

LA TELEDETECCION POR SATELITE

Benoit Boissin

El complejo mecanismo de la teledetección por satélite y su utilidad en los estudios de planeamiento urbano y territorial constituye el núcleo central de este trabajo.

Partiendo de una breve síntesis histórica, el autor analiza en primer lugar el proceso de formación de las imágenes. Resume después las principales características de un Sistema de observación, para abordar en tercer lugar la Definición de un Sistema. Cierra el artículo una recopilación de ejemplos de aplicación para la planificación territorial, finalizando con un esbozo del futuro de esta técnica en relación a los profesionales y gestores del urbanismo.

El ejemplo del satélite europeo SPOT es la base de esta exposición.

Satellite-Based Teleproving

The complex mechanics of teleproving by satellite and its usefulness in city and area planning studies form the heart of this paper.

After a short historical survey, it moves on to an initial analysis of how such images are achieved. The major features of an observation system are then laid out and then this sort of system is defined as such.

The paper is wound up with a digest of examples of the applications of this last to area planning then finished off with a sketching in of its possible future uses as within the professional and procedural context of town and country planning.

The whole line of argument is based on the european SPOT satellite experience.

INTRODUCCION

Etimológicamente el término de teledetección viene del griego «tele» =lejos, y del latín «detegere» = descubrir. Teledetección expresa, por consiguiente, la técnica «de adquisición de la información a distancia». Hoy día, dicho término se emplea exclusivamente para las técnicas que utiliza la difusión electromagnética para transmitir esa información.

El primer instrumento de teledetección es evidentemente el ojo, pero la verdadera experiencia de teledetección se remonta a 1858 cuando Nadar realiza la primera fotografía aérea a bordo de un globo en Meudon. Las primeras aplicaciones fueron de carácter militar (reconocimientos), después topográficas: estuvieron ligadas al desarrollo de los globos y luego de los

aviones. Hacia 1930, con el nacimiento de la fotointerpretación, las aplicaciones fueron más variadas (geología, vegetación...). Las técnicas evolucionaron sensiblemente en la segunda guerra mundial con la utilización de nuevas emulsiones (infrarrojos), el desarrollo de los sensores electromagnéticos por infrarrojo medio y la puesta a punto de las técnicas de radar.

En 1957, se lanzan los primeros satélites artificiales: esta fue la oportunidad para acometer la observación de la Tierra y poder disponer de sistemas permanentes de observación.

Una de las primeras y principales aplicaciones se ha dado en la meteorología con el lanzamiento en 1960 del TIROS 1: la teledetección por satélite permite observaciones de alta repetitividad en grandes zonas terrestres.

Otra aplicación ha sido en la geología, principalmente en el objetivo de preparar el «aterri-aje» del hombre en la Luna; instrumentos y técnicas de interpretación han sido probados en pa-rajos terrestres, esencialmente cuando se trata-ba de vuelos tripulados (GEMINIS). Poco a poco, el programa se ha extendido a otros temas y, en particular, con ocasión del vuelo APOLO 9, a la primera experiencia multispectral: «Multispec-tral Terrain Photography» ha permitido la defini-ción del programa «Earth Ressource Observa-tion Satellite» y el desarrollo de un satélite au-tomático de teledetección, LANDSAT 1, que fue lanzado en 1972 para estudiar los recursos terrestres renovables.

El primer satélite europeo de meteorología ME-TEOSAT se lanzó en 1977, después, en 1986, vendría SPOT (satélite para la observación de la Tierra), competidor directo de los LANDSAT, cuya versión más avanzada fue lanzada en 1983.

En 1987, se lanzó el MOS 1, primer satélite ja-ponés de teledetección.

Siguiendo la exposición, abordaremos segui-damente:

- La formación de las imágenes.
- Las principales características de un siste-ma de observación por satélite.
- Algunas aplicaciones.

Nos limitaremos aquí, sin embargo, al ámbito de las radiaciones visibles y al infrarrojo (0,5 > m a 12 > m), si bien ciertos resultados pueden tras-ladarse al caso de las microondas.

1. FORMACION DE LAS IMAGENES

1.1. Generalidades

La teledetección se caracteriza en términos de física por la medida de las características de la

energía transportada por las ondas electromag-néticas emitidas por el conjunto de los objetos observados. Esta emisión puede ser propia del objeto observado o provenir de la difusión por ese objeto de la onda emitida por una fuente na-tural (el Sol) o artificial (el radar).

Las principales características de estas ondas son:

- La amplitud.
- El espectro en longitud de onda.
- La dirección de propagación.
- La polarización.
- La fase (en microonda).

1.2. Características de emisión de los objetos

La emisión de un objeto se caracteriza por su luminancia $L(\theta)$, que es la potencia irradiada por unidad de superficie aparente y por unidad de ángulo sólido en una dirección θ dada: esta lu-minancia está directamente relacionada con la cantidad de energía recibida por el sensor (ver fig. 1).

a) Emisión por reflexión (ver fig. 2)

El objeto recibe la energía de una fuente pri-maria y reemite una parte de esa señal como fuente secundaria: esta reflexión puede ser espe-cular o difusa.

