

International Conference on Space Optics—ICSO 1997

Toulouse, France

2–4 December 1997

Edited by George Otrio



Performances de la charge utile du projet VEGETATION: evolutions futures

Jean-Francois Reulet, Alain Clauss, Marc Barillot



icso proceedings



International Conference on Space Optics — ICSO 1997, edited by Georges Otrio, Proc. of SPIE Vol. 10570,
105700J · © 1997 ESA and CNES · CCC code: 0277-786X/18/\$18 · doi: 10.1117/12.2326454

**PERFORMANCES DE LA CHARGE UTILE DU PROJET VEGETATION
- EVOLUTIONS FUTURES -**

**Auteur : Jean-François REULET
Co-auteurs : Alain CLAUSS, Marc BARILLLOT**

*CNES
18, avenue E. Belin
31055 Toulouse Cedex France*

*AEROSPATIALE
B.P. 199 - 100, bd du midi
06322 Cannes La Bocca Cedex France*

RESUME :

Le programme VEGETATION a été conçu comme un système complet et autonome couvrant les fonctions de détection, d'enregistrement, de transmission et de traitement des données images terrestres. Son développement est assuré par une coopération européenne regroupant : les communautés Européennes, la France, la Belgique, la Suède et l'Italie. Le Centre National d'Etudes Spatiales est le maître d'oeuvre du développement du système.

La charge utile optique de VEGETATION est embarquée sur le satellite SPOT 4, la date de lancement est prévue en mars 98.

Le très grand champ des caméras (101°) et l'orbite héliosynchrone du satellite permettent de couvrir 2250 km au sol, avec une résolution proche du kilomètre et d'obtenir ainsi une couverture de l'ensemble du globe en une journée. L'instrument possède 4 bandes spectrales dans le visible et le moyen infrarouge avec une résolution radiométrique très élevée, permettant de mesurer des variations de réflectance de 10^{-3} . Les réflectances des scènes utiles sont comprises entre 0 et 0,6.

Les optiques télécentriques des caméras sont associées à des barrettes de détecteurs à transfert de charge (CCD) pour collecter l'information. La finesse de localisation géographique des points de l'image restituée, la superposition multispectrale des différents canaux et l'absence de défauts locaux supérieurs à 300 mètres imposent une caractérisation, puis une modélisation très fines permettant de générer des lois de corrections radiométriques (gains relatifs) et géométriques (lois de distorsion bi-directionnelle), ainsi que tous les paramètres de la prise de vue.

Notre communication détaillera les performances radiométriques, mais surtout géométriques, ainsi que les méthodes et les moyens optiques mis en oeuvre.

Une perspective des futures évolutions de la charge utile complétera l'exposé avec une hypothèse de deux nouvelles Charge Utile VGT 2 et VGT 3 et des durées de vie de 5 ans.

VEGETATION SUR SPOT4

VEGETATION est une nouvelle charge utile optique embarquée sur SPOT 4, assurant une grande répétitivité d'observation avec une résolution spatiale moyenne de l'ordre du kilomètre et une très fine résolution radiométrique. La combinaison des données VEGETATION et des données fournies par l'instrument principal de SPOT 4, le HRVIR (Haute Résolution Visible - Infra Rouge), permettra de façon optimale le suivi opérationnel à l'échelle mondiale de la végétation terrestre.

VEGETATION est conçu comme un système complet et autonome qui couvre les fonctions de détection, d'enregistrement et de transmission des données ainsi que l'acquisition et le traitement des données au sol. Son développement, ajourné en 1988, a été repris en 1992 dans le cadre d'une coopération européenne avec la participation des Communautés Européennes, la France, la Belgique, la Suède et l'Italie. Le Centre National d'Etudes Spatiales est le maître d'œuvre en charge du développement du système.

LA MISSION

Les objectifs globaux du programme VEGETATION consistent à fournir des mesures précises et opérationnelles sur les couverts de la végétation.

- soit pour des études scientifiques comprenant à la fois des expériences à l'échelle régionale et des expériences à l'échelle du globe menées sur de longues périodes de temps (par exemple, le développement de modèles de dynamique de la biosphère en interaction avec des modèles climatiques),
- soit pour des systèmes destinés à surveiller d'importantes productions de végétation, telles que récoltes, pâturages et forêts.

