

# LES CATÉGORIES D'IMAGES DE TÉLÉDÉTECTION SATELLITAIRE

Fernand VERGER\*

**RÉSUMÉ** Les différentes catégories d'images spatiales doivent être classées afin d'être utilisées de la meilleure façon possible. Deux types principaux de classification peuvent être adoptés. Le premier prend en considération les paramètres d'acquisition de l'image, la résolution et le champ. L'autre est fondé sur le traitement de l'image. Selon le type de traitement, les images sont classées en images primaires et en images dérivées. Pour ces dernières, une distinction est établie entre les images monogéniques et les images polygéniques. La polygénie elle-même peut être divisée en externe ou interne selon que des données exogènes sont utilisées ou non.

**ABSTRACT** As there exist different categories of spatial pictures, it is necessary to classify them in order to optimize utilisation. Two major approaches can be used. The first consists in taking into account picture acquisition, resolution and field parameters. The other approach is based on image processing. According to the type of processing, pictures are classified into primary and derived samples. Among the latter a distinction should be made between monogenic and polygenic pictures. The monogenic image proceeds from a single picture whereas the polygenic image is made up of several primary pictures.

**RESUMEN** Para su utilización óptima es necesario clasificar las diferentes categorías de imágenes espaciales. Se pueden adoptar dos tipos principales de clasificación. El primero toma en consideración los parámetros de adquisición de la imagen, la resolución y el campo. El otro se funda en el tratamiento de la imagen. Según el tipo de tratamiento, las imágenes se clasifican en primarias y derivadas. En cuanto a estas últimas, se distinguen las monogénicas de las poligénicas. La misma poligenia puede dividirse en externa o interna según que se utilicen o no datos exógenos.

• CHAMP • ÉCHELLE • IMAGE • TÉLÉ-  
DÉTECTION

• FIELD OF VIEW • IMAGE • REMOTE SEN-  
SING • SCALE

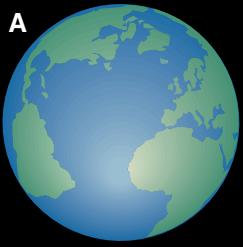

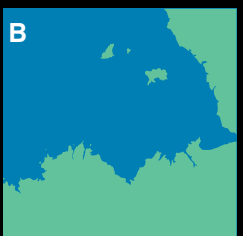

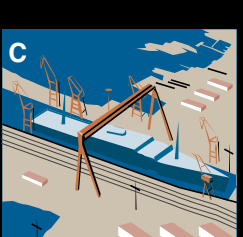
• CAMPO • ESCALA • IMAGEN  
• TELEDETECCIÓN

L'abondance croissante des images fournies par les satellites impose de fixer des principes simples d'indexation. Ces principes peuvent se fonder sur l'objet thématique des images: nuages, eaux, terres... ou sur les coordonnées géographiques de la région qu'elles représentent, comme le font les systèmes d'indexation des grands systèmes de télédétection satellitaire: WRS (*World Reference System*) de Landsat ou GRS (Grille de Référence SPOT) de SPOT. Mais les modes variables de l'acquisition et, plus encore, la multiplicité des formes de traitement d'images conduisent à rechercher des critères simples de classification. Ces critères sont nécessaires en vue de leur rangement en catégories pour leur archivage comme pour l'enseignement; ils sont aussi nécessaires en matière juridique, en particulier pour l'application des règles du droit d'auteur, difficile sujet face à l'importance des intérêts en jeu.

## Classification par niveaux scalaires

Une classification simple des images satellitaires se fonde sur la notion d'échelle, de champ et de résolution. La notion d'échelle *stricto sensu* n'a de signification véritable que pour les images au sens le plus concret du terme. La pellicule photographique de MKF 6 de Soyouz, celles de la Chambre métrique ou de la Chambre à grand format de la Navette Spatiale (Spacelab) enregistrent des images pour lesquelles il existe un rapport géométrique entre les distances au sol et les distances sur la pellicule photographique initiale. Mais dans le cas d'un scanneur qui balaye la surface du sol et recueille des signaux définissant la luminance du champ instantané de vue au sol, la notion d'échelle s'estompe; elle fait place à celle de champ élémentaire au sol, d'étendue représentée par un des éléments constitutifs de l'image ou pixel (*picture element*). L'image

\* École Normale Supérieure et École Pratique des Hautes Études, Paris.

