



SESSION : AUTOMNE 2019

DATE D'EFFET : 01/01/2020

**PROJET DE CREATION D'UN
GROUPEMENT DE RECHERCHE**

Nom et prénom du demandeur 1 : Noël Vincent

Date de naissance : 4 mai 1976

Qualité et organisme d'appartenance : CR CNRS, Laboratoire d'Aérodynamique

Intitulé du groupement : Expecting Earth-CARE, Learning from A-Train

Intitulé réduit du sigle : EECLAT

Institut (2) : INSU

Délégation : DR 14 – Midi-Pyrénées

N° de la section d'évaluation du Comité nationale de la recherche scientifique (2) : 19

Adresse du groupement :

Laboratoire d'Aérodynamique

Observatoire Midi-Pyrénées

14 avenue Édouard Belin

31400 Toulouse

Téléphone : 05 61 33 27 55 Télécopie : 05 61 33 28 88 Courriel : vincent.noel@aero.obs-mip.fr

Date : 16/9/2019

Signature du demandeur :



Partie à remplir par la direction ou présidence des organismes d'appartenance des unités ou équipes extérieures au CNRS participant au GDR (3)

Je donne mon accord à la participation à ce GDR de(s) l'équipe(s) ou de(s) l'unité(s) Laboratoire d'Aérodynamique (4) :

Nom : MARI

Prénom : Céline

Qualité : Directrice d'Unité

Date : 16/9/2019

Signature :

(1) Rayer les mentions inutiles.

(2) Voir en annexe la liste des sections du Comité national de la recherche scientifique et Instituts

(3) Ne concerne que les projets de création et les demandes de renouvellement.

REmplir autant de fiches que d'organismes d'appartenance

(4) Préciser l'intitulé de(s) l'équipe(s) ou de(s) l'unité(s).

Nom et prénom du demandeur 2 : Chiriaco Marjolaine

Date de naissance : 27 décembre 1978

Qualité et organisme d'appartenance : MCF UVSQ, LATMOS

Intitulé du groupement : Expecting Earth-CARE, Learning from A-Train

Intitulé réduit du sigle : EECLAT

Institut (2) : INSU

Délégation : /

N° de la section d'évaluation du Comité nationale de la recherche scientifique (2) : 19

Adresse du groupement : /

Téléphone : 01 80 28 52 49

Courriel : marjolaine.chiriaco@latmos.ipsl.fr

Date : 16/9/2019

Signature du demandeur :



Partie à remplir par la direction ou présidence des organismes d'appartenance des unités ou équipes extérieures au CNRS participant au GDR (3)

Je donne mon accord à la participation à ce GDR de(s) l'équipe(s) ou de(s) l'unité(s) LATMOS (4) :

Nom : Keckhut

Prénom : Philippe

Qualité : Directeur d'Unité

Date : 16/9/2019

Signature :

(1) Rayer les mentions inutiles.

(2) Voir en annexe la liste des sections du Comité national de la recherche scientifique et Instituts

(3) Ne concerne que les projets de création et les demandes de renouvellement.

REPLIR AUTANT DE FICHES QUE D'ORGANISMES D'APPARTENANCE

(4) Préciser l'intitulé de(s) l'équipe(s) ou de(s) l'unité(s).



ANNEE : 2019

Nom des demandeurs : Vincent Noël, Marjolaine Chiriaco

Mission du Groupement

Le Groupement de Recherche EECLAT a pour vocation de regrouper l'ensemble des scientifiques des laboratoires français travaillant sur l'étude de l'atmosphère à partir des mesures spatiales par télédétection active. Cette communauté, structurée depuis 2011 autour d'un projet INSU-LEFE et CNES-TOSCA couvre le spectre des expertises nécessaires au cycle scientifique complet des mesures spatiales, de la conception instrumentale à l'analyse des observations pour finir par l'interprétation et la publication.

Le GDR EECLAT proposé dans ce document est organisé autour de 4 thèmes :

- **Thème 1 : Climat**
- **Thème 2 : Source, transport, évolution des aérosols**
- **Thème 3 : Processus nuageux**
- **Thème 4 : Liens entre propriétés physiques de l'atmosphère et observations par télédétection**

Il regroupe 57 personnes de 9 laboratoires différents.

Il est attendu que l'INSU et le CNES soient tutelles du GDR EECLAT, sous réserve de leur approbation.

EECLAT – Expecting Earth-CARE, Learning from A-Train

Contexte scientifique

Les observations de télédétection sont essentielles pour comprendre comment fonctionne l'atmosphère terrestre. Depuis l'espace, elles permettent de documenter les conditions atmosphériques de l'ensemble du globe. Parmi ces propriétés, celles des nuages et des aérosols jouent un rôle clé sur le bilan radiatif, le cycle de l'eau, et la chimie atmosphérique. Les observations de télédétection constituent aujourd'hui la seule approche pour savoir ce qu'il se passe dans l'atmosphère de façon régulière dans le temps à des altitudes et des régions hors d'atteinte des observations *in situ*. Les modèles atmosphériques rendent possible des prévisions opérationnelles à court terme mais aussi des prévisions climatiques. La télédétection globale apporte les contraintes observationnelles indispensables à une représentation réaliste des processus atmosphériques dans ces modèles, soit explicites soit par paramétrisations, qui seuls peuvent mener à des prédictions robustes du système climatique.

Depuis leur mise en orbite en 2006, les observations de télédétection active du lidar spatial CALIPSO et du radar spatial CloudSat ont apporté une nouvelle dimension spatiale à ces mesures globales (Stephens et al., 2018). L'analyse approfondie de ces mesures a permis de documenter la répartition verticale des nuages et des aérosols (Oeropoulos et al., 2017; Omar, 2019) et de leurs propriétés microphysiques, macrophysiques et physico-chimiques (épaisseur optique, contenu en glace, taille des cristaux, spéciation et concentration d'aérosols...). La mise en orbite prévue en 2022 de l'instrument Earth-CARE (Illingworth et al., 2015) viendra compléter la décennie d'observations déjà disponible ce qui permettra d'étudier à la fois la variabilité naturelle de l'atmosphère, et ses changements sous forçage anthropique : des changements importants prévus par les modèles de climat – élargissement de la cellule de Hadley, élévation de la tropopause tropicale et polaire, déplacement des storm tracks vers les hautes latitudes – affectent la distribution verticale des nuages, d'une façon qui devrait être rapidement visible dans les observations actives (Chepfer et al., 2018).

Dans ce contexte, l'exploitation de la télédétection active pour mieux comprendre les nuages et les aérosols repose sur 3 types d'activité :

- Le développement d'algorithmes pour nous informer de manière utile et pertinente sur les nuages et les aérosols (physique de la mesure) ;
- La construction de jeux de données couvrant des domaines globaux sur de longues périodes de manière cohérente, via notamment la fusion de données issues de différents capteurs ;
- L'exploitation de ces jeux de données pour en tirer de nouvelles connaissances scientifiques.

Ces 3 activités sont au cœur des activités entreprises de façon collégiale par la communauté concernée par le Groupement de Recherche EECLAT – "Expecting Earth-CARE, Learning from A-Train".

Le GDR EECLAT émerge des activités de recherche entreprises par la communauté scientifique française depuis plusieurs années étudiant l'atmosphère avec les observations spatiales actives. Le groupement a d'abord pris la forme d'un projet soumis à l'INSU/LEFE et au CNES/TOSCA en 2011, reprenant les priorités de plusieurs propositions existantes tout en élargissant leurs contours, et réunissant les principaux laboratoires français actifs dans le domaine : LATMOS, LaMP, LMD, CNRM, LOA. Le projet a été reconduit chaque année depuis, bénéficie d'un soutien récurrent du LEFE et du TOSCA sur les activités d'exploitation des missions spatiales, et intègre aujourd'hui des activités de recherche portées par près d'une cinquantaine de scientifiques permanents et de nombreux post-docs, CDD et doctorants d'une dizaine de laboratoires. En 2017 la communauté EECLAT a été mise à contribution par le CNES pour instruire le bilan des activités de recherche françaises liées à la mission CALIPSO lors de la REvue DE Mission, et en 2018 a encadré les propositions d'activités françaises de calibration validation de la future mission ESA Earth-CARE. La communauté se structure via la participation soutenue à des ateliers annuels¹, lieux d'échange et de réflexion autour des enjeux et des

¹ <https://eeclat.ipsl.jussieu.fr/workshops/>

objectifs scientifiques communs. En 2018 cet atelier a pris une dimension internationale sous la forme d'un workshop joint avec le bureau Earth-CARE du DLR (Luebke et al., 2018).

Objectifs et structuration

En raison de la structuration initiale autour d'un double appel à proposition scientifique de l'INSU/LEFE et du CNES/TOSCA, une spécificité d'EECLAT est de réunir dans le même groupe 1) des activités de mise au point d'algorithmes de traitement de données actives spatiales et d'études de calibration/validation associées, et 2) les activités d'exploitation scientifique de ces jeux de données pour mieux comprendre le fonctionnement de l'atmosphère terrestre.

EECLAT a abouti à la création de plusieurs nouveaux produits spatiaux spécifiquement dédiés à l'évaluation des modèles de climat (GOCCP, CLIMP – Chepfer et al., 2010 ; Reverdy et al., 2015 ; Ma et al. 2018), de produits synergiques multi-instruments documentant la distribution spatiale de propriétés optiques et microphysiques des nuages et des aérosols (DARDAR, DARDAR-NICE, SODA – Sourdeval et al., 2018 ; Cazenave et al., 2019), révélant des biais systématiques dans les propriétés restituées par d'autres instruments (Garnier et al., 2013; Heidinger et al., 2015) ou dans la représentation des nuages dans les modèles (Konsta et al., 2015; Chakroun et al., 2016). Ces produits spatiaux permettent de concevoir des approches scientifiques multi-instrumentales pour (1) mieux comprendre les processus microphysiques et radiatifs pilotant le cycle de vie des nuages, des aérosols, et des précipitations dans les régions climatiques clés (Tropiques, Pôles, océan Austral), et (2) étudier la variabilité de l'atmosphère à l'échelle globale. Les retombées marquantes de ces activités comprennent la synthèse aux échelles régionales et globale de nombreuses propriétés des nuages, des précipitations et des aérosols (Di Biagio et al., 2018; Josset et al., 2018; Genthon et al., 2018; Mioche and Jourdan 2018; Ancellet et al., 2019) et leur impacts radiatifs (Alkasem et al., 2017) et climatiques (Lacour et al., 2018; Morrison et al., 2019; Bellouin et al., 2019), la reconstruction du cycle diurne des profils nuageux (Noel et al., 2018; Feofilov et al., 2019), l'identification de l'état d'un nuage au cours de son cycle de vie en fonction de sa morphologie (Protopapadakis et al., 2017), et le développement de métriques nuageuses menant à des nouvelles paramétrisations (Stubenrauch et al., 2019).

Pour résumer, de 2011 à 2018 la communauté EECLAT s'est construite autour du soutien du CNES/TOSCA et de l'INSU/LEFE pour regrouper le spectre des expertises nécessaires au cycle scientifique complet des mesures spatiales, de la conception instrumentale à l'analyse des mesures pour finir par leur interprétation scientifique et sa publication². Cette approche partant du questionnement scientifique est aujourd'hui reconnue et nous sommes à maturité pour nous structurer dans un GDR et relever de nouveaux défis scientifiques :

1. Pérenniser les séries temporelles d'observations actives jusqu'à des durées suffisantes pour la détection de signaux provoqués par le réchauffement climatique d'origine anthropique. Cette action se mènera sur deux fronts : 1) la fusion de multiples jeux de données actives spatiales, et 2) la spécification des instruments et missions spatiales *post* Earth-CARE ;
2. Assimiler les informations essentielles sur les nuages et les aérosols provenant de mesures actives dans les prédictions opérationnelles et les réanalyses pour progresser sur les prédictions de qualité de l'air et d'évolution de panaches volcaniques, enjeux sociétaux majeurs ;
3. Développer la spéciation des aérosols et des cristaux de glace dans les nuages froids (cirrus, phase mixte) et les précipitations solides (notamment en régions polaires), pour mieux comprendre quels processus les pilotent en fonction des environnements synoptiques et thermodynamiques. Les nouvelles longueurs d'onde des lidars spatiaux constituent une opportunité : ADM-Aeolus (lancé en 2018) et Earth-CARE (2022) fonctionnent dans l'ultraviolet, alors que CALIPSO fonctionne dans le visible ;

² <https://eeclat.ipsl.jussieu.fr/4-2/publications/>

4. Expliquer l'évolution conjointe du nuage et de son environnement (notamment en amont et en aval de la convection), en tirant parti d'approches qui combinent de manière holistique mesures de nuages, d'aérosols et de précipitations, en lien avec la vapeur d'eau et le rayonnement.

Pour relever ces défis, nous proposons de structurer le Groupement de Recherche EECLAT autour des trois thèmes suivants :

Thème 1 - Climat

Thème 2 - Aérosols

Thème 3 - Nuages

Un **Thème 4 transverse** se focalisera sur les avancées nécessaires pour la résolution des problèmes directs et indirects servant les intérêts des trois thèmes ci-dessus (propagation d'incertitudes, nouveaux instruments, processus d'identification de points sensibles...).

Mutualisation

Les objectifs scientifiques poursuivis dans les 4 thèmes bénéficieront simultanément de plusieurs initiatives de mutualisation, dont plusieurs sont déjà entreprises :

- La centralisation sur serveurs miroirs et la traduction dans des formats maîtrisés par la communauté de variables importantes et produits issus de nouvelles missions spatiales. Des efforts en ce sens impliquant AERIS ont déjà été initiés pour la mission ESA ADM-Aeolus, ces efforts serviront de modèle pour la mission Earth-CARE.
- Le catalogage systématique et la dissémination libre des mesures colocalisées avec les observations spatiales durant les survols de sites sol français (ACTRIS) et lors de campagnes de mesure.
- L'optimisation de la production des algorithmes de traitement et de la mise à disposition des données par le recours aux services d'AERIS.
- La mise en commun prioritaire dans le GDR des produits tirés des algorithmes d'inversion d'observations actives développées dans EECLAT-TOSCA (GOCCP, CLIMP, DARDAR, DARDAR-NICE, SODA...) et le partage du savoir-faire associé (interprétation de la qualité des données notamment).
- La mise en commun d'outils radiatifs spécifiquement adaptés aux instruments actifs, dont les simulateurs d'observables développés dans EECLAT-TOSCA : McRALI, package COSP...
- Les études des interactions entre nuages/aérosols, le cycle de l'eau et le bilan radiatif et leur représentation dans les modèles profiteront d'un interfaçage avec les communautés associées aux **GDR DEPHY** et **Megha-Tropiques**. L'organisation d'un atelier commun regroupant un sous-ensemble des 3 communautés sera l'occasion d'encourager l'émergence d'approches innovantes dans de multiples directions scientifiques.

Thème 1 : Climat

Les observations par télédétection active mesurent avec précision les distributions verticale et horizontale des nuages et des aérosols, leur opacité, plusieurs indicateurs de leurs propriétés microphysiques (phase des nuages, estimation de la taille des particules, du contenu en glace, discrimination des types d'aérosols) et les précipitations peu intenses. Ces nouvelles séries dérivées d'observations, associées à la télédétection passive et aux observations des stations sol, couvrent maintenant une décennie ou plus et sont à maturité pour permettre de progresser sur des questions climatiques.

Le premier objectif de ce thème (Sect. 1 ci-dessous) est de construire des séries climatiques des nuages et des aérosols incluant leur distribution verticale fine pour progresser dans notre compréhension du système climatique. Les deux autres objectifs consistent à exploiter ces enregistrements climatiques pour progresser sur les questions relatives (1) aux nuages et au climat : rétroactions, sensibilité climatique et événements extrêmes (Sect. 2 ci-dessous) ; (2) aux aérosols et au climat : effet des espèces à courte durée de vie sur les interactions aérosols-nuages-précipitations, effet radiatif direct et indirect des aérosols (Sect. 3 ci-dessous).

1. Observer la variabilité fine des nuages et des aérosols à l'échelle globale et sur une longue période

Le lidar spatial CALIOP/CALIPSO a collecté 12 années d'observations et le radar spatial CloudSat en a collecté 5 complètes et 7 de jour uniquement. Le lidar et le radar de la mission Earth-CARE qui sera lancée début 2022 compléteront ces enregistrements climatiques ; une mission A-CCP (Aerosols - Clouds, Convection and Precipitation) prévue pour le milieu des années 2020 est à l'étude. Ces observations par télédétection active sont enrichies par des mesures de rayonnement passives colocalisées spatialement et temporellement (e.g. AIRS, MODIS, OMI sur l'A-Train pour l'instant). Les sites sol d'observation ont également collecté plus de 15 années de mesures par télédétection active lidar et radar, complétées par des mesures continues de rayonnement (e.g. sites ACTRIS et ARM).

