

# Mesures aéroportées pour l'observation du sol et des paysages : la mesure *in situ* et la télédétection

Compte rendu de séminaire (PEVS, Zone atelier)

ALAIN WEILL, JEAN-MARIE LEGAY

## Présentation

ALAIN WEILL  
Physicien  
PEVS/CNRS,  
1, place Aristide-Briand,  
92190 Meudon, France  
alain.weill@cetp.ipsi.fr

JEAN-MARIE LEGAY  
Biométricien,  
professeur émérite,  
Université Claude  
Bernard, Lyon-1,  
UMR/CNRS 5558  
69622 Villeurbanne  
cedex, France  
misou@biomserv.univ-  
lyon1.fr

La question des « grands équipements » a été récemment abordée par *NSS* (2, 2002). Parmi eux, une place particulière doit être réservée aux avions. Les mesures aéroportées sont en effet un des outils majeurs des recherches sur l'environnement. Or, en dehors de certains domaines où elles sont d'un usage courant, les possibilités qu'elles offrent demeurent largement méconnues. C'est pourquoi le Programme « Environnement Vie et Société » (PEVS) du CNRS et le comité scientifique « avion » de l'INSU ont organisé une journée « instrumentation » et demandé à des spécialistes du domaine de faire le point sur la question. Les textes qui suivent sont issus de cette journée. Ils apportent les informations de base. Si le lecteur souhaite en savoir plus, il a à sa disposition des références lui permettant d'approfondir ses connaissances. Par ailleurs, les auteurs peuvent être aisément contactés.

Moyens nationaux « lourds », les avions de recherche atmosphérique sont utilisables par tous (en passant, bien entendu, par des comités scientifiques d'utilisateurs) ; il nous paraît donc utile de présenter quelques exemples de leur utilisation, qu'il s'agisse de mesures prises *in situ* ou via les moyens de télédétection qu'ils sont susceptibles de transporter. D'autres utilisations que celles évoquées ci-dessous sont possibles. Instruites par ces exemples, les communautés scientifiques qui ne se sentent pas encore concernées pourraient en imaginer de nouvelles, voire susciter la conception d'autres capteurs, qui répondent à leurs questionnements scientifiques propres.

Les exemples présentés renvoient plutôt à des observations de nature géophysique, pour lesquelles les exigences principales portent sur la précision des mesures et l'espace de leur validité. Dans d'autres domaines, les données peuvent être plus simples à acquérir. Il en va ainsi par exemple pour tout ce qui a trait aux forêts tropicales : la « rugosité » dessinée par le sommet des arbres (à comparer à la rugosité de la surface du sol au-dessous des arbres), la répartition de certaines essences d'arbre, rares et faciles à repérer (forme, couleur, etc.), les ruptures dans le couvert de végétation... Autre exemple de l'intérêt de ces outils : si l'on s'intéresse à certains insectes volant dans la couche limite atmosphérique, il est possible de définir des systèmes de prélèvement « non-perturbant » dans le milieu en développant des veines de capture

isocinétiques spécifiques. Par ailleurs, signalons que les radars sont utilisés en Australie pour l'étude des vols de locustes, pour la localisation de leur « migration » et pour leur destruction, en minimisant l'utilisation des pesticides : d'où l'intérêt de développer un radar aéroporté pour cet usage.

Ainsi, les moyens aéroportés offrent de multiples ressources : mesures *in situ*, observation à distance, actions sur le milieu. Leur utilisation n'est nullement réservée aux objets abiotiques. Ils permettent d'accéder au monde du vivant et la possibilité d'imaginer de nouveaux instruments et des stratégies d'utilisation innovantes est immense. En France, ils sont utilisés depuis les années 1970 pour la recherche atmosphérique et la télédétection. On a souvent recours aux avions pour tester des moyens de télédétection avant que ceux-ci ne soient « spatialisés » sur des satellites.

Si les avions permettent de se situer à des échelles d'observation allant de la dizaine à plusieurs centaines de kilomètres, on peut utiliser d'autres vecteurs quand on s'intéresse à des espaces plus limités. C'est ainsi que des hélicoptères sont utilisés à bord de navires océanographiques : on peut citer à ce propos l'exemple des navires polaires allemands sur lesquels ils servent à observer la glace et à effectuer des mesures atmosphériques. Toutefois, les sondages atmosphériques sont difficiles à réaliser par ce moyen à cause du brassage atmosphérique lié aux hélices. Si l'on souhaite des mesures fiables, il faut utiliser une nacelle très en dessous de l'hélicoptère. Et une telle nacelle, par exemple au-dessus d'une zone forestière, est d'un emploi très risqué. Les hélicoptères sont plutôt utilisés pour de la télédétection (images vidéo et autres moyens de télédétection). Des hélicoptères ont été utilisés avec succès en France pour observer la surface (sol nu, surface forestière) à partir de petits radars, par le CNET. Il faut quand même ajouter que les observations doivent être géo-référencées pour pouvoir être utilisées sur un plan scientifique. D'où la nécessité d'avoir au moins un système de navigation type GPS et de connaître de façon précise le roulis et le tangage associés à une telle plate-forme.