IMAGES		Résolution au sol	Altitude en km	Exemples de satellites	Usages majeurs
à champ de limbe à limbe	planétaires	 A 5 - 2,5 km	36 000	Météosat GOES Kosmos-1940	météorologie climatologie océanographie
	régionales	 B 1 - 2 km	1 500 à 800	Meteor NOAA	météorologie étude des ressources terrestres
locales		 C 80 - 25 m	900 à 700	Momo Landsat 1 - 5 JERS Almaz ERS	cartographie étude des ressources terrestres
		locales	 D 20 - 10 m	900 à 250	SPOT Navette spatiale (chambre métrique)
locales	 E 5 - 0,3 m		800 à 150	Yantar KH 11 KH 12 Hélios-1A	contrôle du désarmement observation militaire: • détection • reconnaissance • identification

### 1. Classification des images satellitaires par niveaux scalaires

faite d'une mosaïque de pixels peut être construite à l'échelle désirée de la même manière qu'une véritable photographie de la Chambre métrique ou de MKF 6 peut être agrandie ou réduite à volonté.

Si le critère de l'échelle est satisfaisant pour les photographies véritables, la notion de champ et de tache correspondant au sol à un pixel, parfois assimilée par extension à celle d'unité de

résolution, doit être retenue pour les images obtenues par balayage.

Ces notions de champ global, de champ instantané et de résolution permettent de définir trois niveaux scalaires principaux (fig. 1):

**A** - Le niveau des images planétaires qui couvrent une calotte de la planète, d'un limbe à l'autre, obtenues à partir d'une altitude élevée, le plus souvent 36 000 km, c'est-à-dire de l'altitude des satellites géostationnaires. Les images ont ici une résolution kilométrique. Leur usage est celui de la météorologie et de l'étude climatique globale: bilan radiatif, désertification, etc.

**B** - Le niveau des images régionales qui couvrent des étendues plus petites, souvent plus limitées que de limbe à limbe, obtenues d'une altitude plus faible. Ces images ont une résolution au sol hectométrique ou décimétrique. Leur usage est de cartographie et de reconnaissance des ressources terrestres.

**C** - Le niveau des images locales qui couvrent des étendues limitées, obtenues à partir de visées verticales ou obliques, d'une altitude parfois très basse, avec des

résolutions métriques ou décimétriques. Leur usage est de reconnaissance militaire, d'espionnage ou de contrôle de désarmement, mais des projets de satellites civils à très haute résolution se multiplient malgré les réticences des militaires qui envisagent de leur côté la commercialisation de leurs données d'archives, ou même de données récentes après dégradation pour des usages civils comme la cartographie urbaine.

Entre ces niveaux principaux, il existe de nombreux niveaux intermédiaires. Par exemple, les images obtenues de limbe à limbe par le capteur AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) des satellites NOAA s'inscrivent entre le niveau **A** et le niveau **B**; chacun de leurs pixels représente une étendue au sol supérieure à 1 km<sup>2</sup>, et l'usage de ces images est tantôt de météorologie tantôt de connaissance des ressources terrestres (localisation des upwellings locaux, étude de la végétation sahélienne...). De même, les photographies prises à partir des satellites habités comme MIR ressortissent parfois à un niveau intermédiaire entre le niveau **B** et le niveau **C**.

### Classification par nature de traitement

Une autre classification se fonde sur la nature de l'image et du traitement qu'elle a subi et repose sur la dichotomie image primaire-image dérivée.

#### • *Les images primaires*

Une première catégorie est fournie par des images demeurées dans la géométrie de la saisie et n'ayant subi aucun traitement spécialisé. On peut les qualifier d'images primaires, bien que cette primarité soit difficile à définir. Le négatif d'une pellicule demeure, même développé, une image primaire. Mais l'image obtenue par visualisation sur film d'un enregistrement analogique est-elle encore une image primaire? Lorsque l'image est digitalisée par échantillonnage, la question se pose de savoir si le résultat est une image primaire ou une image dérivée.

L'usage des images primaires de télédétection satellitaire est beaucoup moins fréquent que celui des images dérivées, contrairement à ce que l'on constate en interprétation des photographies aériennes.