L'observation précise des nuages et des aérosols implique des défis spécifiques. Les aérosols au-dessus des surfaces continentales, très localisés, nécessitent une résolution horizontale fine, la détection des nuages polaires au-dessus des surfaces glacées implique l'accès à un sondage vertical précisément résolu et un rapport signal sur bruit élevé. Aussi, l'étude de la variabilité naturelle de l'atmosphère et de ses composants nécessite de couvrir l'échelle temporelle de ses grands modes comme El Nino ou l'oscillation Nord-Atlantique (donc pluri-annuelle). Enfin, la détection d'un signal anthropique dans les séries climatiques nuageuses nécessite au moins 20 ans de données lidar (Chepfer et al. 2018). Les mesures par lidar spatial (passées et futures) répondent à tous ces critères: une résolution horizontale de 300 m et verticale de 60 m, une sensibilité de détection capable de documenter des couches de particules invisibles à l'œil nu (Martins et al., 2011), à l'échelle globale depuis 13 ans et avec une extension dans le futur proche assurée par Earth-CARE. Pour que ces observations de télédétection active, initialement définies pour mener des études de processus, contribuent à faire progresser les sciences du climat, il faut construire des séries climatiques **longues, fiables, résolues (verticalement et horizontalement) et précises**.

Le premier objectif de ce thème est de construire ces séries à partir des données collectées par les mesures de télédétection active satellite, complétées par des mesures passives colocalisées et des mesures sol. Ces séries climatiques décriront l'évolution de la structure verticale des nuages et des aérosols, de la phase de l'eau, d'indicateurs de forme, de la microphysique des aérosols... (résultats notamment issus des travaux réalisés dans les Thèmes 2 et 3) à la résolution optimum (300 m horizontal et 60 m vertical) mais aussi en moyenne sur des grilles comparables aux sorties de modèles (quelques km à quelques dizaines de km pour les simulations régionales et 1°x1° ou 2°x2° pour les simulations globales). La construction de ces nouveaux jeux de données est un sujet de recherche en

soi car jamais encore tentée pour les mesures de télédétection active spatiales : les défis diffèrent de ceux de la télédétection passive. L'approche est détaillée dans la partie méthode de ce thème.

2. Comprendre la variabilité naturelle des nuages et leur évolution dans un climat plus chaud

Les nuages sont au cœur des incertitudes sur les prévisions d'évolution du climat comme le rappellent tous les rapports du GIEC : nous ignorons à ce jour quelles seront les évolutions à long-terme des nuages en réponse au changement climatique d'origine anthropique. Pour **détecter** un signal nuageux et l'**attribuer** à une réponse au forçage anthropique, il faut d'abord caractériser sa **variabilité naturelle**.

Concernant la **variabilité naturelle des nuages**, le défi est de mieux caractériser la distribution verticale de leurs propriétés macrophysiques et microphysiques, qui varient de l'échelle journalière à l'échelle décennale (voire pluri-décennales) et de l'échelle locale à l'échelle globale. Pour comprendre cette variabilité et la modéliser (climat présent et futur), il faudra en identifier les causes, comme l'interaction entre processus locaux et circulation de grande échelle. Priorité sera donnée aux zones du globe où une forte réponse nuageuse au forçage anthropique est attendue (information connue grâce aux modèles de climat), notamment :

- Zones d'ascendances dans les Tropiques avec un changement attendu dans l'altitude des nuages hauts dû à l'équilibre radiatif-convectif (Zelinka et al. 2012) ;
- Zones de subsidences dans les Tropiques où les nuages sont au cœur des rétroactions liées au rayonnement visible (Clement et al. 2009) ;
- L'océan austral de l'hémisphère sud et son abondance de stratocumulus (Klein et Hall 2015) ;
- Régions polaires où les nuages modulent la fonte des glaces de mer (Lacour et al. 2018).

L'analyse des séries climatiques décrites dans la Sect. 1 de ce thème permettra d'aborder ces questions sur la caractérisation de la variabilité des nuages (morphologie, macrophysique, microphysique), leur implication dans les événements extrêmes, et les rétroactions impliquées. Une piste à explorer implique l'analyse statistique des distributions saisonnière et spatiale des propriétés microphysiques des nuages, notamment en fonction des conditions thermodynamiques (voir Thème 3 sur les processus nuageux).

Pour trouver le **signal anthropique dans la variabilité à long terme des nuages**, les questions actuelles de la **détection/attribution** seront abordées, ce qui sera rendu d'autant plus possible que la variabilité naturelle sera bien caractérisée. Des premiers travaux (e.g. Chepfer et al. 2018) montrent que la création de métriques spécifiques issues de la mesure lidar (produit OPAQ récemment mis à disposition dans GOCCP) permettent de détecter une tendance d'origine anthropique au bout de 20 à 30 ans dans certaines zones du globe. Cet objectif semble accessible puisque CALIPSO fournit déjà 13 années de mesures, Earth-CARE sera lancé prochainement, et les sites sol cumulent également de nombreuses années d'observations.

3. Quels sont les impacts climatiques des interactions aérosols-nuages-précipitations ?

La variabilité et l'évolution des propriétés optiques des aérosols sont les paramètres clés pour quantifier leur effet radiatif direct et indirect, comme détaillé dans le thème 2. L'évolution en cours des climats régionaux va impliquer une variabilité décennale accrue des sources importantes d'aérosols comme les feux de biomasse (Liu et al. 2014), et des changements locaux dans le lessivage des aérosols par les précipitations (Hou et al. 2018) qu'il convient de quantifier et d'analyser conjointement avec les changements du cycle de vie des nuages.

Comme pour les nuages, **l'analyse de séries climatiques d'indicateurs observationnels** décrites dans la Sect. 1 de ce thème sera essentielle pour aborder les questions de l'effet des aérosols sur le climat et de l'effet du changement climatique sur les aérosols. Le but est notamment de déterminer la

variabilité saisonnière et interannuelle des mélanges d'aérosol à **l'échelle régionale** dans certaines zones des basses, moyennes et hautes latitudes, là où les incertitudes sont les plus fortes.

Comme explicité dans le thème 2 (Aérosols), la prise en compte des processus liés aux aérosols dans les modèles fait l'objet de nombreuses approximations. Le champ obtenu reste généralement entaché de nombreuses incertitudes par comparaison à des données indépendantes. **L'assimilation des observations d'aérosols** issues de la télédétection spatiale a pour objectif de mieux représenter les différents types d'aérosols dans les modèles de chimie-transport. La disponibilité des différentes observations d'aérosols sur de longues périodes (plus d'une décennie) approchant l'échelle de temps **climatique** ouvre la perspective d'assimiler ces jeux de données dans les modèles de chimie-transport (soit de façon individuelle soit de façon conjointe). Un tel travail, même s'il demande des ressources importantes (préparation des données, temps de calcul, stockage, ...), permettra de tirer profit de l'assimilation et donnera accès à une climatologie des différents types d'aérosols plus réaliste à l'échelle globale.

4. Méthodologie

La construction des séries climatiques et leur analyse soulèvent plusieurs défis méthodologiques dus à la diversité des capteurs impliqués (télédétection active et passive, mesures spatiales et sol, orbites variées) et à la quantité de données. L'expertise en sciences des données (*data mining, big data*) explose dans nos laboratoires, et les appels d'offres liant climat et intelligence artificielle se développent : ce sont d'excellentes opportunités pour soutenir les questions posées dans ce thème. Les outils ainsi développés permettront d'aborder les problèmes posés par (i) l'intégration d'échelle et le passage de la mesure *in situ* à la mesure spatiale, (ii) la mise au point de nouveaux diagnostics climatiques et d'approches d'analyse nouvelles pour notre discipline (e.g. cartes auto-adaptatives, Kohonen, 1993) pour quantifier les rétroactions nuageuses, (iii) créer des bases de données de "pseudo-observations" à partir de méthodes de *downscaling* type forêts de régression pour faire le lien entre des capteurs d'orbites différentes (Carella et al. 2019). L'étude des interactions entre nuages et aérosols et circulation de grande échelle pourra se baser sur l'analyse en régimes de temps (Cassou et al. 2011) ou les analogues de circulation (Yiou et al. 2007).

Construire **les séries climatiques** impliquera de répondre aux questions méthodologiques suivantes (liste non exhaustive) :

- Comment coupler les données sol lidar, *in situ*, photomètre... avec des mesures spatiales actives pour documenter la variabilité long-terme des aérosols ?
- Comment coupler les mesures actives des instruments de l'A-Train à des géostationnaires ou à des satellites ayant une orbite différente (AIRS/IASI ou Méga-Tropiques) ?
- Comment réconcilier les observations satellite de lidars et radars successifs pour construire un enregistrement climatique de qualité suffisante pour détecter des changements nuageux dûs aux activités anthropiques ? Le changement de longueur d'onde entre le lidar de CALIPSO et celui d'Earth-CARE représente notamment un défi, tout comme les divergences d'instrument et d'orbite entre CALIPSO et ADM-Aeolus.
- Comment construire des séries climatiques multi-capteurs pouvant apporter des éléments de réponse aux questions liées à la morphologie, à la structure tridimensionnelle et aux effets radiatifs des nuages ?

Les questions posées dans ce thème se basent souvent sur l'analyse conjointe d'observations avec des simulations issues de modèles globaux ou régionaux. Cette approche combinée nécessite l'utilisation de simulateurs d'observables développés dans le cadre du projet COSP, qui doivent suivre l'évolution des capteurs (CALIPSO et Cloudsat, puis Earth-CARE et ACCP, et les lidars et radars sol) et des modèles. Ces développements sont détaillés dans le thème 4.

5. Réunions de travail

En plus de l'atelier annuel du GDR, l'animation de ce thème nécessitera des réunions dédiées, impliquant différents scientifiques des laboratoires LA, CNRM, LMD, LATMOS, LOA, sur les thèmes suivants :

- Mise au point d'une stratégie pour répondre aux appels d'offres mêlant Intelligence Artificielle et climat ;
- Construction de bases de données communes A-Train et sites sol
- Comment faire le lien entre des missions spatiales successives
- Comment faire le lien entre des missions spatiales simultanées d'orbites différentes

Chaque année une réunion aura lieu de manière physique et les autres par téléconférence.

Thème 2 : Source, transport, évolution des aérosols

Mieux comprendre la variabilité et l'évolution des propriétés optiques des aérosols est essentiel pour quantifier l'effet direct de leurs propriétés radiatives, compte tenu de la faible durée de vie des aérosols par rapport à celle des gaz à effet de serre (Stocker et al., 2013). L'effet indirect des aérosols via l'interaction avec le cycle de vie des nuages reste également mal appréhendé notamment pour la formation des nuages en phase mixte (Khain et al., 2015 ; Storelvmo, 2017). Les effets radiatifs sont fortement dépendants de la stratification verticale des aérosols, justifiant l'effort pour maintenir le déploiement de lidars dans l'espace (CALIOP, CATS, Earth-CARE, A-CCP) et pour développer les réseaux d'observation au sol (ACTRIS/EARLINET en Europe, MPLNET en Amérique du Nord, et CISLINET en Russie). Les aérosols jouent aussi un rôle important sur la qualité de l'air (augmentation des particules fines en atmosphère urbaine) ou sur la sécurité du transport aérien (panache volcanique). Ces enjeux sociétaux nécessitent la mise en place d'une stratégie de modélisation des panaches d'aérosol avec assimilation des observations lidar.

Le Thème 2 « source, transport, évolution des aérosols » a ainsi pour objectifs d'exploiter les mesures de lidar spatiaux pour (1) quantifier à l'échelle régionale les sources des principaux aérosols mais surtout leur transport et leur vieillissement qui va modifier leurs propriétés optiques (Ancellet et al., 2016 ; Pelon et al., 2017), (2) les assimiler dans les modèles de prévision de la pollution particulaire et de suivi des poussières volcaniques, et (3) caractériser les distributions des aérosols (concentration, type) en amont des zones de formation des nuages en phase mixte (voir Thème 3 – Processus nuageux).

1. Comment caractériser les sources, le transport et l'évolution des aérosols en utilisant les mesures de télédétection active ?

Associer les mesures lidar CALIPSO à des mesures lidar au sol (Tomsk, OPAR, PDD) et aéroportées (avion Tu-134 avec lidar/*in situ* en Russie, avion SAFIRE avec LNG en Europe) permet de viser trois objectifs : (1) déterminer les propriétés optiques des couches d'aérosols par de nouvelles méthodologies d'analyse des observations CALIPSO ; (2) améliorer les variables restituées à partir de mesures spatiales (rapport lidar, type aérosol) par de nouvelles méthodologies de prise en compte des observations sol (*in situ* et lidar) ; (3) déterminer les sources d'aérosol dans des régions critiques (Russie, Océan Indien, Océan Austral, Pacifique). Aussi, mettre les mesures CALIOP en synergie avec d'autres instruments spatiaux (imageurs IR, CloudSat, ADM) et suivre l'amélioration des produits lidar de bas niveau (calibration des signaux, réflectance de surface) sont des activités essentielles pour garantir une exploitation scientifique optimale des produits et de futures missions (Josset et al., 2011 ; Kim et al., 2018).

Pour **mieux comprendre le rôle des différentes sources d'aérosol en EURASIE** (feux de forêt, émissions urbaines et industrielles liées à l'exploitation du gaz et des hydrocarbures, aérosols organiques émis par la végétation, poussières désertiques d'Asie Centrale transportées vers le nord), il faut combiner plusieurs types d'observations (Law et al., 2014 ; Ancellet et al., 2019). Les produits développés dans le GDR grâce à la synergie des instruments de l'A-Train seront comparés aux observations sol et aéroportées en Russie. Un autre enjeu concerne l'analyse du rôle des sources d'aérosols identifiées à l'échelle régionale, qu'il s'agira d'étudier par simulations de transport et de lessivage des aérosols, en tirant parti des innovations de la version 10 du modèle Flexpart. La perspective de campagnes de mesures en Arctique dans le cadre du projet MOSAIC (Multidisciplinary drifting Observatory for the Study of Arctic Climate) en 2020 offrira une opportunité de relier ces études à l'impact plus général des sources d'aérosols aux latitudes moyennes sur les régions polaires (Di Biagio et al., 2018).

Il est également nécessaire de mieux caractériser **le rôle des feux de biomasse en Afrique Australe sur la variabilité des propriétés optiques des aérosols et sur l'interaction aérosol-nuage en**

région tropicale. Les mesures lidar de l'OPAR à trois longueurs d'onde (355 nm, 532 nm, 1064 nm) et deux polarisations (355 et 532 nm) permettent de mieux identifier les types d'aérosol observés à La Réunion (Begue et al., 2017). Les premières analyses de ces mesures ont mis en évidence l'influence des éruptions volcaniques modérées (e.g., 2014-Kélud en Indonésie ; 2015-Calbuco au Chili) sur le contenu en aérosol à La Réunion. L'augmentation de la fréquence de ces éruptions volcaniques modérées en Indonésie (e.g., 2017-Agung, 2018-Sinabung, 2019-Ulawun) fait de la Réunion un site stratégique pour l'étude du rôle des éruptions volcaniques sur la variabilité des propriétés optiques des aérosols en région tropicale et un démonstrateur des différences entre les produits aérosol des missions CALIPSO (532 nm, 1064 nm) et ADM-AEOLUS (355 nm), ainsi que la future mission Earth-CARE (355nm).

2. Comment améliorer la représentation des aérosols dans les modèles de chimie-transport par l'assimilation des observations spatiales ?

Les mesures des instruments satellitaires dans la basse troposphère ont ouvert de nouvelles perspectives pour la surveillance et une meilleure compréhension des processus de pollution atmosphérique. Le nombre et la qualité des observations d'aérosols par télédétection ont également augmenté grâce aux progrès des méthodes d'analyse et des techniques de détection. L'assimilation des observations spatiales et terrestres (épaisseur optique ou profil lidar) est essentielle pour **mieux représenter les différents types d'aérosols au sein des modèles de chimie-transport** tant à l'échelle régionale que globale.

Un module couplé au modèle MOCAGE assimile des observations d'épaisseur optique (AOD) ainsi que les profils verticaux lidar du coefficient de rétrodiffusion ou d'extinction en plusieurs configurations géométriques, en se basant sur une méthode variationnelle 3D-FGAT (tridimensional First Guess at Appropriate Time, e.g., Sic et al., 2016). L'approche consiste à utiliser la concentration totale de tous les types d'aérosols comme variable de contrôle. Cela signifie que cette quantité est modifiée à chaque itération lors de l'assimilation afin d'approcher la variable observée (AOD ou profil lidar). L'objectif étant d'avoir une analyse la plus proche possible de l'état réel de l'atmosphère.