Pour des domaines d'observation encore plus réduits, on peut utiliser des drones (avions radioguiés), mais leur utilisation est très réglementée et sur certains sites, elle est quasiment impossible. Pendant la campagne sur les vents catabatiques en Antarctique (IAGO), Météo France en avait mis au point et utilisé un avec succès afin d'effectuer des sondages atmo-

sphériques. Plus récemment, l'IRD en a mis un nouveau (Pixy) au point pour l'observation de la surface.

En restant dans les systèmes mobiles, on peut encore citer les dirigeables, heureusement maintenant remplis à l'hélium. Ce sont des vecteurs lents, très soumis aux perturbations atmosphériques ; et difficilement contrôlables si le vent dépasse les 15 m/s. Un ballon dirigeable de ce type (le BLIMP) a été mis au point aux États-Unis comme plate-forme d'observation scientifique. Ces engins ont été utilisés avec des instruments de télédétection au-dessus

de la mer. Toutefois, il est nécessaire de disposer de prévisions très fiables sur la vitesse du vent à la fois pour le déroulement et pour le retour de l'expérience.

Les textes qui suivent ont trait à une utilisation assez classique des avions de recherche atmosphérique (mesures de paramètres moyens et de la turbulence *in situ*). Viendront ultérieurement trois textes abordant des utilisations moins classiques : analyse de la rugosité et de l'humidité de la surface et classification des parcelles par radar.

## Mesure aéroportée des flux turbulents

PIERRE DURAND

### Pourquoi faire des mesures de flux ?

Les sciences de l'environnement sont toujours confrontées au problème d'établir le bilan d'une quantité, qu'il s'agisse de mouvement, d'énergie ou d'espèces minoritaires de l'atmosphère. Sans rentrer dans le développement d'équations bien connues des physiciens de l'air et de l'eau, on conçoit que les flux de ces quantités y jouent un rôle prépondérant. On peut ainsi mentionner trois grands domaines d'applicabilité directe des mesures de flux.

#### Le bilan d'énergie de la planète

L'énergie disponible à la surface  $R_n$ , dont la source est le rayonnement du soleil, est convertie en flux de conduction de chaleur dans le sol  $G$ , en flux de chaleur vers l'atmosphère  $H$ , et en évaporation de l'eau de surface  $LE$  (flux de chaleur latente). La mesure directe et précise des deux derniers termes, qui sont des flux turbulents, est nécessaire car l'impact cumulé d'une incertitude, même faible, a des conséquences importantes à la fois pour les prévisions météorologiques à moyenne échéance (bilan des systèmes précipitants par exemple), et sur les scénarios climatiques.

D'autre part, l'action mécanique de la surface sur l'écoulement atmosphérique (flux de quantité de mouvement) participe de façon notable à la météorologie locale (impact des changements paysagers tels que l'urbanisation) ou à plus grande échelle (effet des montagnes par exemple). Là aussi, des mesures sont indispensables pour asseoir des outils numériques performants.

#### L'impact climatique des émissions de gaz à effet de serre

Les échanges à travers la surface (qu'elle soit continentale ou océanique) des gaz à effet de serre tels que gaz carbonique ou le méthane conditionnent le futur

climat de la planète. Des valeurs réalistes doivent donc être fournies aux modèles pour anticiper les conditions à venir et étudier les conséquences de divers scénarios de réduction des émissions de ces gaz.

#### Les problèmes de pollution locale et régionale

Sans parler des transformations chimiques dont le rôle est indéniable dans l'apparition des épisodes de pollution (cas de la pollution photochimique par exemple), ceux-ci sont dépendants des émissions à la surface de polluants primaires, du transport horizontal et vertical et de la diffusion turbulente, tous termes dont la validation passe par des mesures de flux.

#### Flux et flux turbulent

L'encadré 1 explicite le calcul du flux moyen à partir d'un formalisme simple de décomposition d'un signal entre sa valeur moyenne (moyenne sur un intervalle de temps ou sur un intervalle d'espace) et sa fluctuation : le surlignage des variables veut simplement dire que l'on a effectué une telle moyenne.

#### La mesure aéroportée des flux turbulents

Historiquement, les mesures de flux ont commencé à être réalisées sur des plate-formes installées à la surface, et ce dès que des instruments rapides utilisables dans l'atmosphère ont été disponibles (années 1960). Très vite, ces techniques ont été transposées sur des avions, car la mesure aéroportée offre, par rapport à la mesure de surface, un certain nombre d'avantages :

- l'avion permet de réaliser des mesures en altitude, et donc d'obtenir des profils ;
- l'avion permet de réaliser une intégration spatiale, c'est-à-dire d'étendre la représentativité d'une mesure locale ;

PIERRE DURAND

Maître de conférences

CNRM-Météo-France

URA CNRS 1357

42, avenue Coriolis

31157 Toulouse cedex, France

Pierre.Durand@meteo.fr