La reflexión especular se caracteriza por el he-cho de que la onda es reflejada en una direc-ción única en el plano de claridad: la reflectividad es la relación entre la potencia reflejada y la poten-cia incidente. En el caso de una reflexión difusa la señal incidente es reemitida en todas las di-

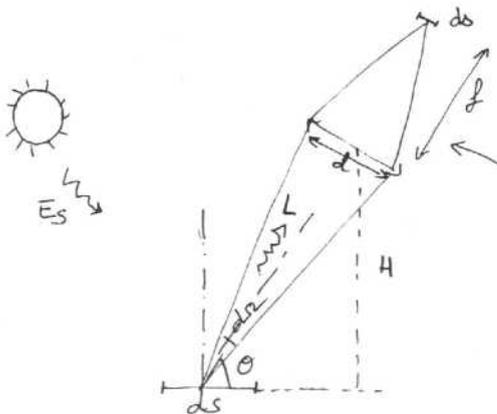


FIG. 1. Cantidad medida.

Instrumento - t-focal - d-diámetro

L (luminancia). Potencia irradiada por unidad de ángulo sólido d y por unidad de superficie aparente ds en una dirección dada. Irradiada por reflexión de la claridad solar E_s o emisión natural. E = cantidad de energía medida por el detector ds del instrumento.

$$E = L (\theta, \times d\theta \times dS$$

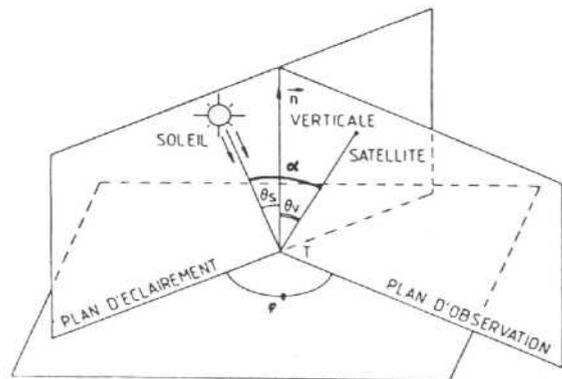


FIG. 2. Emisión por reflexión.

- Reflexión especular: $\theta_v \hat{=} \theta_s = 180^\circ$.
- Reflexión difusa.

- Reflectancia.
- $\downarrow \rightarrow$ Caracterizada por: su reparto espectral; su indica-dor de reflectividad.

$$\downarrow \rightarrow (\theta_s, \theta_v) = \frac{II \times \text{Luminancia} (\theta_v, \theta_s)}{\text{Claridad} (\theta_s)}$$

recciones y se caracteriza por reflectancia bidireccional. La reflexión se denomina lambertiana si la reflectancia es independiente de θ_s , θ_v y ϕ .

b) Emisión propia

Los objetos emiten también otro tipo de radiación: la radiación térmica propia. En el caso ideal de un cuerpo negro, su luminancia es lambertiana y no depende más que de su temperatura, en función de la ley de Plank.

Un cuerpo natural se caracteriza por su emisividad E , definida como la relación entre su luminancia y la luminancia de un cuerpo negro de la misma temperatura, y su temperatura de brillantez T_B , temperatura del cuerpo negro que tenga la misma luminancia.

Esto permite demostrar que:

— Para las longitudes de onda visible e infrarrojo cercano, la emisión térmica de la Tierra es despreciable, si se mide directamente la energía solar difundida.

— Para longitudes de onda de $10\mu\text{m}$, se mide la emisión térmica de los cuerpos.

— Para longitudes de onda del infrarrojo medio ($4\mu\text{m}$), los dos fenómenos son medidos.

c) Balance radiactivo

Cualquiera que sea la cantidad de energía transmitida y la cantidad de energía absorbida, la conservación de la energía se describe:

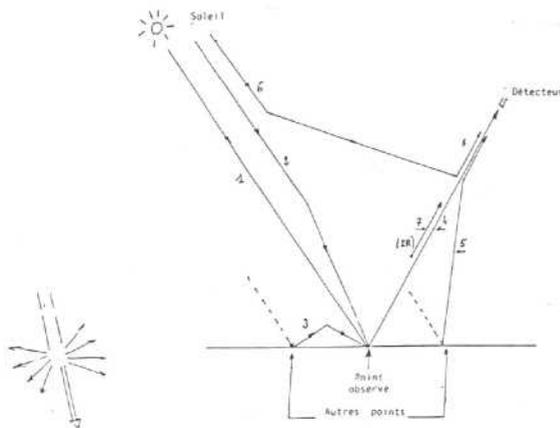


FIG. 3. Efectos atmosféricos.

- Absorción:
 - desaparición del fotón.
- Difusión:
 - fotón reemitido en otra dirección.

Claridad:

1. Directa atenuada.
2. Difusión.
3. Por medio ambiente + difusión.

Luminancia:

4. Directa.
5. Medio ambiente + difusión.
6. Difusión propia atmosférica.
7. Emisión atmosférica (IR).

En el equilibrio termodinámico la absorción X es igual a la emisividad.

Se distinguen los principales tipos de cuerpos siguientes:

Cuerpo negro.

Cuerpo opaco.

Buen reflector: mal emisor.

Cuerpo no reflexivo.

Emite en los bucles de frecuencia en los que se emite poco (ej.: atmósfera).

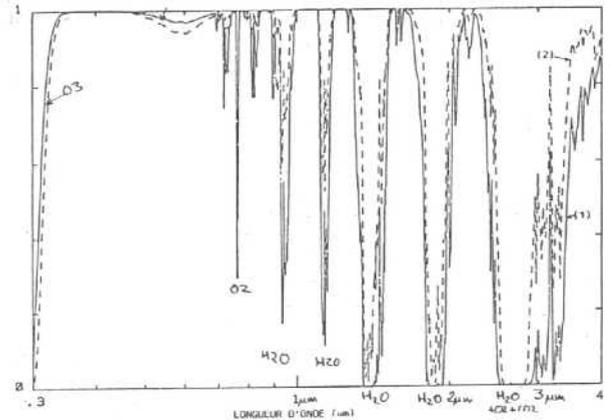
1.3. Influencias de la atmósfera

No se mide desgraciadamente de forma directa la energía emitida por los objetos: la radiación interactúa en la atmósfera por absorción a lo largo de la radiación y por difusión en todas las direcciones. En la figura 3 se indican los diferentes flujos de luz vistos por el instrumento.