Ces contraintes observationnelles réduisent les incertitudes sur le type, la concentration ou les propriétés optiques des aérosols. Lors d'expériences d'assimilation, la valeur ajoutée des observations d'aérosols (MODIS, CALIOP, MSG) a été prouvée au sein du système d'assimilation en termes d'AOD (comparaison au réseau AERONET), de PM10 et de PM2.5 (comparaison au réseau de l'EEA). Progresser sur ce front implique d'**intégrer l'ensemble des observations du réseau E-PROFILE** (coordination des mesures de profileurs radar et de télémètres) qui couvre toute l'Europe. Du côté spatial, il sera essentiel d'évaluer l'apport pour l'assimilation des données UV du lidar ADM-AEOLUS pour **mieux représenter la distribution des aérosols au sein du modèle**. Le potentiel de futures mesures lidar spatiales (Earth-CARE, A-CCP) à **contraindre les simulations durant des événements extrêmes** (transport de poussières désertiques, feux de biomasse et éruptions volcaniques) sera également évalué.

3. Quel est l'impact des aérosols terrigènes sur le bilan radiatif dans l'Atlantique tropical ?

L'effet radiatif direct (DRE), semi-direct (SRE) et indirect (IRE) des aérosols terrigènes sur la dynamique atmosphérique doit être mieux quantifié. C'est surtout vrai dans le milieu côtier complexe au large du Sénégal pour différentes conditions de charges en poussière, et de forçage dynamique à l'échelle synoptique (intensité et emplacement de la dépression thermique Saharienne, intensité de la mousson...). Les scientifiques du GDR EECLAT ont une expertise dans toutes les étapes de réalisation de campagnes de mesures aéroportées dans cette région (définition, mise en œuvre, analyse). Une occasion de progresser sur ce thème sera la future campagne CADDIWA (Clouds-Atmospheric Dynamics-Dust interactions in West Africa) en 2020 dans les Tropiques (Cap-Vert), qui apportera des informations essentielles à la compréhension des interactions radiatives des aérosols à

l'échelle locale. Cette campagne sera également l'opportunité d'exploiter les produits spatiaux permettant de suivre la distribution des aérosols terrigènes à ces latitudes (CALIPSO, ADM, IASI, MTG...) en synergie avec les nouvelles mesures sol et aéroportées spécifiques. La préparation de nouvelles missions spatiales, notamment dans le cadre d'A-CCP, sera également un objectif de ces travaux.

4. Méthode

La mise en œuvre des travaux ci-dessus se fera en priorité dans des régions où la complexité des sources d'aérosols et de leur évolution est grande, et où l'incertitude est élevée sur les forçages radiatifs. Les moyens de mesures sol, aéroportées et spatiales doivent aussi être pris en compte : Europe de l'Ouest (notamment avec le développement des sites ACTRIS-France), Océan Indien autour du site de l'OPAR (Ile de la Réunion), la Russie avec le site de Tomsk, l'Atlantique tropical (projet DACCIWA en Afrique de l'Ouest, projet AEROCLO en Afrique Australe et futur projet CADDIWA au Sénégal), l'Océan Austral (SEA2CLOUD) et la zone Pacifique (ANR TONGA).

Concernant le développement des filières nouvelles d'analyse des mesures CALIPSO pour améliorer la restitution des propriétés optiques des aérosols, la priorité est d'améliorer l'identification des types d'aérosols. Un maximum d'information sur les propriétés des couches doit être intégré en amont de l'identification (e.g. rapport lidar, rapport de couleur). La voie privilégiée repose sur la synergie d'utilisation des mesures lidar/imageur IR pour la discrimination aérosol/nuage, lidar/radar CloudSat (produit SODA) pour la détermination des rapports lidar dans la première couche d'aérosol détectée au-dessus de la mer, et lidar/type de surface pour la détermination des rapports lidar dans la couche limite au-dessus du continent. Les comparaisons avec les mesures *in situ* nécessiteront quant à elles des méthodologies spécifiques impliquant la simulation du transport et du lessivage ainsi que l'utilisation d'un code de Mie pour le calcul du rapport lidar à partir des observations *in situ*. Ces travaux serviront aussi pour préciser les conditions environnementales déterminant les propriétés des nuages en phase mixte aux hautes latitudes étudiés dans le thème 3, en mettant en œuvre une méthodologie similaire à celle de Coopman et al. (2016) mais contrainte par les jeux de données disponibles dans le cadre du GDR.

Les mesures *in situ* de composition chimique, de granulométrie et de propriétés optiques des aérosols au sommet du Puy de Dôme à 1465 m d'altitude (OPGC) fournissent des données de validation des rapports lidar et du type d'aérosol livrés par CALIPSO. Le futur lidar sol COPLid à 3 longueurs d'onde (355/532/1064nm) étendra spatialement la représentativité des mesures de l'OPGC pour évaluer le rapport lidar et les rapports de couleurs de CALIPSO, et la dépolarisation d'ATLID/Earth-CARE. Il offrira également un cadre pour évaluer l'influence des moyennages spatio-temporels des données lidar sur la qualité des restitutions sol et spatiales.

Concernant la caractérisation de l'impact des aérosols terrigènes, les mesures *in situ* réalisées dans le cadre de CADDIWA depuis 3 avions (Falcon 20 de l'INSU, Falcon 20 du DLR, DC8 de la NASA) pourront être combinées avec des mesures de l'Observatoire atmosphérique du Cap-Vert, et des observations satellite colocalisées (ADM-Aeolus, IASI sur MetOp A,B,C, A-train). Le tout offrira une représentation complète des aérosols terrigènes, qui pourra être comparée aux simulations du modèle WRF-CHIMERE qui dispose de nouvelles paramétrisations de l'interaction nuage-aérosol, pour quantifier les effets radiatifs des aérosols.

Le travail du GDR consistera également à développer les interactions entre EECLAT et l'infrastructure ACTRIS-FR dans la mesure où plusieurs de ces sites proposent des produits lidar aérosol issus de l'algorithme GARRLIC : COPDD à Clermont-Ferrand, SIRTA à Paris, OPAR dans l'océan Indien et LABEX CAPPÀ à Lille et au Sénégal.

5. Réunions de travail

En plus de l'atelier annuel du GDR, l'animation de ce thème nécessitera des réunions dédiées, impliquant différents scientifiques des laboratoires LACY, CNRM, ATMOS, LAMP, LOA, LA, LISA sur les thèmes suivants (une fois par an) :

- Sujet modélisation à Toulouse ;
- Sujet exploitation des sites sol à Clermont Ferrand ;
- Sujet produits satellite à Paris.

Chaque année une réunion aura lieu de manière physique et les autres par téléconférence.

Thème 3 : Processus nuageux

Notre compréhension des complexes interactions multi-échelles entre les multiples processus physiques impliqués dans le cycle de vie des nuages (de la formation des hydrométéores jusqu'aux précipitations) demeure parcellaire (Morrison et al., 2012). La représentation des processus microphysiques nuageux, de leurs propriétés ainsi que des différents schémas de transfert radiatif implémentés dans les modèles méso-échelle et globaux fait encore l'objet d'hypothèses simplificatrices (e.g. Li et al., 2014 ; McCoy et al., 2015 ; Baker et al., 2015). Ces modèles ne sont pas à même de résoudre explicitement les processus nuageux qu'il convient alors d'intégrer sous forme de paramétrisations plus ou moins détaillées (e.g. Lee et al., 2018, Kretzschmar et al., 2019). Malgré les récentes améliorations dans ce domaine, la modélisation du cycle de vie des nuages reste encore problématique de par la non linéarité des interactions et des rétroactions entre les processus dynamiques (convection, advection, turbulence, entraînement), microphysiques (processus de formation et d'évolution), radiatifs et environnementaux (composition des masses d'air, état thermodynamique et propriétés des aérosols). Ce complexe entrelacs d'interactions intervenant à des échelles de temps et d'espace différentes reste encore très mal représenté dans les modèles numériques quelle que soit leur résolution (Geoffroy et al., 2017 ; Ovchinnikov et al., 2014).

Ceci se traduit par une incapacité des modèles à correctement reproduire les hétérogénéités spatiales et l'évolution temporelle des propriétés microphysiques (concentration, forme et distribution des particules, contenus en eau et en glace) ainsi que la structure macrophysique (altitude, couverture fractionnaire, épaisseur géométrique, hétérogénéité interne et texture) des nuages (e.g. Storelvmo, 2017). Ces caractéristiques gouvernent les propriétés optiques et radiatives des nuages ainsi que le déclenchement et la distribution spatio-temporelle des précipitations. Dans les nuages en phase glace ou mixte, le lien entre propriétés microphysiques, propriétés radiatives et précipitations devient complexe à cause des hétérogénéités de phase, de forme et de taille des hydrométéores et de notre manque de connaissance des mécanismes de formation et de croissance de la glace (Gultepe et al., 2017 ou Krämer et al., 2016 pour les plus récentes). Cette problématique concerne aussi bien les stratocumulus de couche limite des latitudes polaires, que les cirrus aux moyennes latitudes ou les nuages convectifs des latitudes tropicales (Korolev et al., 2017 ; Baumgardner et al., 2017). L'évolution de la microphysique et la distribution du partitionnement de phase au sein de ces nuages restent très difficiles à modéliser quelle que soit l'échelle considérée (Avramov and Harrington, 2010 ; Westbrook and Illingworth, 2013 ; Miltenberger et al., 2018 ; Savre and Ekman 2015). Il est capital de développer des stratégies basées sur la synergie entre observations et modélisation à différentes échelles afin d'identifier les facteurs et processus clés contrôlant le cycle de vie de ces nuages dans différentes zones climatiques (Kay et al., 2018). Les efforts se focaliseront sur la caractérisation des propriétés microphysiques des nuages et des précipitations formés dans des conditions environnementales variées. Ceci permettra de mieux comprendre les processus microphysiques en phase glace et les interactions aérosols-nuages pour améliorer les paramétrisations dans les modèles (Stephens et al., 2019).

La combinaison radar-lidar CloudSat/CALIPSO (et prochainement Earth-CARE), en synergie avec les mesures sol (ARM, ACTRIS) et aéroportées (PMA, RALI), documente la distribution verticale des propriétés des nuages à l'échelle globale (à partir de quelques centaines de mètres sur l'horizontale et quelques dizaines de mètres sur la verticale) et fournit des informations sur la variabilité des processus nuageux dominants dans différentes régions climatiques. Les mesures par télédétection ne donnent pas d'accès direct à la microphysique et aux processus sous-jacents de formation et de croissance des hydrométéores. Leur interprétation nécessite des méthodes d'inversions qui reposent sur des hypothèses microphysiques (e.g. taille, forme et concentration des hydrométéores) ainsi que sur les processus optiques mis en jeu. Une grande partie de ces inversions reste donc tributaire des mesures *in situ* et de la performance des modèles optiques (Delanoë et al., 2013 ; Jourdan et al., 2010 ; Cazenave et al., 2019). La combinaison de ces mesures permet de couvrir une très grande plage d'échelles (quelques microns pour la taille et la forme des particules jusqu'à plusieurs centaines de km

pour les systèmes nuageux de grande échelle) facilitant l'interprétation de la variabilité des propriétés microphysiques. Ces observations combinées à de la modélisation multi-échelles permettront l'identification et l'étude des principaux processus impliqués dans le cycle de vie des nuages.

Ce thème s'attaque aux questions suivantes : (1) **Comment observer la variabilité des propriétés des nuages et des précipitations et les processus associés au cours de leur cycle de vie ?** ; (2) **Quel est l'impact des conditions environnementales et des précipitations sur les propriétés des nuages, et vice versa ?**

1. Comment observer la variabilité des propriétés des nuages et des précipitations et les processus microphysiques associés au cours de leur cycle de vie ?

La stratégie d'analyse des observations spatiales multi-capteurs aux échelles régionale et globale mise en place ces dernières années permet une caractérisation statistique des propriétés nuageuses et une estimation des processus sous-jacents. Citons l'exploitation des observations des sondeurs infrarouge (IASI, AIRS) pour une meilleure cartographie de la distribution géographique des nuages en phase glace (Stubenrauch et al., 2017 ; Feofilov and Stubenrauch, 2019 ; Protopapadaki et al., 2017) et l'exploration de métriques reliant la taille des enclumes à l'intensité de la convection profonde améliorant notre compréhension des processus de formation des Système Convectif Mésos-échelle (Roca et al., 2017). L'exploitation des mesures multidirectionnelles de POLDER3/PARASOL dans la bande d'oxygène A ainsi que leur combinaison avec les observations AIRS permet d'obtenir des informations sur la structure verticale des nuages de la haute troposphère et une indication sur la présence de nuages multicouches (Desmons et al., 2017 ; Ferlay et al., 2010). La complémentarité des observations POLDER/MODIS sur l'A-Train a conduit à une amélioration significative des restitutions de la phase thermodynamique des nuages à l'échelle globale (Rieidi et al., 2010) malgré les limites bien connues (sous-estimation de l'occurrence des nuages en phase mixte) dans les régions polaires (Chan et Comiso, 2013). Les sondeurs micro-ondes, tels que MHS/AMSU-B ou ceux de la constellation GPM, permettent de mieux quantifier les précipitations et de tester la capacité des modèles à bien les représenter, notamment en termes d'intensité et de localisation géographique (Edel et al., 2019). Cependant, les observations spatiales de télédétection active Radar-Lidar sont plus à même de fournir des informations sur les processus nuageux en documentant avec une meilleure résolution la distribution verticale des propriétés microphysiques. **La complémentarité des techniques de mesure et d'échantillonnage des capteurs spatiaux (défilants et géostationnaires) permet de caractériser la variabilité spatiale et l'évolution temporelle des propriétés microphysiques des nuages au cours de leur cycle de vie** (Bouniol et al., 2016).

Sous les **Tropiques**, les nuages issus de la convection peu profonde et profonde sont les plus nombreux et couvrent de vastes régions (Del Genio et Kovari, 2002). Ce sont d'importants vecteurs de la redistribution verticale de l'eau sous toutes ses phases et de la chaleur. L'organisation des nuages à l'échelle synoptique est également un élément clé d'interaction avec le climat. L'analyse synergique des observations AIRS-CALIPSO-CloudSat documente l'évolution des propriétés physiques des sous-régions des MCS et aide à mieux comprendre les processus contribuant au maintien de la nébulosité associée bien au-delà du temps de vie des tours convectives (Seze et al., 2015 ; Wall et al., 2018). Ces observations peuvent apporter des informations sur les processus microphysiques, dynamiques et radiatifs propres à chacune des zones de ce système (zone stratiforme, cirriforme, tours convectives...).

Les observations CALIPSO-CloudSat ont montré que les nuages stratiformes en phase mixte sont fréquents tout au long de l'année dans des zones allant des **Pôles** aux **Tropiques** sous diverses conditions météorologiques (Zhang et al. 2010; Wang et al. 2013). Bien que la synergie CALIPSO-CloudSat ait permis d'estimer la variabilité spatio-temporelle de ces nuages ainsi que leur impact sur la fonte de la banquise (Mioche et al., 2015), l'identification de ces nuages ainsi que la restitution de leurs propriétés microphysiques reste problématique surtout aux hautes latitudes. Il faut développer

des méthodologies basées sur la complémentarité d'observations à différentes échelles (spatiales et temporelles) et longueurs d'onde (ou principes physiques) pour documenter l'évolution temporelle de la distribution horizontale et verticale de la **phase** et **des propriétés microphysiques clés** pour l'étude des processus : concentration en nombre et en masse des cristaux, gouttelettes d'eau surfondue et précipitations, taille des hydrométéores...

En sus du partitionnement eau/glace, la morphologie des cristaux de glace (formes, état de surface, complexité) impacte fortement les propriétés optiques et radiatives, la croissance des hydrométéores, le déclenchement des précipitations et donc la longévité des nuages. Les observations *in situ* d'imageurs sur avion montrent des différences notables des formes de cristaux de glace liées aux conditions thermodynamiques de leur formation : température, humidité, dynamique à petite et méso-échelle (e.g. Lawson et al., 2019)... Les possibilités des lidars spatiaux peuvent être exploitées pour documenter la variabilité des formes des hydrométéores en phase glace pour différents types de cirrus (*in situ*, d'enclume liés à la convection, subvisibles...) formés sous influence marine ou continentale aux **latitudes moyennes** et **Tropicales**. Des paramétrisations microphysiques/optiques devront être développées pour reproduire la diversité de formes des cristaux et leur évolution temporelle, afin d'évaluer leur effet radiatif à l'échelle régionale, mais aussi à plus petite échelle leur impact sur les profils de chauffage radiatif influençant le maintien du nuage (Hartmann and Berry, 2016).