Le système VEGETATION est constitué d'une charge utile d'observation de la terre à bord d'un satellite et du secteur terrien associé.

Les trois utilisations principales sont :

- cartographie des paramètres de surface : il s'agit de l'utilisation principale, nécessaire en particulier pour les études climatiques et météorologiques.
- production agricole, pâturages et forêts : il s'agit de développer des méthodologies et des stratégies relatives à l'utilisation des données de télédétection.
- surveillance et modélisation des mécanismes de la biosphère terrestre.

LE SYSTEME

La charge utile VEGETATION permet :

- d'enregistrer puis de transmettre à la station sol principale située à Kiruna les informations observées chaque jour sur l'ensemble des terres émergées : "Observation Mondiale (OM) avec une résolution spatiale au nadir voisine de 1 km dans les bandes spectrales visibles B0, B2, B3 et Moyen Infra-Rouge MIR.
- de transmettre en temps réel la totalité des informations observées. Ce mode de fonctionnement est appelé "Observation Régionale" (OR) puisqu'il fournit à une station les informations de la région où elle se trouve.

VEGETATION possède ainsi deux canaux de télémessure image, l'un en bande X (8153 MHz) (observation mondiale), l'autre en bande L (1704 MHz) pour la transmission directe des données vers les stations régionales compatible avec les stations du réseau AVHRR de la NOAA.

Compte tenu des caractéristiques orbitales (orbite Spot) et du champ de vue important de l'instrument ($\pm 50,5^\circ$, ce qui correspond à une largeur au sol d'environ 2 250 km) la fréquence des observations est journalière pour la quasi totalité des terres émergées avec quelques petites exceptions à l'Equateur.

CARACTERISTIQUES RADIOMETRIQUES DE L'IMAGE

L'instrument comporte quatre caméras. les bandes spectrales sont les suivantes

B0 0,43 - 0,47 μm (bleu)

B2 0,61 - 0,68 μm (rouge)

B3 0,78 - 0,89 μm proche infra rouge

MIR 1,58 - 1,75 μm moyen infra rouge

La très grande résolution radiométrique recherchée nécessite un excellent rapport signal/bruit pour les chaînes de détection et un codage des informations sur 10 bits, cette résolution permettra de discriminer des variations de réflectance très faibles de l'ordre de 1 à $3 \cdot 10^{-3}$, discrimination nécessaire à un suivi précis de l'évolution de la végétation. Les réflectances des scènes observées se situent entre 0 et 0,6

Une bonne radiométrie demande aussi un système d'étalonnage embarqué de qualité. Les objectifs de précision sont de 3 % pour les mesures entre bandes spectrales, de 3 % pour les mesures multitemporelles et de 5 % pour les mesures absolues.

CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DE L'IMAGE

Champ de vue total $\pm 50,5^\circ \approx 2\,250\text{ km}$

Champ de vue élémentaire $1,4 \times 10^{-3}$ radian soit 1,15 km au sol.

La prise de vue nominale fournit une matrice de points images situés sur des lignes et des colonnes respectivement perpendiculaires et parallèles au vecteur vitesse du satellite

L'utilisation d'un objectif télécentrique associé à un système de détection constitué d'une barrette de détecteurs à transfert de charge (CCD) permet d'obtenir une résolution spatiale homogène dans tout le champ de vue.

La superposition (registration) multispectrale des différents canaux est telle que, au même instant, les centres des pixels des 4 bandes spectrales sont dans un cercle de diamètre inférieur à 0,25 pixel. Cette propriété est fondamentale car certains produits issus des traitements sol sont des combinaisons plus ou moins complexes des différentes bandes spectrales entre elles

DESCRIPTION GENERALE DE LA CHARGE UTILE :

La charge utile VEGETATION possède ses équipements propres pour la transmission et l'enregistrement des données, la programmation et la surveillance de ses équipements. Elle est composée de 5 sous-ensembles principaux qui sont :

- un Instrument de Prise de Vue (IPV) constitué d'un radiomètre à balayage électronique, des chaînes électroniques d'amplification et de codage numérique ainsi que d'un dispositif d'étalonnage à lampe.
- un Sous Ensemble de Traitement Image (SETI) qui assure les fonctions agglomération des éléments images, formatage des télémessages, émission des rythmes bord et synchronisation.
- un Sous-Ensemble de Gestion Bord (SEGB) qui réalise, d'une part, le dialogue avec la plate-forme, la mise en oeuvre et la surveillance des équipements (unité gestion bord) et, d'autre part la fonction enregistrement (mémoire à état solide).
- un Sous-Ensemble Télémessure-Image (SETMI) pour la retransmission en bandes X et L des données images.
- un Sous-Ensemble de commande (BCMR) des mécanismes et de la lampe d'étalonnage ainsi que des réchauffeurs de la régulation thermique.