#### • *Les images dérivées*

Les images dérivées, de beaucoup les plus nombreuses, peuvent être classées selon des critères variés; l'un des plus simples est celui de la singularité ou de la pluralité des images primaires utilisées. Certaines images sont obtenues par traitement à partir d'une seule image, d'autres à partir de plusieurs images; on peut appeler monogéniques les premières et polygéniques les secondes (fig. 2).

##### - *Les images dérivées monogéniques*

Elles dérivent d'une seule image primaire. Elles résultent d'un agrandissement, d'une réduction, d'une anamorphose géométrique de rectification ou de changement de projection. Elles peuvent résulter aussi d'une modification des contrastes. Ceux-ci peuvent être accentués par étalement de l'échelle des gris en traduisant par du noir le gris le plus sombre existant dans la totalité de l'image et par du blanc le gris le plus clair. Cette opération peut aussi être conduite sur une petite fenêtre glissante pour accentuer les contrastes locaux de l'image, sans respecter les rapports de valeurs dans la totalité de l'image. Les changements dans l'échelle des gris peuvent aussi ne pas obéir à une fonction monotone en substituant à des valeurs primitivement croissantes des valeurs alternativement croissantes et décroissantes.

D'autres modifications peuvent obéir à des considérations probabilistes; on crée par exemple des images où chaque niveau de gris occupe une superficie égale ou correspond à une répartition gaussienne.

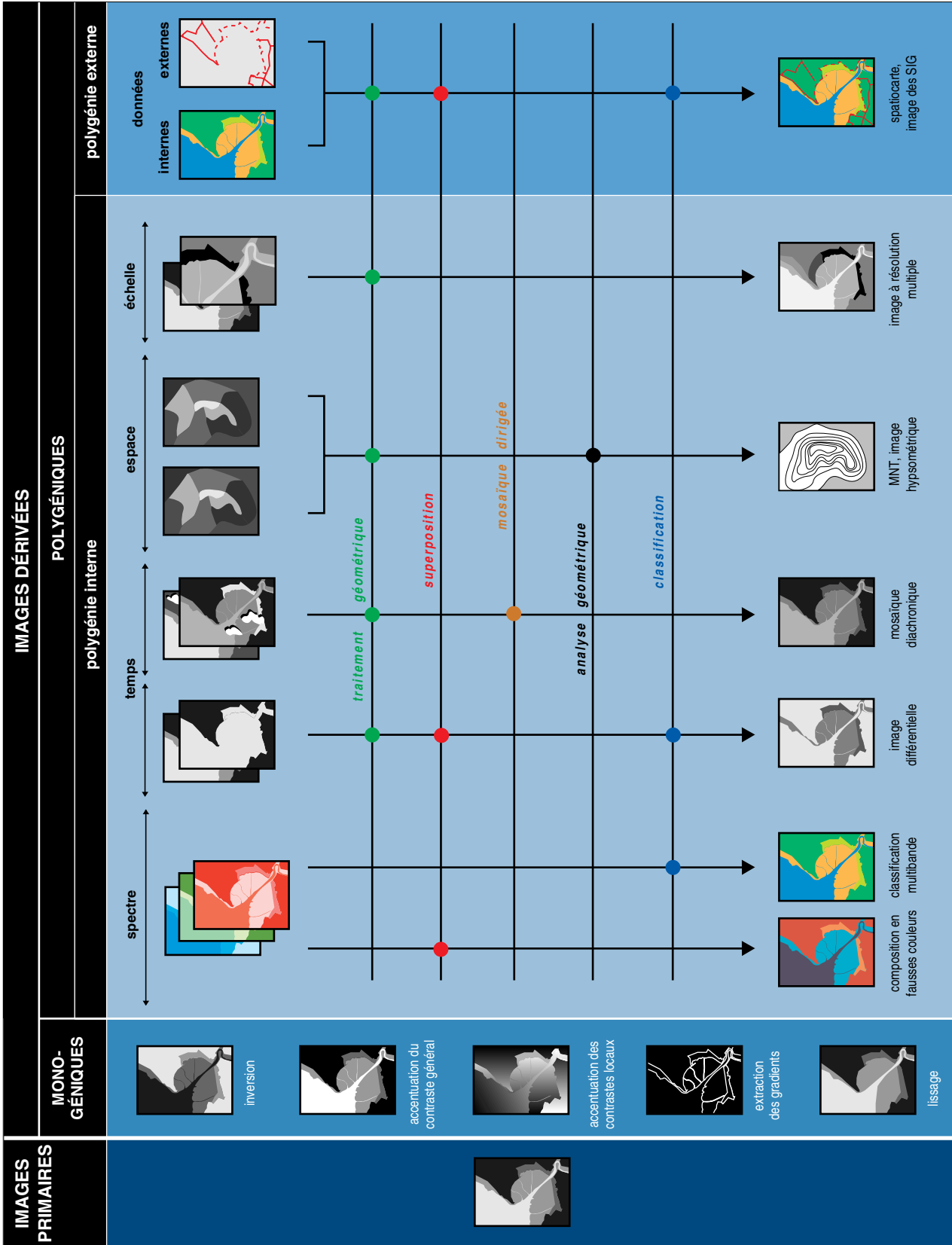
Les images originelles peuvent être simplifiées par réduction des niveaux d'intensité ou par échantillonnage des points d'information et réduction des nombres de pixels. Des filtrages peuvent aussi substituer à l'image primaire soit une image exprimant les différences de valeurs entre les pixels contigus: image des gradients, soit une image lissée substituant à chaque pixel originel le pixel rencontré le plus fréquemment dans un voisinage défini du pixel originel.