Enfin, la variabilité spatiale et temporelle des précipitations solides doit être caractérisée afin d'améliorer notre compréhension du cycle de l'eau en particulier dans les régions **arctiques** et **antarctiques**.

2. Quel est l'impact des précipitations et des conditions environnementales sur les propriétés et les processus nuageux ?

De nombreuses incertitudes accompagnent nos connaissances sur les interactions entre les processus dynamiques, radiatifs et microphysiques impliqués dans le cycle de vie des nuages glacés et les conditions environnementales à plus grande échelle (situation météorologique, origine des masses d'air, état de surface...). Ce complexe entrelacs de rétroactions et d'interactions intervenant à différentes échelles spatiales et temporelles reste encore très mal représenté dans les modèles. Il est nécessaire d'identifier les facteurs et **processus clés** contrôlant la formation de l'eau condensée, son évolution ainsi que son **impact sur les précipitations et le bilan radiatif** dans différentes zones climatiques. Les travaux se focaliseront sur les **nuages fortement convectifs et les cirrus dans les régions tropicales et aux latitudes moyennes** ainsi que **les nuages en phase mixte stratiformes polaires et dans l'océan Austral**.

Une **stratégie observationnelle** étudiant l'impact des **conditions environnementales** sur les **propriétés microphysiques des nuages et des précipitations** ainsi que sur leur **cycle de vie** implique de caractériser à l'échelle régionale l'état thermodynamique de l'atmosphère, l'origine des masses d'air, le transport d'humidité et de chaleur, l'état de surface (eau libre, banquise, continent) conjointement aux propriétés macrophysiques, ainsi que la structure horizontale et verticale des propriétés microphysiques des nuages et des précipitations (Mioche et al., 2017 ; Coopman et al. 2016 ; Wendish et al., 2018). Les connexions avec les aérosols seront également prises en compte (voir Thème 2 - Aérosols). Cette stratégie repose sur l'analyse d'observations à différentes échelles spatiale et temporelle comprenant mesures de télédétection satellitaires et au sol ainsi que mesures *in situ* lors de campagnes aéroportées ou ballons.

3. Méthode

Ces dernières années ont vu l'émergence de méthodologies d'analyses innovantes des observations spatiales combinées à des mesures locales à plus petite échelle : aéroportées, au sol ou en chambre de simulation. Cette synergie observationnelle permet de caractériser les propriétés optiques,

microphysiques et morphologiques des particules nuageuses et précipitations, la distribution du partitionnement de phase en lien avec la structure géométrique des nuages dans différentes zones géographiques clés (Tropiques, moyennes Latitudes, Océan Austral et Pôles). La communauté peut également s'appuyer sur une hiérarchie de modèles de nuages, de transport et de transfert radiatif à des échelles et des niveaux de représentation de la microphysique différents (voir Thème 4 pour les méthodes de rapprochement modèle/observations). Cette complémentarité des outils permet d'identifier des paramètres clés caractérisant les propriétés des nuages et des précipitations. En parallèle, les méthodologies de restitution de ces propriétés sont développées pour fournir des informations statistiques sur leur variabilité au cours du cycle de vie des systèmes nuageux. Ces informations servent à leur tour de base d'évaluation pour les modèles à différentes échelles, et ces simulations servent à la préparation des futures plateformes satellites (Earth-CARE, A-CCP, CIEL...).

Pour la variabilité des propriétés des nuages et des précipitations, des méthodologies spécifiques seront développées :

- **Propriétés statistiques des nuages et de la convection aux latitudes tropicales et subtropicales** : des composites de paramètres physiques seront construits au cours du cycle de vie du nuage à partir des instruments de l'A-Train, Earth-CARE, Aeolus, mais aussi les géostationnaires et AIRS et IASI. Des comparaisons statistiques par sous-région des MCS permettront d'étudier l'évolution et le couplage des processus dynamiques et microphysiques.
- **Propriétés morphologiques des hydrométéores dans les nuages de glace** : les mesures spatiales lidar seront couplées à des mesures sol équivalentes de l'IR ACTRIS-FR pour tirer parti de l'échantillonnage et de la sensibilité spécifiques à chaque instrument. Le couplage des mesures lidar et radiométriques infrarouges est une opportunité d'étudier les propriétés de diffusion arrière des cristaux et donc de leur forme (Hemmer et al. 2019).
- **Microphysique des nuages troposphériques et des précipitations en milieu extrême (région polaire et océan austral)** : ces régions représentent des défis technologiques (manque de mesures *in situ* et sol, limites de la télédétection). Des méthodes innovantes doivent y être développées (DARDAR-NICE, GOCCP-OPAQ, GRACE) pour exploiter les missions lidar et radar et restituer les propriétés microphysiques et macrophysiques des nuages. La télédétection passive spatiale (POLDER, IASI, MODIS, MHS), les campagnes aéroportées (ACLOUD, AFLUX, MOSAIC) et les sites sol et bateau (SEA2CLOUD) compléteront les données actives par des informations proches de la surface.

Concernant l'impact des conditions environnementales sur les nuages, il est nécessaire de caractériser la température, l'humidité, les vents... et les propriétés physico-chimiques des aérosols à des échelles pertinentes pour l'étude des processus nuageux. Croiser ces deux types de données nécessite d'aborder les questions de méthode suivantes :

- Des **analyses de covariance** entre les variables permettront d'identifier les principaux facteurs contrôlant le cycle de vie des nuages dans différentes régions. Des **statistiques** des propriétés des nuages seront établies pour des conditions météorologiques particulières. On pourra alors étudier l'impact des aérosols sur les propriétés nuageuses et développer/évaluer des paramétrisations pour les modèles (voir Thème 2 sur les aérosols, et liens avec le GDR DEPHY).
- La façon dont les propriétés macrophysiques des nuages type cumulus des Alizés dépendent des propriétés dynamiques et thermodynamiques de l'environnement dans lequel les nuages se forment est l'objectif principal de la **campagne de terrain EUREC4A** (Bony et al. 2017) qui aura lieu à la Barbade à l'hiver 2020, et implique plusieurs scientifiques de ce GDR.
- Pour le cas particulier des **nuages polaires stratosphériques**, la technique **Match-satellite** (Streibel et al. 2006) combinera les mesures lidar des nuages stratosphériques le long de trajectoires de masses d'air à un modèle de boîtes microphysiques détaillées pour fournir l'ensemble des propriétés des PSC.

4. Réunions de travail

En plus de l'atelier annuel du GDR, l'animation de ce thème nécessitera des réunions dédiées, impliquant différents scientifiques des laboratoires LATMOS, LMD, LaMP, CNRM, LOA, LA sur les thèmes suivants (une fois par an) :

- L'observation et la modélisation des processus microphysiques des nuages en phase mixte et des précipitations en Arctique/Antarctique/Océan Austral à Clermont
- Le développement d'une stratégie pour l'exploitation des synergies modèles-mesures pour l'étude du cycle de vie des nuages convectifs (moyennes latitudes et tropiques) à Toulouse
- L'exploitation et le développement de base de données multi-instruments et multi-plateformes pour l'étude de l'impact des conditions environnementales sur les propriétés des nuages à Paris

Chaque année une réunion aura lieu de manière physique et les autres par téléconférence.

Thème 4 : Liens entre propriétés physiques de l'atmosphère et observations par télédétection

L'observation par télédétection spatiale est indispensable pour atteindre une connaissance à l'échelle globale des propriétés spatio-temporelles des nuages, aérosols, précipitations, ou des profils thermodynamiques et de composition gazeuse de l'atmosphère. Pour les études portant sur les propriétés radiatives de l'atmosphère, ces observations peuvent être exploitées de manière quasi-directe, qu'elles soient actives (mesures de lidars et radars) ou passives (mesures radiométriques multi-angulaires et multi-spectrales). La restitution des propriétés atmosphériques est basée sur le problème inverse, qui nécessite en général le couplage d'un code de transfert radiatif avec un modèle décrivant les propriétés physiques de l'atmosphère. Selon les applications souhaitées, les outils/modèles utilisés se doivent d'être plus ou moins précis, rapides ou réalistes.

La simulation des interactions entre propriétés atmosphériques et rayonnement doit être réalisée en jonglant avec le rapport rapidité-précision. Pour des raisons de simplicité et de temps de calcul, les propriétés de l'atmosphère sont basées sur des représentations plus ou moins simplifiées. La simulation du rayonnement se fait également selon des hypothèses simplificatrices fortes, telles que l'approximation de la diffusion simple (la diffusion multiple est négligée), l'approximation du nuage homogène plan-parallèle (les fluctuations horizontales et verticales sous-pixel sont négligées), l'approximation du pixel indépendant (la contribution radiative environnementale sur le pixel étudié est négligée). L'impact de ces hypothèses simplificatrices sur les simulations d'observations (problème direct) et sur les propriétés restituées (problème inverse) doit être évalué afin de déterminer les incertitudes sur les observations simulées et les propriétés restituées et axer les développements futurs vers la réduction des erreurs les plus critiques.

Les enjeux principaux de ce thème reposent sur la simulation réaliste de l'interaction entre rayonnement et paramètres atmosphériques afin d'avoir les références pour comparer et développer des modèles approchés rapides mais suffisamment précis, pouvant être utilisés de manière opérationnelle aussi bien pour l'assimilation que pour l'inversion des observations. Le second axe de recherche repose sur l'étude de l'impact et de la quantification d'incertitudes liées aux hypothèses simplificatrices qui seront nécessairement réalisées.

1. Comment améliorer la simulation des interactions entre propriétés de l'atmosphère et rayonnement afin d'exploiter au mieux les observations de télédétection ?

Les développements d'un point de vue radiatif concernent principalement les caractéristiques nouvelles des instruments actifs de la mission Earth-CARE. Ils seront principalement axés sur le simulateur d'observables COSP (CFMIP Observation Simulator Package), sur la prise en compte d'une microphysique plus détaillée dans les modèles approchés de simulation Radar et sur le simulateur de référence Lidar-Radar McRALI.

Le simulateur d'observables COSP développé pour des études climatiques (voir Thème 1 « Climat ») a déjà été utilisé pour comparer les nuages modélisés à l'aide de GCM avec les observations du Lidar CALIPSO (Chepfer et al., 2008) ou les réflectivités du radar CLOUDSAT (Haynes et al. 2007, Bodas-Salcedo et al. 2008; Nam et al, 2012). Afin d'être en mesure d'utiliser les observations d'Earth-CARE pour évaluer les modèles climatiques, des développements sont en cours et vont se poursuivre pour améliorer les calculs sous-maille, pour simuler les observations du Lidar ATLID/Earth-CARE et pour prendre en compte les aérosols (COSP V2.0 - Swales et al, 2018).

À l'échelle des observations, d'autres **simulateurs approchés Lidar-Radar** basés sur l'équation analytique Lidar-Radar sont utilisés pour l'inversion des propriétés des nuages. Ils doivent être améliorés pour mieux en prendre en compte la microphysique des nuages en incluant l'atténuation de la glace à 95GHz (indispensable en régions tropicales), la simulation de la bande brillante liée à la fonte des cristaux de glace et la simulation des propriétés de diffusion pour déterminer la relation

masse/dimension maximale, $M(D)$, des distributions de cristaux de glace dans le cas du radar ou le rapport lidar pour les nuages mixtes.

Le simulateur McRALI (Alkasem et al., 2017, Szczap et al., en préparation), développé pour les études de processus (voir Thème 3 « processus nuageux»), permet la simulation réaliste et précise des systèmes Lidar-Radar actuels (CALIPSO, CLOUDSAT) en prenant en compte la polarisation, la diffusion multiple et la structure 3D de l'atmosphère nuageuse. Pour interpréter au mieux les observations des capteurs actifs actuels et futurs (RASTA, ATLID et CPR/Earth-CARE, ADM-Aeolus, A-CCP, DYCECT, etc.) des développements devront être effectués pour inclure l'effet Doppler et la haute résolution spectrale pour le lidar en implémentant des modèles d'interféromètre tout en tenant compte de la structure tridimensionnelle (3D) des champs de nuages et de vent.

2. Quelles sont les conséquences sur le problème direct et sur le problème inverse des hypothèses simplificatrices utilisées pour modéliser le transfert radiatif et l'atmosphère ?

De nombreuses hypothèses simplificatrices sont nécessaires lors de la simulation du transfert radiatif. Celles-ci sont la plupart du temps justifiées par une méconnaissance de la composition exacte de l'atmosphère et de ses constituants ou par un souci de rapidité du transfert radiatif. Ces hypothèses varient largement selon le type de simulateur et son utilisation, mais peuvent être regroupées en trois catégories ci-dessous.

Les **hypothèses directes sur la simulation du transfert radiatif** dépendent de la précision du simulateur. Par exemple, un simulateur précis de type McRALI permet de tenir compte des structures nuageuses sous-pixel qui sont ignorées par les simulateurs approchés lidar-radar. Ces effets d'hétérogénéités sont tout aussi problématiques pour les mesures radiométriques et provoquent des biais importants sur leurs restitutions. D'autres hypothèses concernent les propriétés optiques des particules d'aérosols et de nuages (de diffusion et d'absorption) qui sont nécessaires à la représentation de l'interaction rayonnement matière.

Les simulations de transfert radiatif dépendent aussi fortement d'hypothèses faites sur **la microphysique des nuages et des aérosols**. Au centre de celles-ci se situent les hypothèses sur la forme des particules (Vidot et al, 2015), qui peuvent être reliées aux propriétés optiques et à la forme distribution en taille de particules (Delanoë et al, 2014). En découlent d'autres hypothèses, e.g. sur la relation entre le diamètre et la masse ou l'aire de particules, nécessaires à la simulation du transfert radiatif. L'ensemble de ces hypothèses microphysiques peuvent avoir une très grande importance sur la qualité des restitutions des propriétés microphysiques, telles que le contenu en masse ou en nombre de particules nuageuses (Cazenave et al, 2019; Sourdeval et al, 2018; Grosvenor et al. 2018a).

Enfin, de nombreuses hypothèses sont nécessaires sur les **propriétés macrophysiques** telles que la phase et la position des nuages et d'aérosols. Par exemple, de nombreux algorithmes de restitutions radiométriques assument typiquement que l'atmosphère est composée d'une seule couche de nuage (de phase liquide ou glacée) verticalement homogène, ce qui peut avoir de fortes conséquences sur les restitutions (Sourdeval et al, 2016; Grosvenor et al, 2018b). Pire, les nuages de phase mixtes sont généralement ignorés car très mal représentés. S'ajoutent des hypothèses sur les autres paramètres atmosphériques, tels que les profils gazeux, thermodynamique et les propriétés de surface.

Cette liste, non-exhaustive, témoigne clairement des incertitudes qui existent toujours sur les simulations des observations. Certaines des propriétés listées ci-dessus sont restituées, mais la précision de ces restitutions souffre fortement de l'ensemble des incertitudes associées aux autres paramètres non restitués. S'il n'est pas toujours possible de réduire ces erreurs, nous nous attacherons à relier les hypothèses à une incertitude quantifiée. De nombreuses méthodes permettent aujourd'hui de propager de manière précise l'ensemble des incertitudes afin de quantifier les erreurs sur les restitutions de propriétés nuageuses ou d'aérosols qui sont utilisés pour l'évaluation de modèles et

pour les études de processus et les études climatiques (voir thèmes 1 à 3). Ces méthodes, notamment variationnelles (Rodgers, 2000), seront utilisées comme méthodes de restitutions opérationnelles pour les missions A-Train et Earth-CARE.

3. Méthode

Atteindre les objectifs ci-dessus implique la comparaison de simulations d'observation et observations réelles, la comparaison de simulations simplifiées à des simulations réalistes, mais aussi le développement d'outils pour analyser ces comparaisons.

Comparaison entre simulations d'observations et observations. Pour l'évaluation de la description des nuages dans les modèles climatiques, le simulateur COSP sera utilisé dans des intercomparaisons systématiques menées dans le projet CMIP6. Pour des utilisations opérationnelles (restitutions de paramètres ou assimilation des données), les codes doivent être rapides mais néanmoins suffisamment fiables. Pour les simulations des radiances infrarouges du radiomètre MSI/EarthCARE, le code 4A pour le ciel clair sera évalué en utilisant des radiosondages comme entrée. Le code RTTOV utilisé pour les scènes comportant des aérosols et des nuages de glace sera validé en utilisant les profils Lidar et Radar de la mission Earth-CARE pour reproduire les mesures radiométriques des différents canaux (visible à l'infrarouge) de MSI.

