

## Proposition de stage pour étudiant du cours INF555 – 2011/2012

### Contacts

Laurent Sifre, [sifre@cmap.polytechnique.fr](mailto:sifre@cmap.polytechnique.fr), tél : 06 47 60 29 59

Centre de Mathématiques appliquées, Ecole Polytechnique

Olivier Boucher, [olivier.boucher@lmd.jussieu.fr](mailto:olivier.boucher@lmd.jussieu.fr), tél : 01 44 27 47 63 / 00 49 69 91316565

Martial Haeffelin, [haeffelin@lmd.polytechnique.fr](mailto:haeffelin@lmd.polytechnique.fr), tél : 01 69 33 51 59

Yohann Morille, [morille@lmd.polytechnique.fr](mailto:morille@lmd.polytechnique.fr), tél : 01 69 33 51 39

Laboratoire de Météorologie Dynamique, Ecole Polytechnique / UPMC

Le climat s'est réchauffé d'environ  $0,7^{\circ}\text{C}$  depuis le début de l'ère industrielle. De nombreuses études montrent qu'une grande partie de ce réchauffement est due aux activités humaines qui génèrent des gaz effet de serre, au premier lieu desquels le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ). Comme tous les secteurs économiques, le secteur aérien contribue aux émissions de  $\text{CO}_2$  et donc au réchauffement climatique observé mais dans des proportions qui font encore l'objet de débat entre les scientifiques. Outre du  $\text{CO}_2$ , les avions émettent en effet de la vapeur d'eau dans la haute atmosphère. Quand les conditions météorologiques sont favorables, l'émission de vapeur d'eau peut induire la formation de traînées de condensation que l'on peut voir à l'œil nu dans le ciel. Certaines traînées peuvent persister dans le ciel pendant plusieurs heures. On manque encore d'observations fiables sur les traînées de condensation, et en particulier sur leur nombre, leur évolution et leur couverture spatiale, car il peut être difficile de les distinguer des autres types de nuage sur les images satellitaires.

Le SIRTa est un observatoire national de l'atmosphère dédié à la recherche sur les nuages et les aérosols. Il est situé sur le campus de l'Ecole Polytechnique, et dispose en outre d'instruments d'une caméra qui acquiert automatiquement une image du ciel toutes les minutes du lever au coucher du soleil (cf. <http://sirta.ipsl.polytechnique.fr/data-search/2.html> sélectionner « TSI-440 Total Sky Imager » puis valider). Par un dispositif de miroir semi-hémisphérique et d'une caméra CCD, cet instrument permet d'obtenir une image globale du ciel.

Le stage consistera à développer un algorithme de traitement d'image qui permette la détection automatique de traînées de condensation à partir des images disponibles. L'algorithme pourra consister en plusieurs étapes :

- pré-traitement : reprojection de l'image pour annuler la déformation due au miroir et normalisation du contraste local ;
- extraction des points correspondant à des patterns de lignes. (par exemple, maxima locaux de réponse à une banque de filtres orientés) ;
- estimation robuste des paramètres des droites détectées (Transformée de Hough, RANSAC) ;
- estimation des portions de droites correspondant effectivement à des traînées.

La construction d'une base de données annotée manuellement pourra servir à évaluer les performances de l'algorithme. Celui-ci sera ajusté de manière à maximiser la détection des traînées tout en générant un minimum de fausses alertes. Il devra aussi être optimisé afin d'être suffisamment rapide pour traiter une archive de plusieurs années de données et générer des statistiques sur le nombre de traînées de condensation.

Si le stage progresse rapidement, on pourra envisager de développer un algorithme qui permette de suivre l'évolution temporelle des traînées de condensation avec une fréquence de quelques minutes de manière à en déduire leur vitesse de dispersion et leur durée de vie. Le stagiaire pourra s'inspirer des méthodes classiques de tracking de contours (Condensation, Iterative Closest Point).