##### - *Les images dérivées polygéniques*

Ces images résultent d'une composition entre plusieurs images primaires dans le cadre d'une polygénie interne, ne faisant pas appel à d'autres données que les images de télédétection.

Le type le plus courant en est donné par la classique composition colorée en fausses couleurs où trois images primaires acquises simultanément dans trois bandes spectrales d'un capteur multibande sont traduites chacune par une couleur particulière: la plupart des grands systèmes d'observation de la Terre commercialisent des produits standard de cette nature. Les images MSS des satellites Landsat ont ainsi été fournies dès 1972 sous la forme de compositions en fausses couleurs obtenues par synthèse soustractive dans lesquelles la couche cyan correspond à l'image primaire de la bande spectrale 0,5-0,6 µm, la couche jaune, à l'image de la bande 0,6 - 0,7 µm et la couche magenta, à l'image de la bande 0,8 - 1,1 µm. Les compositions colorées standard les plus courantes sont formées par synthèse additive bleu + vert + rouge, couleurs qui sont, par exemple, affectées par Spot Image respectivement aux canaux XS-1, XS-2 et XS-3. On peut qualifier cette polygénie de spectrale; la polygénie spectrale peut donner lieu à bien d'autres types de traitement, comme les classifications par segmentation ou par agrégation autour de centres mobiles prenant en compte les données de plusieurs bandes.

Une autre polygénie, dite diachronique, consiste à combiner des images de dates différentes. Cette combinaison peut être une simple superposition de l'image positive d'une certaine date et de l'image négative d'une autre date: les différences entre les deux images apparaissent par des teintes plus foncées ou plus claires que le reste de l'image; elle peut aussi, bien évidemment, résulter de traitements beaucoup plus complexes. Les images qui mettent en évidence des modifications dans le temps sont d'un usage déjà très fréquent et qui se multiplie au fur et à mesure que s'accroissent les collections d'images satellitaires. Les militaires s'en servent pour déceler les modifications suspectes, les géomorphologues pour définir les zones d'accumulation et les zones d'érosion littorales au cours de l'intervalle chronologique séparant deux passages successifs donnés d'un satellite; elles l'ont aussi été pour suivre l'évolution de fronts pionniers de végétation ou le dépérissement des arbustes dans les secteurs de désertification. Cette utilisation



sur de longs intervalles chronologiques a montré l'intérêt de la conservation des données satellitaires anciennes qui constituent, à côté des archives commerciales récentes, des archives patrimoniales dont la conservation n'est pas toujours assurée, par suite du volume même de ces archives et de la nécessité du rajeunissement des données enregistrées sur des supports magnétiques.

D'autres images sont constituées de mosaïques diachroniques; on utilise par exemple un tel procédé pour s'affranchir des lacunes localisées dans certaines images d'une collection: de petits nuages isolés peuvent masquer certaines parties de la surface de la Terre, les nuages ont beaucoup de chances de se situer à des emplacements différents sur des images des jours suivants; en prenant les valeurs maximales d'images thermographiques de la même étendue plusieurs jours de suite, on élimine en général facilement les nuages qui sont plus froids que la surface de la Terre.