Utilisation des simulations d'observables réalistes pour l'interprétation des mesures. Les résultats du simulateur réaliste McRali permettront d'analyser et d'interpréter plus finement les observations de ATLID et du Radar CPR en termes de signal lidar rétrodiffusé, de réflectivité radar et de spectre Doppler. La comparaison de simulations réalistes et simulations approchées peut en effet permettre la quantification et l'interprétation des effets des hétérogénéités des nuages et du champ de vent en prenant en compte la diffusion multiple, le remplissage non uniforme de l'empreinte lidar ou radar.

Caractérisation des incertitudes liées aux restitutions nuageuses et de leurs impacts. Les algorithmes modernes tels que DARDAR permettent une propagation de certaines incertitudes liées aux hypothèses simplificatrices faites lors du transfert radiatif sur les restitutions. De nombreux autres algorithmes sont en développement dans ce sens. D'autres erreurs sur les restitutions de propriétés nuageuses et d'aérosols seront également estimées à partir d'observables réalistes obtenues par le simulateur McRALI. Pour prendre en compte l'ensemble de ces incertitudes, il faudra au préalable les caractériser, notamment lors de l'établissement de climatologies. Il sera possible d'identifier celles qui touchent significativement les propriétés sensibles pour l'étude de processus, l'étude du climat, et l'évaluation de modèles. Ce travail permettra notamment de mieux déterminer les efforts nécessaires pour lever les incertitudes les plus importantes et ainsi aiguiller les futurs développements algorithmiques de la communauté.

4. Réunions de travail

En plus de l'atelier annuel du GDR, l'animation de ce thème nécessitera des réunions dédiées, impliquant différents scientifiques des laboratoires LOA, LMD, LATMOS, LAMP (une fois par an) :

- Développements de transfert radiatif à effectuer et sur l'interprétation des observations ;
- Stratégies à mettre en œuvre pour évaluer les modèles approchés ;
- Caractérisation et la prise en compte des incertitudes.

Chaque année une réunion aura lieu de manière physique et les autres par téléconférence.

Gouvernance

La direction :

Le GdR EECLAT est porté par Vincent Noel (LA) et par Marjolaine Chiriaco (LATMOS), avec le support de Sophie Cloches (IPSL).

La direction du GDR s'appuiera sur un comité de pilotage chargé de définir et faire évoluer les grandes orientations scientifiques. Il est prévu que ce comité se réunisse trois fois durant le mandat de 4 ans du GdR, en plus de la réunion annuelle du GdR.

Un retour annuel sera fait vers les tutelles décrivant l'avancement des travaux et l'utilisation des financements.

Le **comité de pilotage** est constitué, en plus de la direction, des responsables de thèmes, expert·es scientifiques :

Thème 1 Climat : Hélène Chepfer (LMD), Marjolaine Chiriaco (LATMOS)

Thème 2 Aérosols : Gérard Ancellet (LATMOS), Laaziz El Amraoui (CNRM)

Thème 3 Nuages : Olivier Jourdan (LaMP), Julien Delanoe (LATMOS)

Thème 4 Propriétés atmosphériques et télédétection : Céline Cornet (LOA), Odran Sourdeval (LOA)

Les membres du comité épaulent la direction, dans le cadre des réunions avec les tutelles, la rédaction des rapports d'activité, l'organisation des réunions du GdR ou avec d'autres GdR, l'actualisation du site web du GdR, la dissémination des informations pertinentes au GdR, la recherche de guichets pour le financement des activités du groupe.

Le comité est également chargé d'une mission de réflexion autour des orientations scientifiques du GdR, dans laquelle on s'assurera que les points forts des divers laboratoires impliqués sont mis à contribution de manière optimale dans la structuration des activités scientifiques.

CV des proposants

Gerard Ancellet, 60 ans, Directeur de Recherche CNRS, HDR
Latmos - UMR 8190/CNRS

1998 : Habilitation à diriger des recherches, Université P. et M. Curie, Titre du mémoire : Contribution à l'étude du bilan de l'ozone troposphérique

1999-2008 : Directeur de recherche CNRS au Service d'Aéronomie, Paris. Thèmes de Recherche : Couplage dynamique/chimie, pollution photo-oxydante, instrumentation aéroportée

2009-2019 : Directeur de recherche CNRS au LATMOS, Paris. Thèmes de Recherche : Transport à longue distance des gaz et des aérosols, pollution urbaine

Expert en télédétection active de l'ozone et des aérosols par lidar (système sol, aéroporté et exploitation de la mission CALIPSO). Pilotage de projet sur la compréhension du bilan de l'ozone troposphérique, de l'interaction dynamique et chimie à l'échelle de la ville, des sources et transport d'aérosol à haute latitude.

Sélection de publications :

- **Ancellet G.**, Penner I., Pelon J., Mariage V., Zabukovec A., Raut J.-C., Kokhanenko G., Balin Y. Aerosol monitoring in Siberia using an 808 nm automatic compact lidar, *Atmospheric Measurement Techniques*, European Geosciences Union, 2019, 12, pp.147-168. [10.5194/amt-12-147-2019](https://doi.org/10.5194/amt-12-147-2019)
- Di Biagio C., Pelon J., **Ancellet G.**, Bazureau A., Mariage V. Sources, Load, Vertical Distribution, and Fate of Wintertime Aerosols North of Svalbard From Combined V4 CALIOP Data, Ground-Based IAOOS Lidar Observations and Trajectory Analysis *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, American Geophysical Union, 2018, 123 (2), pp. 1363-1383 [10.1002/2017JD027530](https://doi.org/10.1002/2017JD027530)
- **Ancellet G.**, Pelon J., Totems J., Chazette P., Bazureau A., Sicard M., Di Iorio T., Dulac F., Mallet M. Long-range transport and mixing of aerosol sources during the 2013 North American biomass burning episode: analysis of multiple lidar observations in the western Mediterranean basin, *Atmospheric Chemistry and Physics*, European Geosciences Union, 2016, 16 (7), pp. 4725-4742. [10.5194/acp-16-4725-2016](https://doi.org/10.5194/acp-16-4725-2016)
- **Ancellet G.**, Pelon J., Blanchard Y., Quennehen B., Bazureau A., Law K. S., Schwarzenboeck, A. Transport of aerosol to the Arctic: analysis of CALIOP and French aircraft data during the spring 2008 POLARCAT campaign A. *Atmospheric Chemistry and Physics*, European Geosciences Union, 2014, 14, pp.8235-8254. [10.5194/acp-14-8235-2014](https://doi.org/10.5194/acp-14-8235-2014)

Hélène Chepfer, 47 ans, Professeure, HDR
Laboratoire de Météorologie Dynamique – Sorbonne Université, École Polytechnique, CNRS

2006 : Habilitation à diriger des recherches

2009-2019 : Professeure, Sorbonne Université

1999-2009 : Maîtresse de conférence, Sorbonne Université

Expertise : télédétection spatiale, rayonnement, nuages, climat

Sélection de publications :

- **Chepfer H.**, V. Noel, M. Chiriaco, B. Wielicki, D. Winker, N. Loeb and R. Wood, 2018: The potential of multi-decades spaceborne lidar to constrain cloud feedbacks, *J. Geophys. Res. Atmos.*, [DOI:10.1002/2017JD027742](https://doi.org/10.1002/2017JD027742)
- Vaillant de Guélis T., H. **Chepfer**, Noel, V., Guzman, R., Bonazzola, M., and Winker, D. M, 2018: Space lidar observations constrain longwave cloud feedback, *Nature Scientific Reports*, 8:16570 | [DOI:10.1038/s41598-018-34943-1](https://doi.org/10.1038/s41598-018-34943-1).
- Po-Lun M., P. Rasch, H. **Chepfer**, D. Winker, and S. Ghan, 2018: Observational Constraint on Cloud Susceptibility Weakened by Aerosol Retrieval Limitations, *Nature Communication*, [9, 2640](https://doi.org/10.1038/s41467-018-02640-1)
- Lacour A., H. **Chepfer**, M.D. Shupe, N. Miller, V. Noel, J. Kay, D.D. Turner, 2017: Greenland clouds observed by CALIPSO: comparison with ground-based Summit observations, *J. Climate*, DOI: [http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0552.1](https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0552.1)

Marjolaine Chiriaco, 40 ans, Maîtresse de Conférences UVSQ, HDR
Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales (LATMOS) - UMR 8190

2002-2005 : Thèse (Univ. Pierre et Marie Curie) sur "Les cirrus : observation par télédétection et modélisation à méso-échelle", réalisée au Laboratoire de Météorologie Dynamique (IPSL) à Palaiseau, France

2005-2006 : Post-doctorat CNES au LMD Jussieu dans le groupe modélisation

2006-2019 : Maîtresse de Conférences au LATMOS/UVSQ

2017 : HDR à l'UVSQ

Experte en analyse analyses conjointe observations/simulations, physique des nuages, variabilité climatique à l'échelle régionale.

Sélection de publications :

- Ringard J., **M. Chiriaco**, S. Bastin, F. Habets : Recent trends in climate variability at local scale using 40 years of observations : case of Paris region, France. *ACP*, in revision.
- **Chiriaco M.**, J.-C. Dupont, S. Bastin, J. Badosa, J. Lopez, M. Haeffelin, H. Chepfer, R. Guzman: ReOBS: a new approach to synthesize long-term multi-variable dataset and application to the SIRTAs supersite. *Earth System Science Data*, <https://doi.org/10.5194/essd-10-919-2018>.
- Chakroun M., S. Bastin, **M. Chiriaco**, H. Chepfer : Characterization of vertical cloud variability over Europe using spatial lidar observations and regional simulation. *Clim. Dyn.*, doi: 10.1007/s00382-016-3037-3.
- **Chiriaco M.**, S. Bastin, P. Yiou, M. Haeffelin, J.-C. Dupont, L. Klenov, M. Stéfanon, 2014 : European heat-wave in July 2006 : observations and modelling showing how local processes amplify conducive large-scale conditions. *Geophys. Res. Lett.*, **41** issue 15, 5644 – 5652.

Sophie Cloché, 49 ans, Ingénieure de Recherche CNRS
Institut Pierre-Simon Laplace - FR 636/CNRS

1993-1996 : Thèse (Univ. Paris 7) Télédétection des nuages et de la vapeur d'eau avec l'instrument POLDER, LMCE/CEA, Saclay, France
1996-1998 : Post-doctorat sur l'utilisation des observations bandes étroites de POLDER et SCARAB pour les mesures de bilan radiatif, LMD, Palaiseau
1998-2001 : CDD Ingénieur de recherche sur les bases de données de campagne et données satellite (FETCH, INDOEX, ..)
Depuis 2001 : Ingénieur de recherche CNRS à l'IPSL, équipe ESPRI-OBS

Experte en gestion de base de données, traitement de données satellite, procédure contrôle qualité des données, responsable équipe ESPRI-OBS de l'IPSL, animation groupe spatial du centre d'observation de l'IPSL, coordination segment sol scientifique de la mission Megha-Tropiques, organisation du GDR Megha-Tropiques, Membre du board du CM SAF d'Eumetsat.

Céline Cornet, 42 ans, Professeure, HDR
Laboratoire d'Optique Atmosphérique - UMR 8518/CNRS

2000-2003 : Thèse (Univ. Blaise Pascal, Clermont-Ferrand) sur la restitution de paramètres nuageux par méthodes neuronales dans des cas de nuages hétérogènes à couverture fractionnaire, réalisée au Laboratoire de Météorologie Physique (LaMP) à Clermont-Ferrand, France
2003-2004 : Attachée Temporaire d'Enseignement et de Recherche au Laboratoire d'optique atmosphérique, Université des Sciences et Technologies de Lille portant sur la Mise au point d'une méthode de restitution dans des cas de nuages hétérogènes à partir des données multispectrales du radiomètre MODIS
2004-2005 : Post-doctorat au Jet Propulsion Laboratory, Université de Caltech, Etats- Unis portant sur la Restitution de paramètres nuageux (contenu en eau) dans le cas de nuages convectifs à partir des données multiangulaires du radiomètre MISR
2005-2016 : Maître de Conférence au Laboratoire d'Optique Atmosphérique, Université de Lille 1
Depuis 2016 : Professeure d'Université au Laboratoire d'Optique Atmosphérique, Université de Lille

Experte en transfert radiatif dans des atmosphères nuageuses tridimensionnelles et en télédétection de paramètres nuageux, en particulier dans le cadre de l'évaluation des effets des hétérogénéités nuageuses sur les propriétés atmosphériques inversées.

Sélection de publications :

- **Cornet, C.**, C-Labonnote, L., Waquet, F., Szczap, F., Deaconu, L., Parol, F., Vanbauce, C., Thieuleux, F. and Riedi, J. (2018). Cloud heterogeneity on cloud and aerosol above cloud properties retrieved from simulated total and polarized reflectances. *Atmos. Meas. Tech.*, **11**(6), 3627-3643. [10.5194/amt-11-3627-2018](https://doi.org/10.5194/amt-11-3627-2018)
- Emde C., Barlakas v., **Cornet C.**, Evans F., Wang Z., C-Labonotte L., Macke A., Mayer B., Wendisch M., 2018, IPRT polarized radiative transfer model intercomparison project – Three-dimensional test cases (phase B), JQSRT, 209, Pages 19-44, <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2018.01.024>.
- Fauchez, T., A. B. Davis, **C. Cornet**, F. Szczap, S. Platnick, P. Dubuisson, and F. Thieuleux, 2017, A fast hybrid (3-D/1-D) model for thermal radiative transfer in cirrus via successive orders of scattering, *J. Geophys. Res. Atmos.*, **122**, 344–366, doi:[10.1002/2016JD025607](https://doi.org/10.1002/2016JD025607).
- Alkasem A., Szczap F., **Cornet C.**, Shcherbakov V., Y. Gour, O. Jourdan, L. C-Labonnote, G. Mioche, 2017 : Effects of cirrus heterogeneity on lidar CALIOP/CALIPSO data, *J. Quant. Spect. Rad. Transfer*, **202**, 38-49, doi.org/10.1016/j.jqsrt.2017.07.005.

Julien Delanoë, 41 ans, Maître de Conférences, HDR
Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales (LATMOS), LATMOS/IPSL, UVSQ Université Paris-Saclay, Sorbonne Université, CNRS, Guyancourt, France

2002-2005 : Thèse de Doctorat, Centre des Environnements Terrestre et Planétaires, UVSQ, France. Titre : "Modèle Inverse et Algorithmique pour exploiter la synergie Radar-Lidar dans les missions en tandem CLOUDSAT et CALIPSO ou la mission Earth-CARE".

2006-2010: Postdoctoral research scientist, Department of Meteorology, University of Reading, UK.

2010 (Septembre) -Aujourd'hui : Maître de Conférences UVSQ – Observatoire - Affecté au LATMOS

9 Janvier 2017 : Habilitation à diriger des recherches : « Instrumentation et méthodes pour l'étude des processus nuageux » UVSQ Université Paris-Saclay

Expert en télédétection active des nuages et des faibles précipitations par moyens sols, aéroportés et spatiaux. Expertise en développement instrumental ainsi qu'en méthodologies synergiques associées pour étudier les processus nuageux et les faibles précipitations.