La absorción está provocada por el gas y los aerosoles.

En la figura 4 se indican las curvas de transmisión típicas sobre las cuales se destacan los rayos de absorción del vapor de agua en particular, que pueden ser extremadamente variables en función de las condiciones atmosféricas y difícilmente corregibles, si no es con medidas realizadas lejos del paso del satélite.

La difusión depende del gas (difusión molecular) y de los aerosoles (difusión de Mie): si la primera es fácilmente lisa, la segunda necesita, para ser corregida, de medidas de visibilidad en el suelo.



1.4. Conclusión

La complejidad del modelo físico de formación de imagen hace que sea muy difícil elevar a valores físicos (...) los objetos observados. Afortunadamente la mayoría de las aplicaciones no necesitan una precisión absoluta, sino una precisión relativa en el espacio de la imagen y entre las diferentes bandas espectrales.

Una buena precisión relativa en la imagen permite detectar débiles variaciones de reflectancia y distinguir objetos diferentes. Una buena precisión relativa entre bandas espectrales bien elegidas puede permitir identificar objetos gracias a su firma espectral.

2. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA DE OBSERVACION

Las principales características de un sistema de observación por satélite demuestran su aptitud para medir, por ejemplo, la reflectancia de los objetos observados o más bien, como se ha indicado anteriormente, su aptitud para detectar las variaciones de reflectancia de esos objetos; sus principales características son (fig. 5):

- La resolución espacial;
- la resolución radiométrica;
- la resolución espectral;
- la resolución temporal.

2.1. Resolución espacial

La resolución espacial representa el tamaño del más pequeño objeto que sea posible detectar: se traduce visualmente por el tamaño del IFOV (Instantaneous Field of View).

2.2. Resolución radiométrica

Representa la más pequeña variación de luminosidad que el instrumento es capaz de detectar. Esta resolución radiométrica es traducida visualmente por los parámetros siguientes:

- $Ne \mu Q$ (Noise Equivalent Reflectance), que traduce las más pequeñas variaciones de reflectancia detectables.
- $Ne \mu T$ (Noise Equivalent Temperature) que traduce las más pequeñas variaciones de temperatura detectables.

2.3. Resolución espectral

La resolución espectral traduce la capacidad del sistema para identificar el registro espectral del objeto: la figura 6 muestra los registros espectrales de los principales objetos de teledetección. Puede notarse que ello no es forzosa-mente necesario para tener una resolución espectral muy fina y que un número reducido de

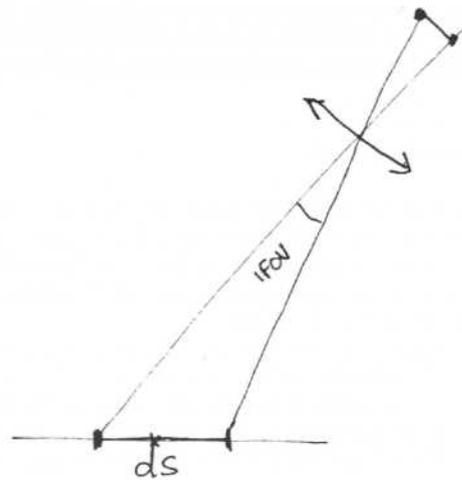


FIG. 5. Principales parámetros de observación.

- Resolución espectral:
 - elemento de superficie observable.
- Resolución espectral:
 - identificación del registro espectral.
- Resolución radiométrica:
 - variación de \downarrow detectable.
- Resolución temporal:
 - intervalo de tiempo entre dos mediciones.

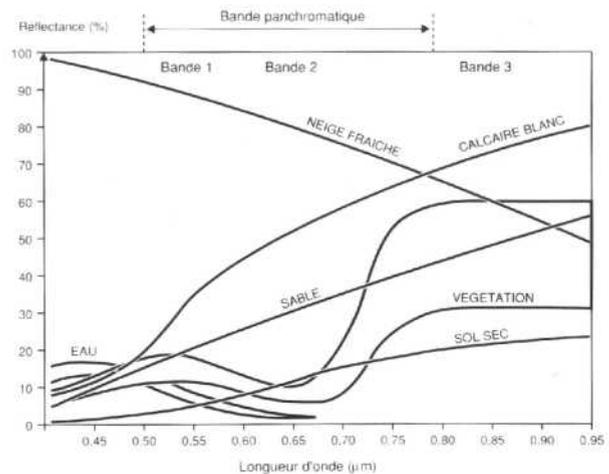


FIG. 6. Registros espectrales, tipos y bandas retenidas por «SPOT» en funcionamiento multibandas.

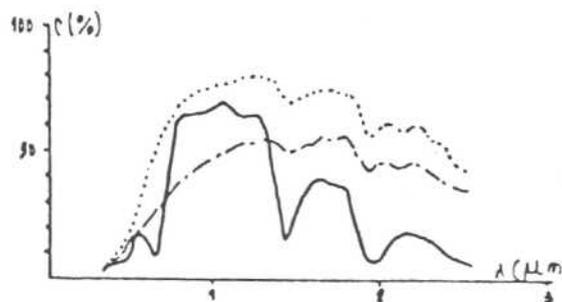


FIG. 7. Evolución temporal de las reflectancias.

bandas espectrales relativamente largas y bien situadas puede permitir identificar con precisión el registro espectral de esos objetos.