D'autres images encore peuvent consister en une classification des pixels à partir des données diachroniques afin de caractériser des familles au moyen de leur évolution. On peut tenter ainsi de dresser des cartes synthétiques des petites régions homogènes en combinant les aspects successifs des paysages terrestres au cours d'une année par une méthode que l'on peut appeler *phénoscopique*.

La polygénie directionnelle consiste à combiner des images de la même région obtenues de points de vue différents. Elle est obligatoire pour la restitution du relief à partir de deux images; c'est ainsi que l'on obtient des modèles numériques de terrain à partir de deux images Spot prises selon des angles divers au cours de deux révolutions différentes. De tels modèles numériques combinés aux couleurs déduites des mesures radiométriques indiquées par une image multibande permettent de calculer par ordinateur une véritable vue panoramique pour n'importe quel point de vue et de la visualiser. On aboutit ainsi à substituer par le calcul une image nouvelle correspondant à un point de vue indépendant des points de vue réels d'observation. Dans ce cas, c'est la polygénie directionnelle qui est utile, la polygénie diachronique, qui l'accompagne obligatoirement, apparaissant plutôt comme un inconvénient, certains objets ayant pu se modifier entre les deux prises de vue. Le système envisagé, pour certains satellites futurs comme Spot-5, de visées vers l'arrière combinées avec des visées verticales ou vers l'avant obtenues au cours de la même révolution du satellite, diminuerait cet inconvénient en limitant à quelques fractions de seconde le laps de temps séparant la prise de deux vues stéréoscopiques.

La polygénie scalaire consiste à combiner des images de niveaux scalaires différents. La combinaison d'une image multibande Spot dont les pixels couvrent chacun 20 m x 20 m et d'une image panchromatique dont les pixels couvrent chacun 10 m x 10 m résulte d'une double polygénie, à la fois spectrale

et scalaire, puisque les données combinées concernent des bandes spectrales différentes et des superficies inégales.

La polygénie externe est réalisée lorsque des données obtenues par d'autres moyens que la télédétection satellitaire — ou données exogènes — sont combinées aux données fournies par celle-ci. Un exemple remarquable de polygénie externe est celui des cartes sur fonds d'image spatiale où des renseignements d'ordre chorographique sont superposés à une image satellitaire. Les systèmes d'information géographique, lorsqu'ils intègrent des images satellitaires, sont aussi très fréquemment à l'origine d'images polygéniques de ce type; certains combinent des données administratives et statistiques à des classifications fondées sur des images multibandes. L'usage de ces images qui nécessite une bonne maîtrise de la géométrie de données par nature hétérogènes comme une bonne intelligence thématique se répand de plus en plus dans le domaine de l'utilisation tant civile que militaire des données satellitaires.

Les images se différencient donc par leurs mono- ou polygénie et dans ce dernier cas, par la nature spectrale, diachronique, directionnelle ou scalaire, interne ou externe de leur polygénie. Cette différenciation définit la nature de l'information contenue. Les images se différencient aussi par les types de traitement qui leur ont donné naissance à partir des images-sources.

La diversification des sources et des traitements correspond à la conjugaison de deux facteurs: l'usage des satellites qui fournissent des collections gigantesques d'images d'une part et le développement accéléré des moyens informatiques de traitement de l'image d'autre part. Le problème principal qui se pose aux utilisateurs est de savoir quelles images choisir et quel traitement leur appliquer pour un usage donné. Rechercher les principes de classification des images doit y aider.

---

## Références bibliographiques

- BONN F. et ROCHON G., 1992, *Précis de Télédétection. Principes et méthodes*, vol. 1, Québec, Presses de l'Université du Québec, 486 p.
- DAGOINET F., 1984, *Philosophie de l'image*, Paris, J. Vrin.
- JENSEN J. R., 1986, *Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 380 p.
- MARTIN A., 1992, «L'imagerie spatiale, quelle propriété?» in: *L'exploitation commerciale de l'espace, droit positif, droit prospectif*, sous la direction de Ph. Kahn, Paris, Litec, pp. 437-489.
- MOIK J. G., 1980, *Digital Processing of Remotely Sensed Images*, Nasa, 330 p.
- VERGER F. (dir.), 1992, *Atlas de géographie de l'espace*, Paris, Sides-Reclus, 292 p.

## 2. Classification schématique des images satellitaires par nature de traitement (page ci-contre)