Sélection de publications :

- **Delanoë** J. and Hogan R., 2010: Combined CloudSat-CALIPSO-MODIS retrievals of the properties of ice clouds. *J. Geophys. Res.*, 115, doi:10.1029/2009JD012346.
- **Delanoë** J., Hogan R. J., Forbes R. M., Bodas-Salcedo A., Stein T. H. M. 2011: Evaluation of ice cloud representation in the ECMWF and UK Met Office models using CloudSat and CALIPSO data. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 137, 661 (2011) 2064-2078.
- **Delanoë**, J., A. Protat, O. Jourdan, J. Pelon, M. Papazzoni, R. Dupuy, J. Gayet, and C. Jouan, 2013: Comparison of Airborne In Situ, Airborne Radar-Lidar, and Spaceborne Radar-Lidar Retrievals of Polar Ice Cloud Properties Sampled during the POLARCAT Campaign. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 30, 57–73, <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-11-00200.1>
- **Delanoë** J., Protat A., Vinson J.-P., Brett W., Caudoux C., Bertrand F., Parent du Chatelet J., Hallali R., Barthès L., Haefelin M., Dupont J.-C. et al., 2016. BASTA, a 95 GHz FMCW Doppler radar for cloud and fog studies. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, American Meteorological Society, , 2016, 33 (5), pp.1023-1038. <10.1175/JTECH-D-15-0104.1> - insu-01278272

Laaziz EL AMRAOUI, 45 ans, Chargé de Recherches -Développement Durable, HDR
Centre National de Recherches Météorologiques, Météo-France & CNRS - UMR 3589

1998-2001 : Thèse sur la caractérisation optique des aérosols, Université Mohammed 1er - Oujda, Maroc

2002-2007 : Post-doctorat à l'Observatoire de Bordeaux + CNRM Météo-France sur l'assimilation de données

2008 - : Chargé de recherche Développement Durable au CNRM, Météo-France, Toulouse, France

Domaines d'expertise: Chimie atmosphérique, modélisation numérique et assimilation de données, dynamique de la stratosphère, pollution chimique et particulaire, télédétection des espèces gazeuses et d'aérosols

Sélection de publications :

- El Amraoui, L., Attié, J.-L., Ricaud, P., Lahoz, W. A., Piacentini, A., Peuch, V.-H., Warner, J. X., Abida, R., Barré, J., and Zbinden, R.: Tropospheric CO vertical profiles deduced from total columns using data assimilation: methodology and validation, *Atmos. Meas. Tech.*, 7, 3035–3057, <https://doi.org/10.5194/amt-7-3035-2014>, 2014.
- Sič, B., L. El Amraoui, A. Piacentini, V. Marecal, E. Emili, D. Cariolle, M. Prather, J.-L. Attié : Aerosol data assimilation in the chemical transport model MOCAGE during the TRAQA/ChArMEx campaign: Aerosol optical depth. *Atmospheric Measurement Techniques*. 9. 5535-5554. 10.5194/amt-9-5535-2016., 2016
- Abida, R., J.-L. Attié, L. El Amraoui, P. Ricaud, W. Lahoz, H. Eskes, A. Segers, L. Curier, J. de Haan, J. Kujanpää, A. O. Nijhuis, J. Tamminen, R. Timmermans, and P. Veefkind: Impact of spaceborne carbon monoxide observations from the S-5P platform on tropospheric composition analyses and forecasts, *Atmos. Chem. Phys.*, 17, 1081-1103, <https://doi.org/10.5194/acp-17-1081-2017>, 2017
- Jaidan, N., El Amraoui, L., Attié, J.-L., Ricaud, P., and Dulac, F.: Future changes in surface ozone over the Mediterranean Basin in the framework of the Chemistry-Aerosol Mediterranean Experiment (ChArMEx), *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 9351–9373, <https://doi.org/10.5194/acp-18-9351-2018>, 2018.

Olivier Jourdan, 44 ans, Maître de Conférences

Laboratoire de Météorologie Physique (LaMP), UMR 6016, Université Clermont Auvergne (UCA)

1999-2003 : Thèse (Univ. Blaise Pascal, UBP, Clermont-Fd) sur la caractérisation in situ des propriétés microphysiques et optiques des nuages : contribution à l'amélioration des modèles de transfert radiatif et des méthodes d'inversion satellitales, réalisée au LaMP, à Clermont-Ferrand, France.

2003-2004 : ½ ATER à l'UBP puis Post-doctorat sur l'étude de la variabilité saisonnière des propriétés optiques des aérosols marins, au Department of Experimental Physics de l'université de Galway (NUIG, Irlande)

2004-2005 : Post-doctorat sur l'impact des nuages sur la restitution du NO₂ troposphérique à partir des mesures de SCIAMACHY/ENVISAT, à l'Institute of Environmental Physics de l'Université de Brême (IUP, Allemagne).

2005-2019 : Maître de Conférences au Laboratoire de Météorologie Physique, Université Clermont Auvergne, France

Expert en microphysique des nuages, en particulier par l'analyse des observations in situ/satellites et modélisation des propriétés optiques des cristaux de glace. Spécialisation sur les nuages en Arctique.

Sélection de publications :

- Mioche, G., and **O. Jourdan**, Spaceborne remote sensing and airborne in situ observations of Arctic mixed-phase clouds, in *Mixed-Phase Clouds : Observations and Modelling*, p. 300, edited by Constantin Andromache, Cambridge, MA, 121-150, 10.1016/B978-0-12-810549-8.00006-4, 2018.
- Järvinen, E., **O. Jourdan**, D. Neubauer, B. Yao, C. Liu, M. O. Andrea, U. Lohmann, M. Wendish, G. M. McFarquhar, T. Leisner, and M. Schnaiter, Additional Global Climate Cooling by Clouds due to Ice Crystal Complexity, *Atmos. Chem. Phys.*, **18**, 15767–15781, <https://doi.org/10.5194/acp-18-15767-2018>, 2018
- Chauvigné, A., **O. Jourdan**, A. Schwarzenboeck, C. Gourbeyre, J.-F. Gayet, C. Voigt, H. Schlager, S. Kaufmann, S. Borrmann, S. Molleker, A. Minikin, T. Jurkat, and U. Schumann, Statistical Analysis of Contrail to Cirrus Evolution during the Contrail and Cirrus Experiments (CONCERT), *Atmos. Chem. Phys.*, doi: 10.5194/acp-2017-946, 2018
- Mioche, G., **O. Jourdan**, J. Delanoë, C. Gourbeyre, M. Monier, G. Febvre, R. Dupuy, F. Szczap, A. Schwarzenboeck and J.-F. Gayet, Vertical distribution of microphysical properties of Arctic springtime low-level mixed-phase clouds over Greenland and Norwegian seas, *Atmos. Chem. Phys.*, **17**, 12845-12869, doi:10.5194/acp-17-12845-2017, 2017

Vincent Noel, 43 ans, Chargé de Recherches CNRS, HDR
Laboratoire d'Aérodynamique - UMR 5560/CNRS

1999-2002 : Thèse (Univ. Paris 7) sur l'apport des observations polarisées pour documenter les propriétés microphysiques des nuages de glace, réalisée au Laboratoire de Météorologie Dynamique (IPSL) à Palaiseau, France

2002-2005 : Post-doctorat dans l'équipe CALIPSO au NASA Langley Research Center (Hampton, VA, USA)

2006-2015 : Chargé de recherche CNRS au Laboratoire de Météorologie Dynamique (IPSL) à Palaiseau, France

2015-2019 : Chargé de recherche CNRS au Laboratoire d'Aérodynamique à Toulouse, France

Expert en analyse des observations de télédétection active lidar, en particulier spatiales (CALIPSO, CATS) pour documenter les propriétés macro et microphysiques nuageuses. Co-porteur du projet EECLAT-TOSCA depuis 2011.

Sélection de publications :

- Vaillant de Guélis T., H. Chepfer, **Noel**, V., Guzman, R., Bonazzola, M., and Winker, D. M., 2018: Space lidar observations constrain longwave cloud feedback, *Nature Scientific Reports*, **8**:16570 | DOI:10.1038/s41598-018-34943-1.
- **Noel**, V., Chepfer, H., Chiriaco, M., and Yorks, J.: The diurnal cycle of cloud profiles over land and ocean between 51° S and 51° N, seen by the CATS spaceborne lidar from the International Space Station, *Atmos. Chem. Phys.*, **18**, 9457-9473, <https://doi.org/10.5194/acp-18-9457-2018>, 2018
- Chepfer H, V. **Noel**, M. Chiriaco, B. Wielicki, D. Winker, N. Loeb and R. Wood, 2018: The potential of multi-decades space-born lidar to constrain cloud feedbacks, *J. Geophys. Res. Atmos.*, DOI:10.1002/2017JD027742
- Hoareau, C., **Noel**, V., Chepfer, H., Vidot, J., Chiriaco, M., Bastin, S., Reverdy, M. and Cesana, G. (2016), Remote sensing ice supersaturation inside and near cirrus clouds: a case study in the subtropics. *Atmos. Sci. Lett.*, **17**: 639–645. doi:10.1002/asl.714

Odran Sourdeval, 32 ans, Maître de Conférences
Laboratoire d'Optique Atmosphérique (LOA)/CNRS, Université de Lille

2009-2012 : Thèse sur l'étude des propriétés optiques et radiatives des cirrus à partir de mesures synergiques actives et passives, et applications dans le cadre de la mission A-Train, réalisée au Laboratoire d'Optique Atmosphérique (LOA), Univ. Lille, France

2012-2018 : Post-doctorat sur l'étude des nuages et de leurs interactions avec les aérosols à partir d'observations et de modélisation à haute résolution, dans l'équipe "Cloud and global climate" de l'Institut de Météorologie de Leipzig (LIM; Allemagne)

2018-2019 : Maître de conférence au Laboratoire d'Optique Atmosphérique, Univ. Lille, France

Expert en télédétection satellitaire des nuages, transfert radiatif et développement d'algorithmes de restitution, ainsi qu'en étude de processus nuageux à partir d'analyse combinée observation-modélisation.

Sélection de publications :

- Gryspeerd, E., Goren, T., **Sourdeval**, O., Quaas, J., Mülmenstädt, J., Dipu, S., Unglaub, C., Gettelman, A., and Christensen, M.: Constraining the Aerosol Influence on Cloud Liquid Water Path, *Atmos. Chem. Phys.*, **19**, 5331–5347, doi: 10.5194/acp-19-5331-2019, 2019
- **Sourdeval**, O., Gryspeerd, E., Krämer, M., Goren, T., Delanoë, J., Afchine, A., Hemmer, F., and Quaas, J.: Ice crystal number concentration estimates from lidar–radar satellite remote sensing – Part 1: Method and evaluation, *Atmos. Chem. Phys.*, **18**, 14327–14350, doi: 10.5194/acp-18-14327-2018, 2018

- Gryspeerdt, E., **Sourdeval, O.**, Quaas, J., Delanoë, J., Krämer, M., and Kühne, P.: Ice Crystal Number Concentration Estimates From Lidar-radar Satellite Remote Sensing – Part 2: Controls on the Ice Crystal Number Concentration, *Atmos. Chem. Phys.*, **18**, 14 351–14 370, doi: 10.5194/acp-18-14351-2018, 2018
 - Grosvenor, D. P., **Sourdeval, O.**, Zuidema, P., Ackerman, A. S., Alexandrov, M. D., Bennartz, R., Boers, R., Cairns, B., Chiu, C., Christensen, M., Deneke, H., Diamond, M., Feingold, G., Fridlind, A., Hünnerbein, A., Knist, C., Kollias, P., Marshak, A., McCoy, D., Merk, D., Painemal, D., Rausch, J., Rosenfeld, D., Russchenberg, H., Seifert, P., Sinclair, K., Stier, P., van Diedenhoven, B., Wendisch, M., Werner, F., Wood, R., Zhang, Z., and Quaas, J.: Remote Sensing of Droplet Number Concentration in Warm Clouds: a Review of the Current State of Knowledge and Perspectives, *Reviews of Geophysics*, **56**, doi: 10.1029/2017RG000593, 2018
-

Contribution des participants par thème

			Theme 1 - climat	Theme 2 - aerosols	Theme 3 - nuages	Theme 4 - transverse
1	Ancellet	LATMOS	X	X		
2	Alkasem	LaMP			X	X
3	Armante	LMD			X	X
4	Baray	LaMP			X	
5	Bastin	LATMOS	X		X	
7	Bouniol	CNRM	X		X	
8	Bousquet	LACy		X		
9	Chalmi	LATMOS				X
10	Chepfer	LMD	X			
11	Chiriaco	LATMOS	X		X	
12	Claud	LMD	X		X	
13	Cornet	LOA			X	X
14	Couvreux	CNRM	X		X	
15	Delanoe	LATMOS			X	
16	Duflot	LACY			X	
17	Dupont	IPSL		X	X	X
18	Dupuy	LaMP			X	
19	El Amraoui	CNRM	X	X		
20	Evesque	IPSL	X			
21	Feofilov	LMD	X		X	
22	Genthon	LMD			X	
23	Guichard	CNRM	X		X	
24	Guzman	LMD	X		X	
25	Haeffelin	IPSL	X	X	X	X
26	Hemmer	LMD		X	X	
28	Jourdan	LaMP	X		X	
29	Jumelet	LATMOS	X		X	
30	Keckhut	LATMOS		X	X	X
31	Labonnote	LOA			X	X
32	Legras	LMD	X		X	
33	Leon	LA		X		
34	Li	LMD	X			
35	Miffre	ILM		X		
36	Mioche	LaMP			X	
37	Montoux	LaMP		X	X	
38	Noel	LA	X		X	
39	Parol	LOA			X	
40	Pelon	LATMOS		X	X	
41	Penide	LOA			X	
42	Pommereau	LATMOS			X	
43	Raberanto	LMD	X		X	
45	Rio	CNRM	X			X
46	Riviere	GSMA			X	
47	Roehrig	CNRM	X			

48	Sarkissian	LATMOS			X	X
49	Schwartzboeck	LaMP			X	
50	Scott	LMD				X
51	Sellegri	LaMP	X	X		
52	Seze	LMD			X	
53	Sourdeval	LOA			X	X
54	Shcherbakov	LaMP			X	X
55	Stubenrauch	LMD	X		X	
56	Szczap	LaMP		X	X	X
57	Vidot	CNRM	X			X

Références Bibliographiques

- Alkasem A., F. Szczap, C. Cornet, V. Shcherbakov, Y. Gour, O. Jourdan, L.C.-Labonnote and G. Mioche, 2017, Effects of cirrus heterogeneity on lidar CALIOP/CALIPSO data, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, 202, 38-49, doi:10.1016/j.jqsrt.2017.07.005
- Ancellet, G., Pelon, J., Totems, J., Chazette, P., Bazureau, A., Sicard, M., Di Iorio, T., Dulac, F., and Mallet, M.: [Long-range transport and mixing of aerosol sources during the 2013 North American biomass burning episode: analysis of multiple lidar observations in the western Mediterranean basin](#), *Atmos. Chem. Phys.*, 16, 4725-4742, doi:10.5194/acp-16-4725-2016, 2016
- Ancellet, G., I. E. Penner, J. Pelon, V. Mariage, A. Zabukovec, J. C. Raut, G. Kokhanenko and Y. S. Balin, 2019: "Aerosol monitoring in Siberia using an 808-nm automatic compact lidar", *Atmos. Meas. Tech.*, 12, 147-168, doi:10.5194/amt-12-147-2019
- Avramov, Alexander, et Jerry Y. Harrington, 2010 : Influence of Parameterized Ice Habit on Simulated Mixed Phase Arctic Clouds. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 115, no D3 (2010). <https://doi.org/10.1029/2009JD012108>.
- Barker, Howard W., Jason N. S. Cole, Jiangnan Li, et Knut von Salzen, 2016 : A Parametrization of 3-D Subgrid-Scale Clouds for Conventional GCMs: Assessment Using A-Train Satellite Data and Solar Radiative Transfer Characteristics. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems* 8, no 2 : 566-97. <https://doi.org/10.1002/2015MS000601>.
- Baumgardner, D., S. J. Abel, D. Axisa, R. Cotton, J. Crosier, P. Field, C. Gurganus, et al., 2017 : Cloud Ice Properties: In Situ Measurement Challenges ». *Meteorological Monographs* 58: 9.1-9.23. <https://doi.org/10.1175/AMSMONOGRAPHS-D-16-0011.1>.
- Bègue et al., Long-range transport of stratospheric aerosols in the Southern Hemisphere following the 2015 Calbuco eruption, *Atmos. Chem. Phys.*, 17, 15019-15036, 2017.
- Bellouin, N., and Coauthors: Bounding aerosol radiative forcing of climate change, *Rev. Geophys.*, submitted, 2019
- Bony, S., and Coauthors, 2015: Cloud, circulation and climate sensitivity. *Nat. Geosci.*, 8, 261–268, <https://doi.org/10.1038/ngeo2398>
- Bodas-Salcedo, A., M. J. Webb, M. E. Brooks, M. A. Ringer, K. D. Williams, S. F. Milton, and D. R. Wilson (2008), Evaluating cloud systems in the Met Office global forecast model using simulated CloudSat radar reflectivities, *J. Geophys. Res.*, 113, D00A13, doi:10.1029/2007JD009620.
- Bony, S., Stevens, B., Ament, F. et al.: EUREC4A: A Field Campaign to Elucidate the Couplings Between Clouds, Convection and Circulation. *Surv Geophys* (2017) 38: 1529. <https://doi.org/10.1007/s10712-017-9428-0>
- Bouniol, Dominique, Rémy Roca, Thomas Fiolleau, et D. Emmanuel Poan, 2016 : Macrophysical, Microphysical, and Radiative Properties of Tropical Mesoscale Convective Systems over Their Life Cycle. *Journal of Climate* 29, no 9 : 3353-71. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0551.1>.
- Carella et al. 2019 : Statistical downscaling of water vapour satellite measurements from profiles of tropical ice clouds. *Earth Sys. Sci. Data*, doi:10.5194/essd-2018-138
- Cassou C., M. Minvielle, L. Terray, and C. Perigaud, 2011: A statistical-dynamical scheme for reconstructing ocean forcing in the Atlantic. Part I: weather regimes as predictors for ocean surface variables. *Clim. Dyn.*, 36, 19 – 39.
- Cazenave Q., M. Ceccaldi, J. Delanoë, J. Pelon, S. Groß, et al., 2019, Evolution of DARDAR-CLOUD ice cloud retrievals: new parameters and impacts on the retrieved microphysical properties. *Atmospheric Measurement Techniques*, 2019, 12 (5).
- Chakroun M., S. Bastin, M. Chiriaco, H. Chepfer, 2016: Characterization of vertical cloud variability over Europe using spatial lidar observations and regional simulation, *Climate Dynamics*, doi: 10.1007/s00382-016-3037-3
- Chan, Mark Aaron, et Josefino C. Comiso, 2012 : Arctic Cloud Characteristics as Derived from MODIS, CALIPSO, and CloudSat. *Journal of Climate* 26, no 10 : 3285-3306. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00204.1>.
- Chepfer, H., S. Bony, D. Winker, M. Chiriaco, J.-L. Dufresne, and G. Sèze (2008), Use of CALIPSO lidar observations to evaluate the cloudiness simulated by a climate model, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L15704, doi:10.1029/2008GL034207.
- Chepfer, H., V. Noel, M. Chiriaco, B. Wielicki, D. Winker, N. Loeb, and R. Wood, 2018. "The Potential of a Multidecade Spaceborne Lidar Record to Constrain Cloud Feedback." *J. of Geophysical Research: Atmospheres* 123, no. 10: 5433–54. <https://doi.org/10.1002/2017JD027742>
- Clement A., R. Burgman, J. Norris, 2009 : Observational and model evidence for positive low-level cloud feedback. *Science*, 325, 460 – 464.
- Coopman, Quentin, Timothy J. Garrett, Jérôme Riedi, Sabine Eckhardt, et Andreas Stohl, 2016 : Effects of Long-Range Aerosol Transport on the Microphysical Properties of Low-Level Liquid Clouds in the Arctic. *Atmospheric Chemistry and Physics* 16, no 7 : 4661-74. <https://doi.org/10.5194/acp-16-4661-2016>.
- Delanoë, J. M. E., A. J. Heymsfield, A. Protat, A. Bansenmer, and R. J. Hogan (2014), Normalized particle size distribution for remote sensing application, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 119, 4204-4227, doi:10.1002/2013JD020700.
- Del Genio, A. and W. Kovari, 2002 : Climatic Properties of Tropical Precipitating Convection under Varying Environmental Conditions. *J. Climate*, 15, 2597-2615.