Tous ces sous-ensembles sont intégrés dans une structure indépendante qui est fixée en quatre points sur la case SPOT aux pieds des HRVIR.

Les caractéristiques principales sont :

Masse	152 KG
Dimensions	0,7 x 1,1 X 1 m
Puissance	135 watts (mode nominal) 200 watts max
Fiabilité	0,86 sur 4 ans
Cadence Charge Utile	
Bande L	510 kbits/s
Bande X	3400 kbits/s
Codage	10 bits
Capacité mémoire	2 Gbits

Géométrie

- ## Radiométrie

- ### Qualité Image Radiométrique

5

FTM (nyquist)	B0	0,42 / 0,46	0,3 / 0,3
	B2	0,32 / 0,34	0,3 / 0,3
	B3	0,21 / 0,39	0,25 / 0,3
	MIR	0,49 / 0,32	0,3 / 0,25

Masse

152 kg

spécification 172 kg (objectif 165 kg)

Rigidité

1er mode X = 106 Hz
Y = 81 Hz
Z = 72 Hz

spécification X > 95 Hz
Y > 72 Hz
Z > 72 Hz

Radiofréquence

Bande X Nominal = 30,23 dBm
Redondant = 30,02 dBm

spécification $30 < X < 31,5$

Bande L Nominal = 33,50 dBm
Redondant = 33,58 dBm

spécification $32,9 < L$

Fiabilité

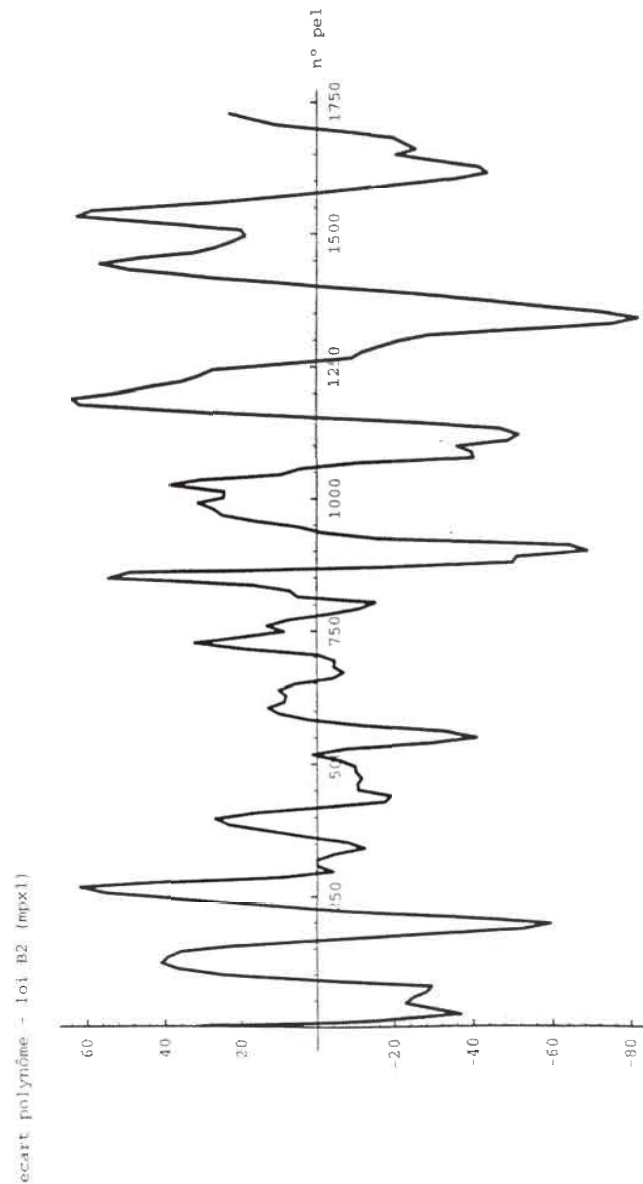
> 0,863

spécification > 0,86

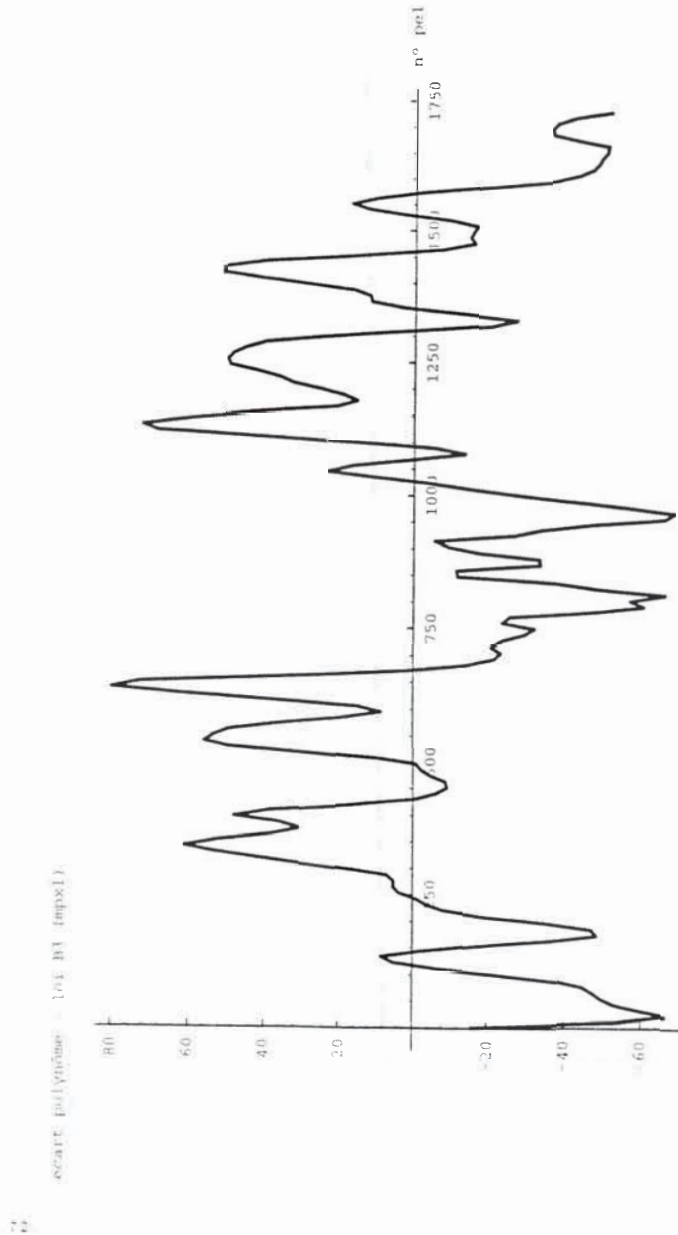
Puissance sur la barre d'alimentation de la charge utile

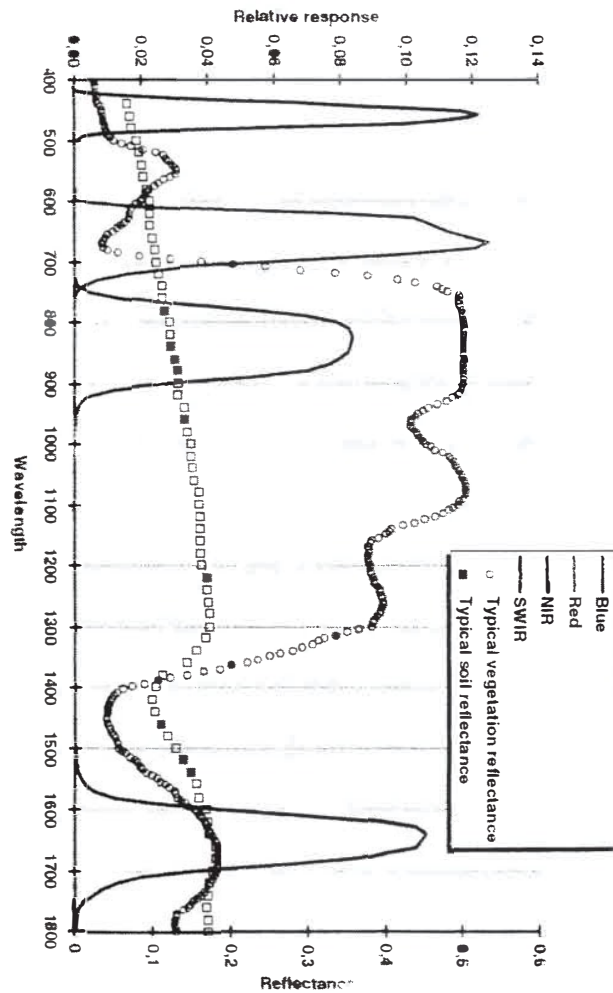
	<u>Consommation spécifiée</u>	<u>Bilan Consommation max.</u>	<u>Marge</u>	<u>Mesures Voie Nom.</u>	<u>Mesures Voie Redond.</u>
Veille	38 W	31,06 W	18,26%	19,9 W	19,9 W
Prise de vue enregistrée	136 W	110,48 W	18,76%	90,3 W	84,2 W