2.4. Resolución temporal

Traducè la capacidad del sistema para estudiar la variabilidad temporal de los objetos, sea para estudiar su movimiento (meteorología: movimiento de las nubes), sea para estudiar las variaciones de reflectancia o de temperatura (agricultura: crecimiento de las plantas, fig. 7).

Estos cuatro principales parámetros deben, sin embargo, ser objeto de un acuerdo en el caso de la definición de un sistema de observación, ya que a menudo son contradictorios:

— Aumentar la resolución espectral o espacial se hace en detrimento del flujo recibido por los detectores y degrada, por ello, la relación señal con ruido y, en consecuencia, la resolución radiométrica.

— Querer aumentar la resolución temporal conduce a disminuir la resolución espacial, ello para limitar el volumen de información a transmitir.

A estas características relativas, pueden añadirse dos absolutas:

— La precisión de localización (medida de la dirección de propagación).

— La precisión de contraste absoluto (medida de la luminancia).

3. DEFINICION DE UN SISTEMA DE OBSERVACION POR SATELITE

La definición de un sistema de observación por satélite resulta de un *trade-off* entre los diferentes parámetros expuestos en el apartado anterior: este *trade-off* conduce principalmente:

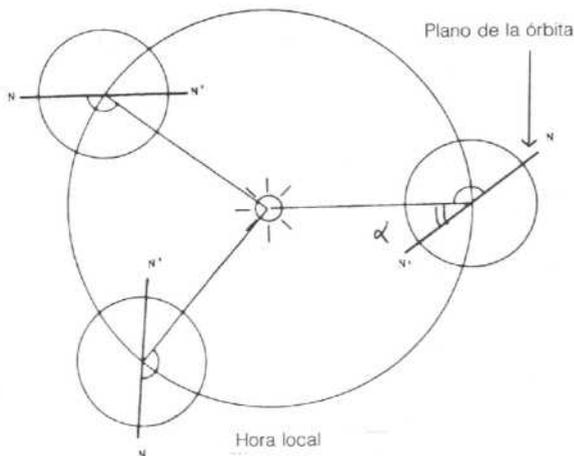


FIG. 8. Heliosincronismo.

— A la elección de la órbita, ya que una gran altitud favorece la repetitividad y una altitud pequeña favorece la resolución.

— A la elección del instrumento:

- La cámara fotográfica ofrece una buena resolución, aunque limitada espectralmente, y está prácticamente reservada a los vuelos tripulados o recuperables.

- Un instrumento con detección fotoeléctrica, puede estar limitado por el tamaño del detector, pero ofrece una mayor riqueza radiométrica.

Paralelamente serán definidos el vehículo que permita asegurar la correcta acción de enfocar el instrumento y el segmento de suelo que permita asegurar la programación del satélite, y difundir resultados de calidad después de corregir los principales defectos, y ello en los mejores plazos.

3.1. Elección de la órbita

La elección de la órbita resulta:

— Del acuerdo resolución/repetitividad.

— De las condiciones de claridad deseadas para la toma de vistas, que definirán la hora de paso del satélite.

Los dos principales tipos de órbita son:

— La órbita geoestacionaria, en la que el satélite está fijo con relación al suelo, lo que permite una gran repetitividad.

— Las órbitas circulares bajas que aseguran una buena resolución.

Órbitas geoestacionarias

Es una órbita circular en el plano ecuatorial a una altitud de 36.000 km: el satélite está fijo con relación a la Tierra, lo que permite asegurar una gran repetitividad útil en meteorología para el seguimiento de la capa nubosa o para el estudio de fenómenos que evolucionan durante un ciclo diurno (balance térmico de los suelos). Su elevada altitud limita la resolución espacial y el tamaño de los instrumentos embarcables. Ha de hacerse notar que con cuatro satélites, es posible tener una cobertura completa y permanente de la Tierra.

Órbitas bajas

En general son circulares para asegurar una resolución constante. La elección de la altitud está dictada por las necesidades de:

- Resolución espacial.
- Repetitividad.
- Duración de visibilidad de las estaciones para transmitir los datos.
- Duración de vida.