- Desmons, M., N. Ferlay, F. Parol, J. Riédi, 2017 : A global multilayer cloud identification with POLDER/PARASOL, *J. Appl. Met. Clim.*, 56, 1121-1139, DOI :10.1175/JAMC-D-16-0159.1
- Di Biagio C., Pelon J., Ancellet G., Bazureau A., Mariage V. Sources, Load, Vertical Distribution, and Fate of Wintertime Aerosols North of Svalbard From Combined V4 CALIOP Data, Ground-Based IAOS Lidar Observations and Trajectory Analysis, *J. of Geophys. Res.*, 2018, 123 (2)
- Edel, L, Jean-François Rysman, Chantal Claud, Cyril Palerme, Christophe Genthon : Potential of passive microwave around 183 GHz for snowfall detection in the Arctic. *Remote Sensing*, in revision.
- Feofilov, A. G., C. J. Stubenrauch, Diurnal variation of high-level clouds from the synergy of AIRS and IASI spaceborne infrared sounders *Atmosph. Phys. Discuss.*, 10.5194/acp-2019-166 (2019), in revision
- Ferlay, N., F. Thieuleux, C. Cornet, A. B. Davis, P. Dubuisson, F. Ducos, F. Parol, J. Riédi, C. Vanbauce, 2010 : Toward new inferences about cloud structures from multidirectional measurements in the oxygen A band: Middle-of-cloud pressure and cloud geometrical thickness from POLDER3/PARASOL, *J. Appl. Meteor. Clim.*, doi: 10.1175/2010JAMC2550.1
- Garnier, A.; Pelon, J.; Dubuisson, P.; Yang, P.; Faivre, M.; Chomette, O.; Pascal, N.; Lucker, P.; Murray, T. Retrieval of cloud properties using CALIPSO imaging infrared radiometer. Part II: effective diameter and ice water path. *J. Appl. Meteor. Climatol.* 2013, 52, 2582–2599.
- Genthon, C., Berne, A., Grazioli, J., Durán Alarcón, C., Praz, C., and Boudevillain, B.: Precipitation at Dumont d'Urville, Adélie Land, East Antarctica: the APRES3 field campaigns dataset, *Earth Syst. Sci. Data*, 10, 1605–1612, 2018
- Geoffroy, O., S. C. Sherwood, et D. Fuchs, 2017 : On the Role of the Stratiform Cloud Scheme in the Inter-Model Spread of Cloud Feedback: the Role of the Stratiform Cloud Scheme in the Inter-Model Spread of Cloud Feedback. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems* 9, no 1 : 423–37. <https://doi.org/10.1002/2016MS000846>.
- Grosvenor, D. P., Sourdeval, O., Zuidema, P., Ackerman, A. S., Alexandrov, M. D., Bennartz, R., Boers, R., Cairns, B., Chiu, C., Christensen, M., Deneke, H., Diamond, M., Feingold, G., Fridlind, A., Hünerbein, A., Knist, C., Kollias, P., Marshak, A., McCoy, D., Merk, D., Painemal, D., Rausch, J., Rosenfeld, D., Russchenberg, H., Seifert, P., Sinclair, K., Stier, P., van Diedenhoven, B., Wendisch, M., Werner, F., Wood, R., Zhang, Z., and Quaas, J.: Remote Sensing of Droplet Number Concentration in Warm Clouds: a Review of the Current State of Knowledge and Perspectives, *Reviews of Geophysics*, 56, doi: 10.1029/2017RG000593, 2018a
- Grosvenor, D. P., Sourdeval, O., and Wood, R.: Parameterizing Cloud Top Effective Radii From Satellite Retrieved Values, Accounting for Vertical Photon Transport: Quantification and Correction of the Resulting Bias in Droplet Concentration and Liquid Water Path Retrievals, *Atmos. Meas. Tech.*, 11, 4273–4289, doi: 10.5194/amt-11-4273-2018, 2018b
- Gultepe, I., A. J. Heymsfield, P. R. Field, et D. Axisa, 2017 : Ice-Phase Precipitation. *Meteorological Monographs* 58 : 6.1-6.36. <https://doi.org/10.1175/AMSMONOGRAPH-D-16-0013.1>.
- Haynes, J.M., R.T. Marchand, Z. Luo, A. Bodas-Salcedo, and G.L. Stephens, 2007: [A Multipurpose Radar Simulation Package: QuickBeam](https://doi.org/10.1175/BAMS-88-11-1723). *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 88, 1723–1728, <https://doi.org/10.1175/BAMS-88-11-1723>
- Hartmann D.L and S.E. Berry, 2016 : The balanced radiative effect of tropical anvil clouds. *J. Geophys. Res., Atmos.*, 122, 5003–5020, doi:10.1002/2017JD026460.
- Heidinger, A., Y. Li, B. A. Braum, R. E. Holz, S. Platnick, and P. Yang, 2015: Retrieval of cirrus cloud optical depth under day and night conditions from MODIS Collection 6 cloud property data. *Remote Sens.*, 7, 7257–7271, <https://doi.org/10.3390/rs70607257>
- Hou, P., Wu, S., McCarty, J. L., and Gao, Y.: Sensitivity of atmospheric aerosol scavenging to precipitation intensity and frequency in the context of global climate change, *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 8173-8182, <https://doi.org/10.5194/acp-18-8173-2018>, 2018
- Josset, D., Rogers R., Pelon J., Hu Y., Liu Z., Omar A., and Zhai P.W. : CALIPSO lidar ratio retrieval over the ocean. *Opt. Express* 19, 18696-18706, 2011.
- Kay, J. E., L'Ecuyer, T., Pendergrass, A., Chepfer, H., Guzman, R. and V. Yetella, 2018 : Scale-aware and definition-aware evaluation of modeled near-surface precipitation frequency using CloudSat observations, *J. Geophys. Res. Atmos.*, DOI:10.1002/2017JD028213
- Khain, A. P., Beheng, K. D., Heymsfield, A., Korolev, A., Krichak, S. O., Levin, Z., Pinsky, M., Philips, V., Prabhakaran, T., Teller, A., van den Heever, S. C., and Yano, J.-I.: Representation of microphysical processes in cloud-resolving models: spectral (bin) microphysics vs. bulk parameterization, *Rev. Geophys.*, 53, 247–322, <https://doi.org/10.1002/2014RG000468>, 2015
- Kim, M.-H., Omar, A. H., Tackett, J. L., Vaughan, M. A., Winker, D. M., Trepte, C. R., Hu, Y., Liu, Z., Poole, L. R., Pitts, M. C., Kar, J., and Magill, B. E.: The CALIPSO version 4 automated aerosol classification and lidar ratio selection algorithm, *Atmos. Meas. Tech.*, 11, 6107–6135, <https://doi.org/10.5194/amt-11-6107-2018>, 2018.
- Klein S., et A. Hall, 2015 : emergent constraints on cloud feedbacks. *Current climate change reports*, vol 1 iss. 4, 276 – 287.
- Kohonen T., 1993. "Physiological interpretation of the Self-Organizing Map algorithm." Dans : *Neural Networks*
- Konsta, D., J.-L. Dufresne, H. Chepfer, A. Idelkadi, and G. Cesana. "Use of A-Train Satellite Observations (CALIPSO–PARASOL) to Evaluate Tropical Cloud Properties in the LMDZ5 GCM." *Climate Dynamics* 47, no. 3–4: 1263–84. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2900-y>.

- Krämer, Martina, Christian Rolf, Anna Luebke, Armin Afchine, Nicole Spelten, Anja Costa, Jessica Meyer, et al., 2016 : A Microphysics Guide to Cirrus Clouds – Part 1: Cirrus Types. *Atmospheric Chemistry and Physics* 16, no 5 : 3463–83. <https://doi.org/10.5194/acp-16-3463-2016>.
- Kretzschmar, Jan, Marc Salzmann, Johannes Mülmenstädt, et Johannes Quaas, 2019 : Arctic Clouds in ECHAM6 and Their Sensitivity to Cloud Microphysics and Surface Fluxes. *Atmospheric Chemistry and Physics* 19, no 16 : 10571–89. <https://doi.org/10.5194/acp-19-10571-2019>.
- Law, K.S., Stohl A., Quinn P., Brock C., Burkhardt J., Paris J.D., Ancellet, G. et al. “Arctic Air Pollution: New Insights From POLARCAT-I PY.” *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 140507132833005. doi:10.1175/bams-d-13-00017.1., 2014
- Liu, Yongqiang; Goodrick, Scott; Heilman, Warren : Wildland fire emissions, carbon, and climate: Wildfire–climate interactions . *Forest Ecology and Management*. 317: 80-96, 2014
- Illingworth, A. J., and Coauthors, 2015: The EarthCare satellite: The next step forward in global measurements of clouds, aerosols, precipitation, and radiation. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 96, 1311–1332, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00227.1>
- Josset, D., J. Pelon, N. Pascal, Y. Hu and W. Hou, 2018: “On the Use of CALIPSO Land Surface Returns to Retrieve Aerosol and Cloud Optical Depths”, *IEEE Trans. Remote Sens.*, 56, 3256–3264, doi:10.1109/TGRS.2018.2796850
- Lacour, A., Chepfer, H., Miller, N. B., Shupe, M. D., Noel, V., Fettweis, X., et al. (2018). How Well Are Clouds Simulated over Greenland in Climate Models? Consequences for the Surface Cloud Radiative Effect over the Ice Sheet. *Journal of Climate*, 31, 20
- Lee, S. S., Z. Li, Y. Zhang, H. Yoo, S. Kim, B.-G. Kim, Y.-S. Choi, et al., 2018 : Effects of model resolution and parameterizations on the simulations of clouds, precipitation, and their interactions with aerosols. *Atmos. Chem. Phys.* 18, no 1 : 13–29. <https://doi.org/10.5194/acp-18-13-2018>.
- Li, J.-L. F., W.-L. Lee, D. E. Waliser, J. David Neelin, Justin P. Stachnik, et Tong Lee, 2014 : Cloud-Precipitation-Radiation-Dynamics Interaction in Global Climate Models: A Snow and Radiation Interaction Sensitivity Experiment. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2013JD021038. <https://doi.org/10.1002/2013JD021038>.
- Luebke, Anna E., Julien Delanoë, Vincent Noel, Hélène Chepfer, and Bjorn Stevens. “A Workshop on Remote Sensing of the Atmosphere in Anticipation of the EarthCARE Satellite Mission.” *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 99, (12) <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0143.1>.
- Ma P.-L., P. Rasch, H. Chepfer, D. Winker, and S. Ghan, 2018: Observational Constraint on Cloud Susceptibility Weakened by Aerosol Retrieval Limitations, *Nature Communication*, 9, 2640
- Martins E., V. Noel, H. Chepfer, 2011: Properties of cirrus and subvisible cirrus from nighttime CALIOP, related to atmospheric dynamics and water vapor, *J. Geophys. Res.*, *J. Geophys. Res.*, 116, D02208.
- McCoy, Daniel T., Dennis L. Hartmann, Mark D. Zelinka, Paulo Ceppi, et Daniel P. Grosvenor, 2015 : Mixed-Phase Cloud Physics and Southern Ocean Cloud Feedback in Climate Models. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2015JD023603. <https://doi.org/10.1002/2015JD023603>.
- Miltenberger, A. K., P. R. Field, A. A. Hill, B. J. Shipway, et J. M. Wilkinson, 2018 : Aerosol-cloud interactions in mixed-phase convective clouds. Part 2: Meteorological ensemble. *Atmos. Chem. Phys.* . 2018 : 1–37. <https://doi.org/10.5194/acp-2018-167>.
- Mioche, G., and O. Jourdan, Spaceborne remote sensing and airborne in situ observations of Arctic mixed-phase clouds, in *Mixed-Phase Clouds : Observations and Modelling*, Cambridge, MA, 121150, 10.1016/B978-0-12-810549-8.00006-4, 2018.
- Mioche, G., O. Jourdan, M. Ceccaldi, et J. Delanoë, 2015 : Variability of Mixed-Phase Clouds in the Arctic with a Focus on the Svalbard Region: A Study Based on Spaceborne Active Remote Sensing. *Atmospheric Chemistry and Physics* 15, no 5 : 2445–61. <https://doi.org/10.5194/acp-15-2445-2015>.
- Mioche, G., O. Jourdan, J. Delanoë, C. Gourbeyre, G. Febvre, R. Dupuy, M. Monier, F. Szczap, A. Schwarzenboeck, et J.-F. Gayet, 2017 : Vertical distribution of microphysical properties of Arctic springtime low-level mixed-phase clouds over the Greenland and Norwegian seas. *Atmos. Chem. Phys.* 17, no 20 : 12845–69. <https://doi.org/10.5194/acp-17-12845-2017>.
- Morrison, A. L., Kay, J. E., Frey, W. R., Chepfer, H. and R. Guzman, 2019: Cloud response to Arctic Sea Ice Loss and Implications for Future Feedbacks in the CESM Climate Model, *J. Geophys. Atmos.*, DOI: 10.1029/2018JD029142
- Morrison, Hugh, Gijs de Boer, Graham Feingold, Jerry Harrington, Matthew D. Shupe, et Kara Sulia, 2012 : Resilience of Persistent Arctic Mixed-Phase Clouds. *Nature Geoscience* 5, no 1 11–17. <https://doi.org/10.1038/ngeo1332>.
- Nam, C.C. and J. Quaas, 2012: [Evaluation of Clouds and Precipitation in the ECHAM5 General Circulation Model Using CALIPSO and CloudSat Satellite Data](https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00347.1). *J. Climate*, 25, 4975–4992, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00347.1>
- Noel, V., H. Chepfer, M. Chiriaco, and C. York, 2018: The diurnal cycle of cloud profiles between 51°S and 51°N, seen by the CATS spaceborne lidar from the International Space Station, <https://doi.org/10.5194/acp-2018-214>
- Omar, A. “A Decade of CALIPSO Observations of Asian and Saharan Dust Properties near Source and Transport Regions.” Edited by D. Altaußen, S. Abdullaev, and J. Hofer. *E3S Web of Conferences* 99 (2019): 02008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199902008>.

