important dans l'organisation en cellule, mais cette hypothèse reste inexplorée.

Le but du stage est de coupler deux approches, d'une part des observations satellites, donnant accès à la mésoéchelle, et d'autre part, l'analyse de mesures *in situ* de la campagne aéroportée MAESTRO (Mesoscale Organization of Tropical Convection, https://maestro.aeris-data.fr/), donnant accès à de très fines échelles afin de comprendre comment les panaches individuels se lient en cellules convectives caractéristiques des stratocumulus. L'organisation spatiale mésoéchelle des stratocumulus dans la zone d'étude sera analysée à partir d'observations satellites du géostationnaire MSG en adaptant la méthodologie de Monnier et al. 2026 aux cas de stratocumulus de MAESTRO. Cette première analyse sera ensuite mise en lien avec l'analyse des données de la campagne MAESTRO, qui a eu lieu au Cap-Vert en août-septembre 2024. A partir de mesures effectuées par un avion instrumenté, des observations *in situ* et de télédétection très haute résolution ont été récoltées pour caractériser les nuages et leur environnement dans l'Atlantique tropical. L'étudiant.e s'intéressera à la caractérisation de la couche limite sous les stratocumulus (couplage avec la surface, flux turbulents, distribution de taille et densité des panaches convectifs) (en adaptant la méthode de Bony et al. 2025), dans le but de faire le lien avec l'organisation cellulaire observée par satellite.

Compte-tenu de la diversité des situations convectives échantillonnées pendant la campagne MAESTRO, des questions scientifiques complémentaires pourront être explorées, notamment les transitions stratocumulus-cumulus et les cas de "cumulus under stratocumulus", ainsi que de tester les résultats sur le cycle diurne observé par Monnier et al. 2026.

Références :
Bony, S., Poujol, B., Mckim, B., Rochetin, N., Lothon, M., Windmiller, J., ... & Delanoë, J. (2025). Evidence for the role of thermal and cloud merging in mesoscale convective organization. *Atmospheric Chemistry and Physics*, *25*(23), 17331-17362.
Myers, T. A., Scott, R. C., Zelinka, M. D., Klein, S. A., Norris, J. R., & Caldwell, P. M. (2021). Observational constraints on low cloud feedback reduce uncertainty of climate sensitivity. *Nature Climate Change*, *11*(6), 501-507.
Wood, R. (2012). Stratocumulus Clouds, *Mon. Weather Rev.*, 140, 2373–2423.
Monnier, E., Brient, F., & Dufresne, J. L. (2026). Diurnal cycle of stratocumulus mesoscale convective cells in the South-East Pacific. *Atmospheric Chemistry and Physics*, *26*(14), 10509-10531.

POURSUITE :
Ce stage peut-il donner lieu à un sujet de thèse ? Oui, si financements.

*** English version ***

SUBJECT:

Theory: A little
Numerical modeling: Not at all
Experimentation: Not at all
Data analysis: A lot
Instrumentation: A little

Boundary-layer clouds (cumulus and stratocumulus) contribute significantly to the cooling of the Earth due to their high albedo, low greenhouse effect, and extensive spatial coverage (Wood, 2012). Most models and observations suggest a decrease in stratocumulus coverage with climate change, and consequently a positive feedback on warming (Myers et al. 2021). However, models tend to underestimate stratocumulus coverage and do not agree on the magnitude of its variation. Furthermore, an additional source of uncertainty stems from the fact that the spatial organization of clouds has not been taken into account in the analysis of this feedback. In particular, observations show that stratocumulus clouds are organized into cellular structures. A recent study (Monnier et al., 2026), based on satellite observations, demonstrated the existence of a diurnal cycle in this cellular organization, which is observed regardless of the year, the type of cloud organization, or the ocean basin where the stratocumulus clouds are located. However, the question of why stratocumulus clouds organize spatially into cellular patterns, as well as the robustness of this diurnal evolution, remains open. Previous studies on stratocumulus clouds seem to suggest

that the organization of convective plumes in the marine boundary layer plays an important role in cell organization, but this hypothesis remains unexplored.

The goal of the internship is to combine two approaches: satellite observations, which provide insight into the mesoscale, and the analysis of in situ measurements from the MAESTRO airborne campaign (Mesoscale Organization of Tropical Convection, https://maestro.aeris-data.fr/), which provide access to very fine scales, in order to understand how individual plumes coalesce into the convective cells characteristic of stratocumulus clouds. The mesoscale spatial organization of stratocumulus clouds in the study area will be analyzed using satellite observations from the MSG geostationary satellite by adapting the methodology of Monnier et al. 2026 to the stratocumulus cases from MAESTRO. This initial analysis will then be linked to the analysis of MAESTRO data, which was collected in Cape Verde in August–September 2024. Based on measurements taken by an instrumented aircraft, in situ observations and very high-resolution remote sensing data were collected to characterize the clouds and their environment in the tropical Atlantic. The student will focus on characterizing the boundary layer beneath stratocumulus clouds (coupling with the surface, turbulent fluxes, and the size and density distribution of convective plumes) (adpating the method from Bony et al. 2025), with the aim of establishing a link to the cellular organization observed by satellite.

Given the diversity of convective situations sampled during the MAESTRO campaign, additional scientific questions may be explored, including stratocumulus-cumulus transitions and “cumulus under stratocumulus” cases, as well as testing the results regarding the diurnal cycle observed by Monnier et al. 2026.

References

Bony, S., Poujol, B., Mckim, B., Rochetin, N., Lothon, M., Windmiller, J., ... & Delanoë, J. (2025). Evidence for the role of thermal and cloud merging in mesoscale convective organization. *Atmospheric Chemistry and Physics*, *25*(23), 17331-17362.

Myers, T. A., Scott, R. C., Zelinka, M. D., Klein, S. A., Norris, J. R., & Caldwell, P. M. (2021). Observational constraints on low cloud feedback reduce uncertainty of climate sensitivity. *Nature Climate Change*, *11*(6), 501-507.

Wood, R. (2012). Stratocumulus Clouds, *Mon. Weather Rev.*, 140, 2373–2423.

Monnier, E., Brient, F., & Dufresne, J. L. (2026). Diurnal cycle of stratocumulus mesoscale convective cells in the South-East Pacific. *Atmospheric Chemistry and Physics*, *26*(14), 10509-10531.

Follow-up:

May this internship lead to a doctoral thesis topic ? Yes, if fundings.