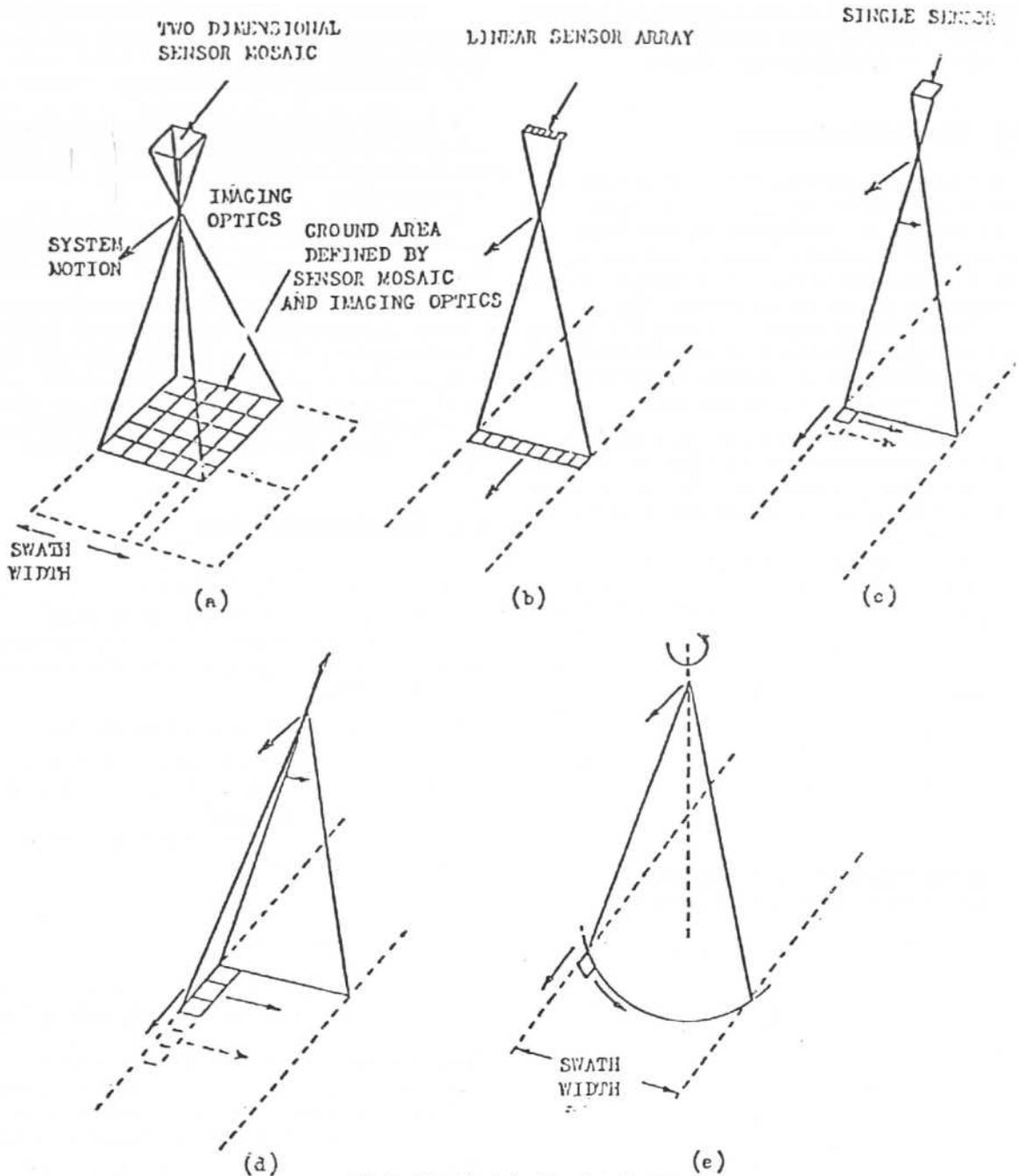


FIG. 9. Principio de barrido del objeto.

Las necesidades b, c y d requieren una elevada altitud, a la inversa de la necesidad a.

Las órbitas de 200 a 600 km son, en general, utilizadas para vuelos tripulados, y las órbitas de 600 a 2.000 km para los satélites automáticos civiles: ello para aumentar su duración de vida y de visibilidad.

Una clase de órbitas bajas particularmente empleada es la órbita heliosincrónica, cuya particularidad es que su plano es sincrónico del Sol (fig. 8); estas órbitas permiten asegurar una claridad de los paisajes prácticamente constante, en tanto que la hora local de observación sea también constante.

En consecuencia, la repetitividad es superior a doce horas. Una órbita de esta clase está en general en fase con la rotación de la Tierra, lo que permite al satélite volver a pasar por encima del mismo punto todos los días.

3.2. Instrumento

Con independencia de los radares, los instrumentos son de tres tipos:

- Las cámaras fotográficas.
- Los *scanners* con detector fotoeléctrico.
- Las cámaras de televisión.

Nos limitaremos esencialmente a los dos primeros tipos, ya que las cámaras de televisión cada vez se utilizan menos, debido a sus pobres resultados tanto radiométricos como geométricos.

Los instrumentos fotográficos

Su principal interés es la resolución espacial que ofrecen, gracias a la finura de los granos de emulsión ($2\mu\text{m}$).

Acoplando varias cámaras, se han realizado instrumentos multispectrales (Cámara S190A de SKylab). Sin embargo, son limitados, por las emulsiones en lo visible y en el infrarrojo cercano.

Pero el mayor inconveniente de estos instrumentos es la recuperación de las informaciones en tierra, para lo que se necesita: bien el retorno de las cápsulas, lo cual es muy costoso, o bien el desarrollo automático y la numeración a bordo, operación muy compleja y limitada por la cantidad de película embarcada.

En consecuencia, tales instrumentos están limitados a vuelos tripulados o militares.

Instrumentos con detección fotoeléctrica

La óptica del instrumento forma la imagen del paisaje sobre el (o los) detector/es que miden el flujo luminoso. El paisaje es barrido:

— En el caso de un único detector, por desplazamiento del satélite y por barrido mecánico, perpendicularmente al desplazamiento (*scanner*: mecánico: fig. 9 c, -d, -e).

— Por desplazamiento del satélite en el caso de un barrido lineal de detectores («Push Broom»: fig. 9b).

Se distinguen dos tipos principales de detectores:

— Los fotodiodos, que permiten realizar mediciones desde el ultravioleta al infrarrojo, pero para los cuales es difícil realizar un barrido lineal.

