

Apport de la modélisation du transfert radiatif pour l'étude des écosystèmes forestiers par télédétection

Résumé : L'étude de la Biosphère Continentale à partir de données de télédétection visible et infrarouge nécessite une bonne compréhension des phénomènes physiques à l'origine de l'information radiométrique mesurée depuis l'espace. Les modèles de transfert radiatif appliqués aux surfaces terrestres jouent un rôle majeur pour développer notre connaissance. Cette thèse est centrée sur la modélisation 3-D des couverts forestiers et présente le modèle de transfert radiatif DART qui pallie à plusieurs limitations classiques des modèles actuels : introduction des mécanismes physiques majeurs (atmosphère anisotrope, rétrodiffusion, relief, etc.), prise en compte de la nature 3-D de la végétation, simulation d'images. L'apport du modèle DART a été étudié dans 3 domaines particuliers:

(1) **l'analyse texturale des images satellitaires :** L'intérêt du modèle DART réside dans sa capacité à fournir des simulations précises. Ainsi, l'utilisation de modèles simples peut conduire à une information texturale erronée. Le potentiel de DART a été illustré en étudiant la sensibilité de l'information texturale à certains paramètres biophysiques (taux de couvert, LAI, etc.) et expérimentaux (configurations d'éclairement et d'observation, résolution spatiale). Finalement, une validation partielle a été réalisée avec des images à haute résolution spatiale du capteur aéroporté RAMI acquises sur le site des Landes.

(2) **l'analyse spectrométrique :** Un intérêt de la haute résolution spectrale est d'évaluer le contenu des couverts en éléments biochimiques. Cette connaissance est essentielle pour étudier le fonctionnement de la végétation. Les travaux empiriques menés à ce jour n'ont pas permis d'établir de relations robustes indépendantes du site d'étude et des conditions d'acquisition des données de télédétection. Ce problème est apparu avec l'analyse des données du spectromètre aéroporté ISM pour établir des relations prédictives des concentrations en lignine, cellulose et azote d'un site de la forêt des Landes. Ces relations diffèrent des relations obtenues lors d'une expérience précédente (AVIRIS). Le modèle DART a permis d'étudier la validité de ces relations compte tenu de la configuration d'acquisition et de la variabilité naturelle du couvert (LAI, taux de couvert, sous bois).

et, (3) **l'analyse de données « multi-résolution » :** Une étude prospective a été menée pour montrer que la modélisation physique peut contribuer à l'étude d'un problème à la fois commun et fondamental en télédétection: la signification de l'information satellitaire à différentes résolutions spatiales. L'objectif est de simuler de manière précise la BRDF de couverts étendus en utilisant uniquement des paramètres biophysiques et optiques mesurés sur le terrain. L'approche retenue consiste en un couplage de 2 modèles de transfert radiatif fonctionnant à différentes échelles d'analyse.

Mots Clés : télédétection, couvert forestier, transfert radiatif, fonction de distribution de la réflectance bidirectionnelle (BRDF), texture, variogramme, haute résolution spectrale (HRS) et spatialisation de l'information.

Contribution of the DART radiative transfer model to study forest ecosystems from remote sensing data

Abstract : The study of the Continental Biosphere with visible and infrared remote sensing data requires a good knowledge of radiative mechanisms to understand the radiometric information measured from sensor. In this context, radiative transfer models are key tools.

This thesis presents a new radiative transfer model named DART. It takes into account (1) major physical mechanisms (multiple scattering, anisotropic atmosphere, hot-spot, topography, etc.), (2) the heterogeneous structure of the canopy and (3) simulates images. The contribution of the DART model to forest ecosystems was analysed in three domains

(1) **textural analysis of remote sensing images :** The interest of the DART model is due to its ability to simulate accurate reflectance images. Indeed, unaccurate models can lead to erroneous textural information. Here, the potential of the DART model was showed with the analysis of the textural information sensitivity to biophysical parameters such as cover rate, LAI, etc. and to experimental parameters such as illumination and viewing configurations and spatial resolution. Finally, a partial validation with high spatial resolution images of the airborne RAMI sensor (SPOT Simulator) was made with data acquired on a forest site of the Landes (France).

(2) **high spectral resolution data analysis :** The capability of the DART model to produce accurate canopy reflectance simulations was used to investigate the robustness of relationships relating high spectrometric data to canopy chemical element such as lignin, cellulose and nitrogen. More specifically, the sensitivity of these relationships to canopy structure and acquisition parameters was studied. This analysis is very important because predictive relationships obtained from an empirical study with airborne spectrometric ISM data acquired on the Landes forest, showed that these relations are very different with these obtained two years before on the same test site with AVIRIS data.

and, (3) **multi spatial resolution data analysis :** Radiative modeling can also contribute to the analysis of a common and fundamental problem in remote sensing : the meaning of the remote sensing information at different spatial resolutions. The objective is to model accurate large canopy BRDF (Bidirectional Reflectance Factor) from only biophysical and optic parameters measured on the site. The approach consists in the coupling of two radiative transfer models functioning at different scales of analysis. The preliminary results are very encouraging.

Keywords : remote sensing, canopy, radiative transfer, bidirectional reflectance distribution function (BRDF), textural information, variogram, high spectral resolution and multi spatial resolution.