

## Mots-clés

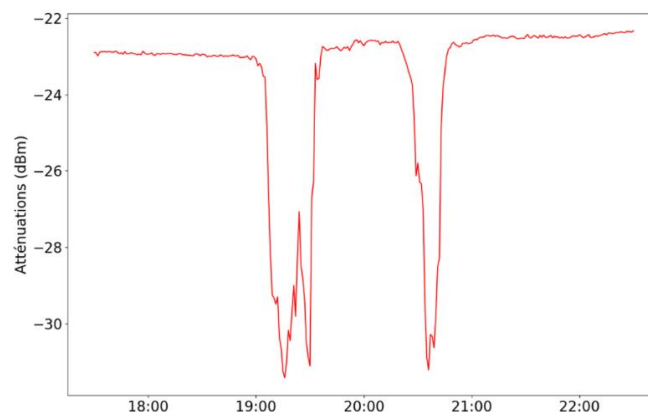
Recherche, météorologie, machine learning, transfert radiatif

## À propos de nous

HD Rain (<https://hd-rain.com/>) est une jeune entreprise proposant des mesures de pluie à partir d'une nouvelle technologie. Fondée en 2018, elle compte aujourd'hui une dizaine d'employés répartis entre Paris et Toulouse. Deux de ses trois cofondateurs, ainsi que la technologie utilisée, sont issus du laboratoire de recherche Latmos. Le LATMOS (<https://www3.latmos.ipsl.fr/index.php/fr/accueil-latmos>) est un laboratoire de recherche étudiant les atmosphères terrestres et planétaires. L'équipe SPACE du Latmos est spécialisée dans l'étude du cycle de l'eau sur Terre.

## Contexte technique

Le moyen classiquement utilisé par HD Rain pour mesurer la pluie consiste à mesurer l'atténuation qu'elle provoque sur les signaux venant de satellites de diffusion de la télévision. En branchant des capteurs électroniques derrière des paraboles commerciales de réception satellite, on mesure la puissance du signal reçu du satellite. Lorsqu'il pleut sur la liaison Terre - satellite, on mesure ainsi l'atténuation que la pluie provoque sur le signal, et de là on peut déduire la pluviométrie moyenne sur la liaison. La figure ci-dessous présente un exemple d'un tel signal satellitaire affaibli par la pluie :



Par temps sec (jusqu'à 19h ici) le signal reçu du satellite est relativement constant. Puis on voit nettement le passage successif de deux cellules pluvieuses qui rabaisser nettement le niveau du signal. Cette méthode de mesure est actuellement utilisée de manière opérationnelle. En effet, ses caractéristiques sont assez bien documentées, notamment quant à sa géométrie et sur la manière de convertir cette atténuation en pluviométrie (en fonction de la fréquence du signal, de sa polarisation, de la distribution en taille des gouttes de pluie, de l'épaisseur de la couche de pluie traversée, etc.). Nous utilisons pour l'instant des signaux à une fréquence comprise entre 10.5 et 12.5GHz, c'est-à-dire dans la bande de fréquence nommée Ku.

## Objectifs du stage

L'objectif de ce stage est de travailler sur le perfectionnement de cette mesure. Il s'agira notamment d'évaluer dans quelle mesure le rayonnement naturel de l'atmosphère dans le domaine des micro-ondes (noté TB dans la suite) peut contribuer à améliorer l'estimation du champ de pluie. La difficulté majeure est que cette mesure ne peut être obtenue avec une grande précision compte tenu du système de mesure à bas coût utilisé qui par la suite devra être déployé en très grand nombre. De plus, la relation entre TB et intensité de pluie n'est pas triviale et dépend de plusieurs paramètres

atmosphériques (profils de températures, pression, humidité, contenu en eau liquide nuageuse). Dans cette perspective, la première partie du stage sera consacrée à une étude de sensibilité permettant d'évaluer la sensibilité à ces paramètres sur la mesure du rayonnement reçu (TB) par le capteur. Cette étude préalable permettra d'évaluer la capacité à estimer les précipitations par rapport aux autres constituants présents dans l'atmosphère ainsi que par rapport aux caractéristiques intrinsèques du capteur. Cette étude s'appuiera sur le logiciel de transfert radiatif RtTov (<https://nwp-saf.eumetsat.int/site/software/rttov/>).

Dans un second temps, il conviendra de développer un modèle d'inversion permettant d'estimer l'intensité de pluie à partir des mesures de TB et éventuellement la mesure d'atténuation. Pour cela, il conviendra de simuler des séries temporelles de profils verticaux atmosphériques afin de calculer l'intensité du rayonnement reçu et de disposer ainsi simultanément de l'intensité de pluie R et de la mesure TB. Ces séries temporelles de couples (TB / R) seront ensuite utilisées pour développer un modèle d'inversion permettant d'estimer l'intensité de pluie R en fonction de TB. Les modèles à développer s'appuieront sur les développements récents en machine learning du type réseaux de neurones convolutionnels, LSTM.

Enfin en fonction du temps restant une troisième partie s'intéressera à adapter le modèle précédemment développé à des données réelles. Pour cela, plusieurs jeux de données seront mis à disposition, notamment des données mesurées à Toulouse avec une station pointant directement sur un satellite et une station colocalisée pointant légèrement au-dessus, ainsi que des données radar et pluviomètres à proximité ou des données mesurées à Abidjan avec plus de cent stations depuis juin 2020. Par ailleurs, l'installation d'un banc de test sur le campus de Météo France est prévue pour la fin 2021, ce qui permettra d'une part d'avoir de nouvelles données dans une zone déjà très bien instrumentée, et d'autre part d'ajuster les mesures réalisées au fil du stage si besoin.

## Qualifications

- Master 2 ou équivalent en télédétection, ou mathématiques appliquées, ou dynamique de l'atmosphère, ou mécanique des fluides.
- Maîtrise d'outils informatiques, surtout analyse de données / calcul numérique : Python idéalement, ou R, ou Matlab
- Intérêt pour la recherche.

## Informations pratiques

**Lieu :** Le stage s'effectuera au LATMOS à Guyancourt : 11 boulevard d'Alembert, 78280 Guyancourt. Des visites régulières dans les locaux de HD Rain sur le campus de Station F à Paris sont à prévoir : 5 rue Eugène Freyssinet, 75013 Paris.

**Rémunération :** Entre 700 et 1000€ mensuels nets, selon le niveau d'études et la durée du stage.

**Encadrement :** LATMOS : Laurent Barthès, Cécile Mallet, Aymeric Chazottes ; HD Rain : François Mercier-Tigrine.

**Dates :** 6 mois. Début idéalement entre février et mai 2022.

## Comment postuler ?

Il suffit d'envoyer un mail à [job@hd-rain.com](mailto:job@hd-rain.com) (cc. [laurent.barthes@latmos.ipsl.fr](mailto:laurent.barthes@latmos.ipsl.fr) et [cecile.mallet@latmos.ipsl.fr](mailto:cecile.mallet@latmos.ipsl.fr)). Inclure l'intitulé du stage dans l'objet du mail.