— Los CCD (detectores con traslado de carga) que existen bajo la forma de detectores lineales de varios millares de elementos, y también con la forma de matrices (512×512). Están actualmente limitados al espacio visible y al infrarrojo cercano.

En las figuras 10 y 11 se presentan los dos principales tipos de instrumentos con detección fotoeléctrica:

- Un *scanner* de barrido mecánico: el Thematic Mapper de Landsat.

- Un Push Broom: el instrumento HRV del SPOT.

Las principales cualidades de estos instrumentos son:

- La calidad radiométrica.
- La riqueza espectral.

— El fácil acceso a los datos que son directamente numerizados.

El tamaño de los detectores limita, sin embargo, la resolución, y la no instantaneidad de la toma panorámica obliga a elegir vehículos que ofrezcan una gran estabilidad: desde este punto de vista los *scanners* mecánicos son todavía más exigentes.

Por el contrario, una imagen Push Broom está generada por un gran número de detectores cuya respuesta no es la misma: en consecuencia, la imagen bruta de una escena uniforme en luminancia no es uniforme. Sería necesaria una corrección para «igualar la respuesta del instrumento».

Estos son los principales tipos de instrumentos utilizados en teledetección civil: la utilización del Push Broom tiende a generalizarse, en espera de la llegada de grandes matrices de detectores.

3.3. Vehículo

El vehículo asegura:

— El control de órbita (altitud - heliosincronismo - fase).

— El enfoque del instrumento y la estabilidad de aquél durante la toma de panorámica.

De la calidad del vehículo depende en gran medida la calidad de la imagen geométrica de las tomadas por los *scanners* mecánicos y los Push Broom.

En la figura 12 se señalan los principales defectos relacionados con el vehículo.

3.4. El segmento suelo

Con su ayuda, el usuario puede obtener imágenes de calidad de una zona concreta, en la fecha deseada y todo ello en los mejores plazos.

Además del control del satélite, asegura:

— La centralización de las diferentes demandas y la generación del programa de trabajo.

— La recepción, el archivo, el pretratamiento y la difusión de las imágenes.

El pretratamiento de las imágenes es particularmente importante para corregir sus principales fallos. Se distinguen dos niveles de corrección:

— Las correcciones sistema, que no utilizan más que el conocimiento que se tiene del sistema. Permiten asegurar un ruido mínimo en la imagen (igualización de los detectores) y una geometría suficiente para efectuar medidas de longitud de precisión, con una precisión de localización media.

— Las correcciones de precisión que permiten superponer una imagen sobre un mapa o sobre otra imagen; estas correcciones usan puntos de apoyo para afinar el modelo de corrección.

Thematic Mapper Geometry

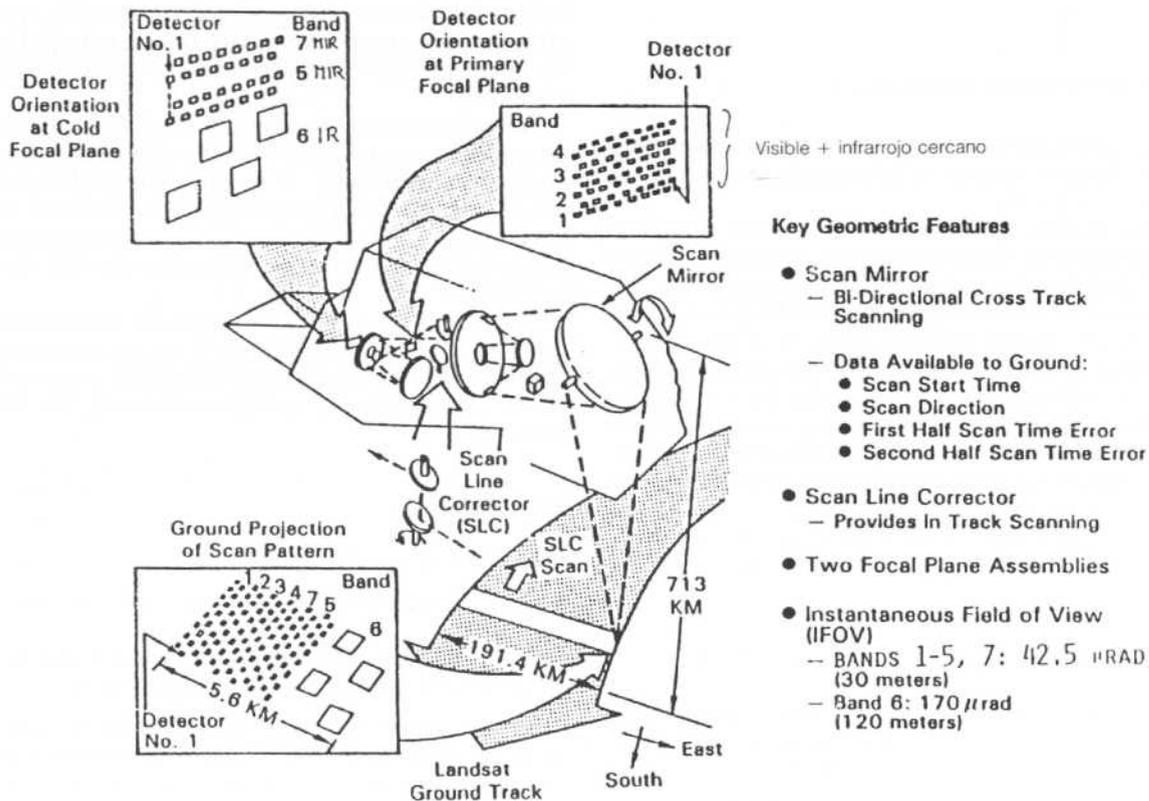


FIG. 10. Sistemas para cartografía temática.