RESIDU DE DISTORSION DE LA CAMERA B2 APRES APPLICATION DES LOIS DE
CORRECTION (LOI POLYNOMIALE)



RESIDU DE DISTORSION DE LA CAMERA B3 APRES APPLICATION DES LOIS DE
CORRECTION (LOI POLYNOMIALE)





REPONSES SPECTRALES

EVOLUTIONS FUTURES

Les principaux axes d'améliorations du système VEGETATION seront à préciser après quelques mois d'utilisation de la charge utile en orbite ainsi qu'après l'analyse des travaux des principaux investigateurs retenus par le Comité Scientifique (IUC)

Assurer la continuité du service

Le système VEGETATION vise en particulier à constituer une archive de la terre pour permettre des analyses multitemporelles de phénomènes à long terme climatiques, phénomènes naturels (avancée des déserts, ...) ou provoqués par l'Homme (déboisement, urbanisation, ...) Pour ces travaux, une durée d'exploitation supérieure à 10 ans est nécessaire. Ce besoin passe nécessairement par la réalisation d'une seconde charge utile embarquée sur le satellite SPOT 5.

Utiliser au maximum les acquis de VEGETATION 1

Ces améliorations concernent plus particulièrement le segment sol. Elles visent également à s'adapter le plus parfaitement possible aux performances réelles de la charge utile en orbite, ainsi qu'aux futures évolutions correspondant aux besoins exprimés par les utilisateurs type de projection, corrections atmosphériques, synergie du catalogue VEGETATION avec ceux d'autres capteurs (HRVIR de SPOT, AVHRR de la NOAA) pour des études couplées.

Disposer d'informations multi-directionnelles

Visées en avant et en arrière en complément de la visée au NADIR, les angles de basculement sont importants. L'ordre de grandeur est $+50^\circ$ et -27° . Ces directions de visée sont à affiner par les utilisateurs des données VEGETATION. Cette amélioration complexifie considérablement la charge utile et ne peut être envisagée que pour VEGETATION 3 avec un tir en 2005.

Les solutions techniques existent, elles sont à étudier dans le cadre de futures études mission.

Amélioration de la résolution spatiale

Le besoin en résolution spatiale est à affiner par bande spectrale. Cependant, nous pouvons déjà confirmer qu'une version d'instrument avec une résolution de 600 m est accessible à partir de la définition actuelle de VEGETATION 1, seule la capacité de la mémoire de bord devra être augmentée. L'évolution technologique des puces mémoire vers des versions plus intégrées est telle qu'une augmentation d'un facteur 2 à 3 de la capacité mémoire ne pose aucun problème de développement spécifique.

Examiner la possibilité d'introduire une voie IR thermique

Cette voie peut représenter un grand intérêt scientifique. Elle est cependant la plus difficile à implanter dans la cinquième place laissée disponible pour une future extension dans le concept VEGETATION 1. Une pré-étude effectuée en collaboration avec l'AEROSPATIALE et la société SODERN (responsable des caméras) démontre que la faisabilité existe et qu'un développement ne poserait pas de problème majeur avec une caméra équipée d'un détecteur type barrette ou matrice de micro-bolomètre. Seule la calibration fine de cette voie infra-rouge reste à étudier pour démontrer la faisabilité d'un système de calibration visible + moyen infra-rouge + infra-rouge thermique compatible avec le concept actuel VEGETATION 1.