- Oreopoulos, L., N. Cho, and D. Lee. "New Insights about Cloud Vertical Structure from CloudSat and CALIPSO Observations." *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 122, no. 17: 9280–9300. <https://doi.org/10.1002/2017JD026629>.
- Ovchinnikov, Mikhail, Andrew S. Ackerman, Alexander Avramov, Anning Cheng, Jiwen Fan, Ann M. Fridlind, Steven Ghan, et al., 2014 : Intercomparison of Large-Eddy Simulations of Arctic Mixed-Phase Clouds: Importance of Ice Size Distribution Assumptions ». *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, n/a–n/a. <https://doi.org/10.1002/2013MS000282>.
- Pelon J., D. M. Winker, G. Ancellet, M. Vaughan, D. Josset, A. Bazureau and N. Pascal, Space observation of aerosols from satellite over China during pollution episodes : status and perspectives in Air pollution in Asia : an integrated Perspective, 2017, I. Bouarar, X. Wang and P. Brasseur eds., ISSI Scientific report series, Springer
- Protopapadaki, S. E., C. J. Stubenrauch, and A. G. Feofilov: [Upper Tropospheric Cloud Systems Derived from IR Sounders: Properties of Cirrus Anvils in the Tropics](#), *Atmos. Chem. Phys.*, 17, 3845–3859, doi:10.5194/acp-17-3845-2017 (2017)
- Sèze, G., Pelon, J., Derrien, M., Le Gléau, H. and Six, B. 2015: Evaluation against CALIPSO lidar observations of the multi-geostationary cloud cover and type dataset assembled in the framework of the Megha-Tropiques mission. *Q.J.R. Meteorol. Soc.* doi: 10.1002/qj.2392
- Reverdy, M., H. Chepfer, D. Donovan, V. Noel, G. Cesana, C. Hoareau, M. Chiriaco, and S. Bastin. "An EarthCARE/ATLID Simulator to Evaluate Cloud Description in Climate Models." *J. of Geophys. Res.* 120, no. 21: 11,090–11,113. <https://doi.org/10.1002/2015JD023919>.
- Riedi, J., B. Marchant, S. Platnick, B. A. Baum, F. Thieuleux, C. Oudard, F. Parol, J.-M. Nicolas, et P. Dubuisson, 2010 : Cloud Thermodynamic Phase Inferred from Merged POLDER and MODIS Data. *Atmospheric Chemistry and Physics* 10, no 23 : 11851–65. <https://doi.org/10.5194/acp-10-11851-2010>.
- Roca, R., T. Fiolleau et D. Bouniol, 2017 : A Simple Model of the Life Cycle of Mesoscale Convective Systems Cloud Shield in the Tropics. *J. Climate*, 30, 4283–4298. DOI: 10.1175/JCLI-D-16-0556.1
- Rodgers: *Inverse Methods for Atmospheric Sounding: Theory and Practice*, World Scientific, 2000
- Savre, J., et A. M. L. Ekman, 2015 : Large-Eddy Simulation of Three Mixed-Phase Cloud Events during ISDAC: Conditions for Persistent Heterogeneous Ice Formation: LES OF ICE NUCLEATION DURING ISDAC. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 120, no 15 : 7699–7725. <https://doi.org/10.1002/2014JD023006>.
- Sič, B., L. El Amraoui, A. Piacentini, V. Marecal, E. Emili, D. Cariolle, M. Prather, J.-L. Attié, 2016 : Aerosol data assimilation in the chemical transport model MOCAGE during the TRAQA/ChArMEx campaign: Aerosol optical depth. *Atmospheric Measurement Techniques*. 9. 5535–5554. 10.5194/amt-9-5535-2016.
- Sourdeval, O., E. Gryspeerdt, M. Krämer, T. Goren, J. Delanoë, A. Afchine, F. Hemmer, and J. Quaas. "Ice Crystal Number Concentration Estimates from Lidar–Radar Satellite Remote Sensing – Part 1: Method and Evaluation." *Atmos. Chem. and Phys.* 18, no. 19: 14327–50. <https://doi.org/10.5194/acp-18-14327-2018>.
- Sourdeval, O., C. Labonnote, L., Baran, A. J., Mülmenstädt, J., and Brogniez, G.: A methodology for simultaneous retrieval of ice and liquid water cloud properties. Part 2: Near-global retrievals and evaluation against A-Train products, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 142, 3063–3081, doi: 10.1002/qj. 2889, 2016
- Stephens, G., D. Winker, J. Pelon, C. Trepte, D. Vane, C. Yuhas, T. L'Ecuyer, and M. Lebsock. "CloudSat and CALIPSO within the A-Train: Ten Years of Actively Observing the Earth System." *Bull. of the Am. Met. Soc.* 99, no. 3: 569–81. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0324.1>.
- Stephens, Graeme L., Tristan L'Ecuyer, Richard Forbes, Andrew Gettelmen, Jean-Christophe Golaz, Alejandro Bodas-Salcedo, Kentaroh Suzuki, Philip Gabriel, et John Haynes, 2010 : Dreary State of Precipitation in Global Models. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 115, no D24 (2010). <https://doi.org/10.1029/2010JD014532>.
- Stephens, G.L., M. Christensen, T. Andrews, T. J. Haywood, F.F. Malavelle, K. Suzuki, X. Jing, M. Lebsock, J.-L. F. Li, H. Takahshi and O. Sy, 2019 : Cloud Physics from Space. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* DOI : 10.1002/qj3589
- Streibel, M., M. Rex, P. von der Gathen, R. Lehmann, N. R. P. Harris, et al.. Chemical ozone loss in the Arctic winter 2002/2003 determined with Match. *Atmospheric Chemistry and Physics*, European Geosciences Union, 2006, 6 (10), pp.2783–2792. hal-00295973
- Stocker, T.F., et al. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Storelvmo, T., 2017 : Aerosol Effects on Climate via Mixed-Phase and Ice Clouds ». *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 45, no 1 : 199–222. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-060115-012240>.
- Stubenrauch, C. J., M. Bonazzola, S. E. Protopapadaki, I. Musat, 2019: "New Cloud System Metrics to Assess Bulk Ice Cloud Schemes in a GCM." *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 2019MS001642. <https://doi.org/10.1029/2019MS001642>.
- Stubenrauch, C. J., A. G. Feofilov, S. E. Protopapadaki, and R. Armante, 2017 : Cloud climatologies from the infrared Sounder AIRS and IASI: strengths and applications, *Atmos. Chem. Phys.*, 17, 13625–13644, DOI: 10.5194/acp-17-13625-2017

- Swales, D. J., Pincus, R., and Bodas-Salcedo, A.: The Cloud Feedback Model Intercomparison Project Observational Simulator Package: Version 2, *Geosci. Model Dev.*, 11, 77–81, <https://doi.org/10.5194/gmd-11-77-2018>, 2018.
- Vidot, J., A. J. Baran, and P. Brunel (2015) : A new ice cloud parameterization for infrared radiative transfer simulation of cloudy radiances: Evaluation and optimization with IIR observations and ice cloud profile retrieval products, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 120, 6937–6951, doi:10.1002/2015JD023462
- Wall, C., D. L. Hartmann, M.M. Thieman, W. L. Smith Jr, P. Minnis, 2019 : The Life Cycle of Anvil Clouds and the Top-of-Atmosphere Radiation Balance over the Tropical West Pacific. *J. Climate*, 10059-10080. DOI: 10.1175/JCLI-D-18-0154.1
- Wang and Coauthors, 2013: CloudSat Project: Level 2 combined radar and lidar cloud scenario classification product process description and interface control document. California Institute of Technology JPL, 61 pp.
- Wendisch, Manfred, Andreas Macke, André Ehrlich, Christof Lüpkes, Mario Mech, Dmitry Chechin, Klaus Dethloff, et al., 2018 : The Arctic Cloud Puzzle: Using ALOUD/PASCAL Multiplatform Observations to Unravel the Role of Clouds and Aerosol Particles in Arctic Amplification ». *Bulletin of the American Meteorological Society* 100, no 5 : 841–871. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0072.1>.
- Westbrook, C.D., and A. J. Illingworth, 2013 : The formation of ice in a long-lived supercooled layer cloud. *Q. J. E. Meteorol. Soc.*, 139:2209–2221 2014GL060657. <https://doi.org/10.1002/qj.2096>.
- Yang, Fan, Mikhail Ovchinnikov, et Raymond A. Shaw, 2014 : Microphysical Consequences of the Spatial Distribution of Ice Nucleation in Mixed-Phase Stratiform Clouds. *Geophysical Research Letters*, 2014GL060657. <https://doi.org/10.1002/2014GL060657>.
- Yiou P., R. Vautard, P. Naveau, and C. Cassou, 2007: Inconsistency between atmospheric dynamics and temperatures during the exceptional 2006/2007 fall/winter and recent warming in Europe. *Geophys. Res. Lett.*, **34**, L21808.
- Zelinka, M. D., S. A. Klein, and D. L. Hartmann, 2012: Computing and partitioning cloud feedbacks using cloud property histograms. Part II: Attribution to changes in cloud amount, altitude, and optical depth, *J. Clim.*, **25**, 3736–3754, doi:10.1175/JCLI-D-11-00249.
- Zhang, D., Z. Wang, and D. Liu, 2010: A global view of mid-level liquid-layer topped stratiform cloud distribution and phase partition from CALIPSO and CloudSat measurements. *J. Geophys. Res.*, 115, D00H13, doi:10.1029/2010JD014030.

Thèmes ou opérations	Responsables
<p>Direction et animation</p> <ul style="list-style-type: none"> - organisation des réunions du comité de pilotage - organisation des réunions annuelles de la communauté EECLAT - animation et coordination du groupement - organisation de réunions avec d'autres groupements pour interactions et stratégies communes - pilotage des retours vers les tutelles, des interactions avec les tutelles, de la prise en compte des retours des tutelles - gestion administrative du groupement 	<p>Vincent Noel (LA), Marjolaine Chiriaco (LATMOS), Sophie Cloches (IPSL)</p>
<p>Thème 1 : Climat</p> <ul style="list-style-type: none"> - comprendre l'évolution et les rétroactions des nuages dans un climat qui se réchauffe - construction de longues séries d'observations tirées de missions spatiales successives ou simultanées - pilotage de réponses aux appels d'offre Intelligence Artificielle et Climat - organisation des réunions de travail du thème 	<p>Hélène Chepfer (LMD), Marjolaine Chiriaco (LATMOS)</p>
<p>Thème 2 : Processus Aérosols</p> <ul style="list-style-type: none"> - caractériser les sources, le transport et l'évolution des aérosols en Eurasie, Océan Indien, Océan Austral, Pacifique, Régions polaires, Afrique - traduire les mesures et une meilleure représentation des panaches volcaniques et de la qualité de l'air dans les modèles - lier ces enseignements aux processus de formation et de maintien des nuages (e.g. phase mixte) - participer à la conception, mise en œuvre et exploitation de campagnes de mesure - organisation des réunions de travail du thème 	<p>Gérard Ancellet (LATMOS), Laaziz El Amraoui (CNRM)</p>
<p>Thème 3 : Processus Nuages</p> <ul style="list-style-type: none"> - observer la variabilité des propriétés des nuages, des précipitations et des processus associés au cours du cycle de vie du nuage - quantifier l'impact des conditions environnementales sur les propriétés des nuages - participer à la conception, mise en œuvre et exploitation de campagnes de mesure - organisation des réunions de travail du thème 	<p>Olivier Jourdan (LaMP), Julien Delanoe (LATMOS)</p>
<p>Thème 4 : Propriétés de l'atmosphère et télédétection</p>	<p>Céline Cornet (LOA), Odran Sourdeval (LOA)</p>

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">- simuler les interactions entre propriétés de l'atmosphère et rayonnement pour exploiter les observations- identifier les paramètres sensibles qui influencent l'incertitude sur les résultats des modèles inverse et direct- comparer observations et sorties de modèle- prendre en compte les innovations de modélisation du transfert radiatif et des paramétrisations- organisation des réunions de travail du thème | |
|---|--|



ANNEE : 2019

Nom du demandeur : Vincent Noel

Liste des équipes participantes (noms et prénoms des responsables, intitulés des équipes), regroupées par organismes d'appartenance avec indication du code du laboratoire de rattachement et nom du directeur	Signature des responsables des équipes
<p>Centre National de Recherches Meteorologiques (CNRM)</p> <p><i>Membres permanents</i> Bouniol Dominique Couvreur Fleur El Amraoui Laaziz Guichard Françoise Rio Catherine Roehrig Romain Vidot Jérôme</p>	Marc Pontaud
<p>Groupe de Spectrométrie Moléculaire et Atmosphérique (GSMA)</p> <p>Membres permanents Riviere Emmanuel</p>	Maud Rotger
<p>Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL)</p> <p>Membres permanents Haeffelin Martial Cloches Sophie</p>	Hervé Le Treut
<p>Laboratoire d'Aérodynamique (LA)</p> <p>Membres permanents Noel Vincent</p>	Céline Mari
<p>Laboratoire de l'Atmosphère et des Cyclones (LACy)</p> <p>Membres permanents Bousquet Olivier Duflo Valentin</p> <p>Membres non-permanents Veremes, Helene</p>	Pierre Tulet
<p>Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales (LATMOS)</p> <p>Membres permanents Ancellet Gerard Chalmi Malik Chiriaco Marjolaine Delanoe Julien Jumelet Julien Keckhut Philippe Pelon Jacques Pommereau Jean-Pierre</p>	Philippe Keckhut

Sarkissian	
Laboratoire de Météorologie Physique (LaMP) Membres permanents Alkasem Alaa Baray Jean-Luc Dupuy Régis Jourdan Olivier Mioche Guillaume Montoux Nadège Schwartzboeck Sellegrri Karine Shcherbakov Valéry Szczap Frédéric	Joel Van Baelen
Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD) Membres permanents Armante Raymond Chepfer Helene Claud Chantal Feofilov Artem Genthon Christophe Legras, Bernard Li, Laurent Raberanto, Patrick Scott, Noelle Seze, Genevieve Stubenrauch, Claudia Membres non-permanents Guzman, Rodrigo Hemmer, Friedericke	Philippe Drobinski
Laboratoire d'Optique Atmosphérique (LOA) Membres permanents Cornet, Céline Labonnote, Laurent Parol, Frédéric Penide, Guillaume Sourdeval, Odran	Frédéric Parol



ANNEE : 2020

Nom du demandeur : Vincent Noel

MOYENS DEMANDES AU CNRS GLOBALEMENT POUR LA DUREE DU GROUPEMENT (2 ou 4 ans)

Les dépenses du Groupement de Recherche concernent principalement l'organisation de l'atelier annuel regroupant la communauté, le soutien demandé au CNRS concerne les frais d'hébergement de cet atelier. Il est supposé que le CNES continue (comme il l'a fait par le passé) de soutenir pour moitié cette organisation, via le financement de frais de mission pour les participants à l'atelier. La présente demande financière inclut également des frais de mission pour réunir les responsables du GDR (3 membres de la direction + 8 responsables de thème) à trois moments clés : début, fin et milieu de projet.

	Demandé au CNRS	Soutien externe
Atelier annuel EECLAT	15 000 / an	CNES : 15 000 / an*
Réunion thème 1	1500 / an	
Réunion thème 2	1500 / an	
Réunion thème 3	1500 / an	
Réunion thème 4	1500 / an	
Réunion direction	1500 / an	
Total / an	22 500	
Symposium EECLAT/DEPHY/MT	10 000	
Total sur 4 ans	100 000	60 000 / an

* le soutien du CNES aux activités de recherche décrites dans la proposition de recherche EECLAT-TOSCA n'apparaît pas dans le budget ci-dessus, qui concerne uniquement les activités d'animation scientifique.

Le soutien du CNES dans le cadre d'EECLAT-TOSCA se monte à environ 350 k€ / an

	Montant demandé (HT)
DOTATION ANNUELLE ³ :	25000 €
EQUIPEMENTS (Matériel de valeur unitaire \geq 130.000 euros HT) ⁴ :	
Total	25 000 €

³ Crédits de fonctionnement, de travaux de petit entretien, de petit matériel (valeur unitaire < 130.000 euros), de missions.

⁴ Le demandeur précisera en annexe la nature des équipements et le plan de leur financement.