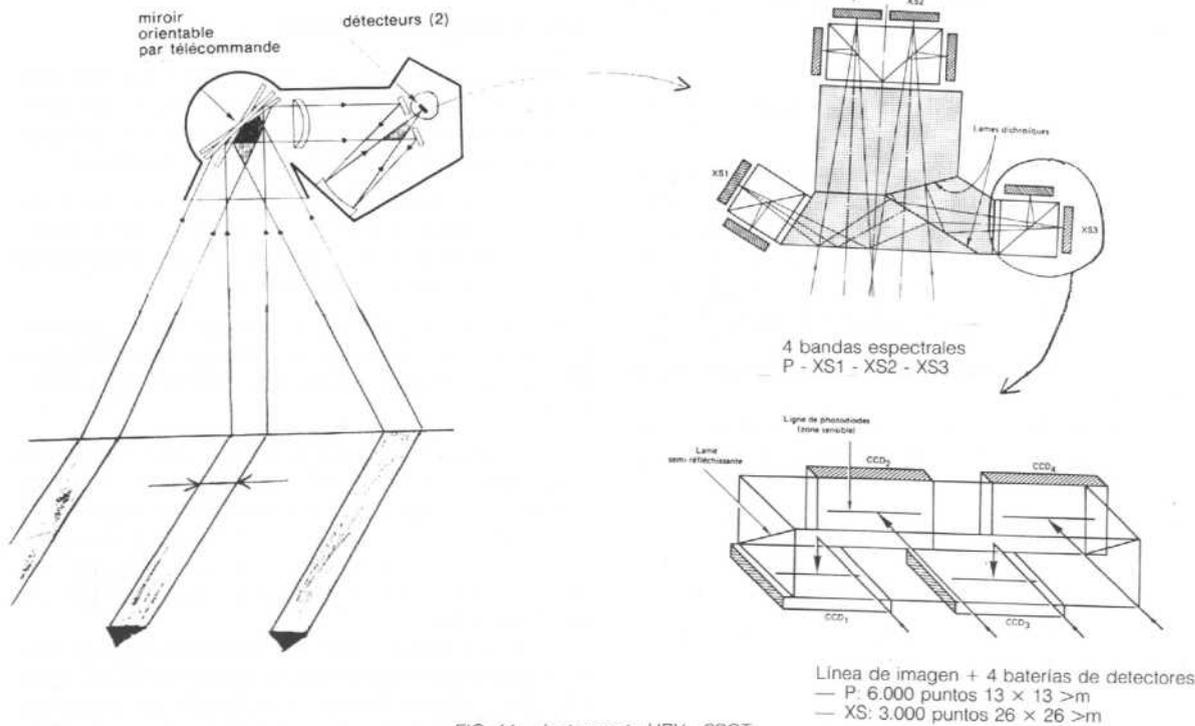


FIG. 11. Instrumento HRV - SPOT.

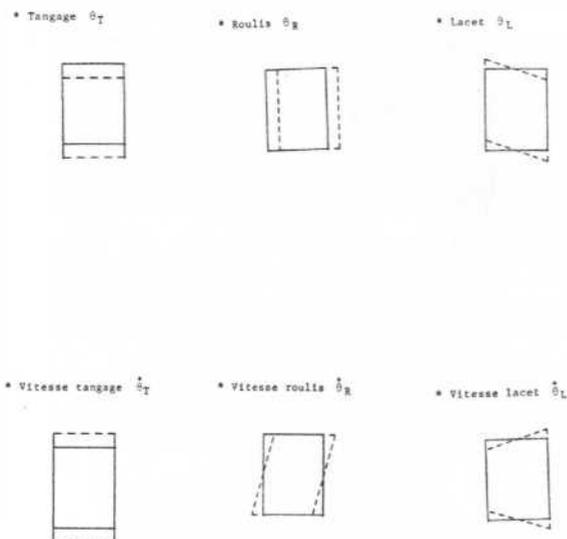


FIG. 12. Errores de enfoque. Errores de velocidad.

3.5. Ejemplo de «SPOT»

A. Órbita

- Órbita heliosincrónica - altitud: 830 km; hora local 10,30 h.
- Órbita fasada: ciclo de 26 días.

B. Instrumento

- Del tipo Push Broom.
- Campo instrumental: 4.13° ó 60 km.
- Bandas espectrales - Resolución geométrica.

Multiespectral: B1 · $50.59 \mu\text{m}$ 20 m; B2 · $61.68 \mu\text{m}$ 20 m; B3 · $79.89 \mu\text{m}$ 20 m.

Pancromática: P · $79.8 \mu\text{m}$ 20 m.

— Resolución radiométrica: $\text{Ne}\Delta Q = 0.7 \times 10^{-2}$.

— Un espejo de cambio de trazado permite obtener una resolución temporal inferior a cinco días y obtener pares estereoscópicos (fig. 13) (estereoscopia lateral).

C) Vehículo

La plataforma asegura un enfoque geocéntrico con una precisión de 0.15° y una estabilidad en velocidad mejor que 10^{-3} %/s.

D) Segmento suelo

La sociedad SPOT IMAGE está encargada de las relaciones con los usuarios de los datos:

— Un Centro de Misión asegura la programación del satélite a partir de las necesidades ex-

presadas por SPOT IMAGE y de las diferentes estaciones de recepción extranjeras autorizadas.

— Un Centro de Rectificación de las Imágenes Espaciales asegura la producción de un determinado número de productos estándar, recorridos en escenas a lo largo de una malla aplicada sobre la tierra.

(Una escena pancromática es una imagen de 60×60 km obtenida en forma pancromática. Una escena multispectral se compone de tres imágenes superponibles de 60×60 km, obtenidas simultáneamente en las tres bandas XS1 XS2 XS3).

Productos de Nivel 1

Son los que no han sufrido más que correcciones «sistema».

Nivel 1a: Sólo se realiza una igualación de los detectores —los datos concernientes a la geometría así como los contrastes son alimentados y pueden permitir efectuar tratamientos ulteriores.

Nivel 1b: La imagen es además corregida geoméricamente de los defectos conocidos: ello posibilita medir longitudes con una precisión relativa de 10^{-3} y de localizar un punto a 1.500 m, aproximadamente.

Productos de precisión

Nivel 2: Las imágenes son corregidas con la ayuda de puntos de apoyo para ser superpuestas a un mapa con una precisión de 50 m.

Nivel S: Estas imágenes son superponibles a otra imagen «SPOT» con una precisión de 5 m en pancromática y 10 m en multispectral.

Además, con la ayuda de pares estereoscópicos, es posible restituir el relieve con una precisión de 10 m.

Las principales características del sistema «SPOT» se describen seguidamente:

Campo: 60 km.
Resolución espacial: 10 m (P) ó 20 m (XS).
Resolución radiométrica: $7 \cdot 10^{-2}$.
Resolución espectral: 4 bandas P·XS1 XS2 XS3.

Contraste interbanda 3 por 100.

Resolución temporal: < 5 días.

Contraste absoluto: 10 %.

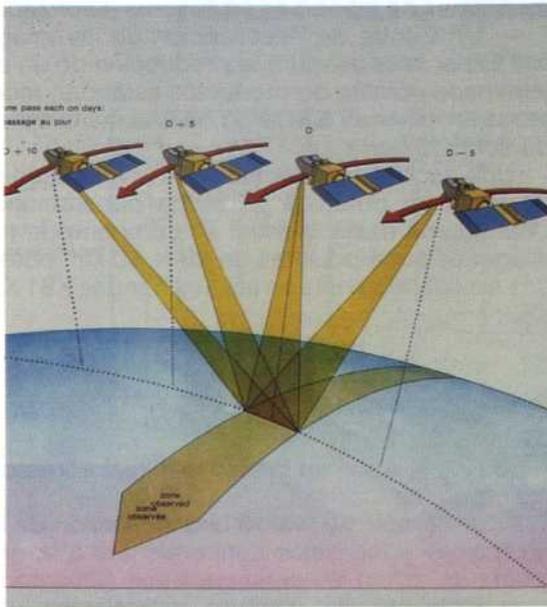
Localización: 1.500 m.

Alteración de longitudes: < 10^{-2}

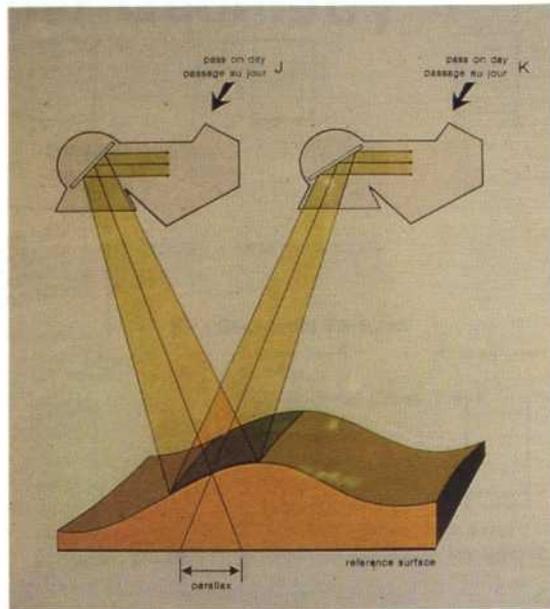
Medidas de altitud: 10 m.

4. EJEMPLOS DE APLICACION

Se presentan en este capítulo, por diferentes temas, las principales necesidades que los satélites permiten satisfacer.



13.1.



13.2.

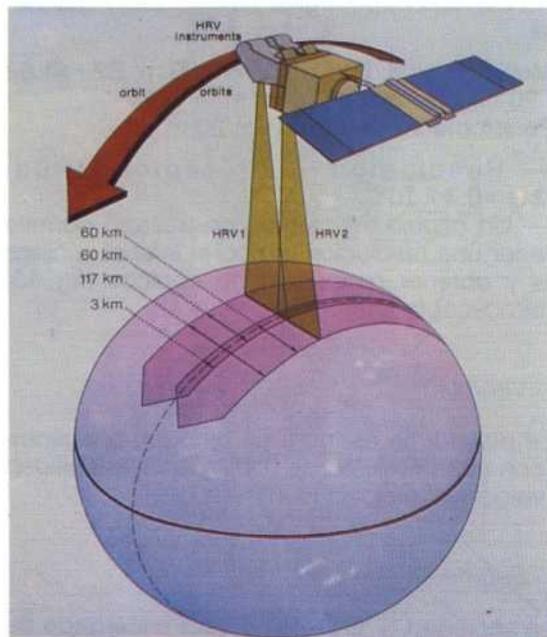
13.1. *Repetitividad de observaciones.*

13.2. *Esteroscopia.*

13.3. *Ciclo de repetitividad.*

13.4. *Visión vertical.*

13.4.



13.3.

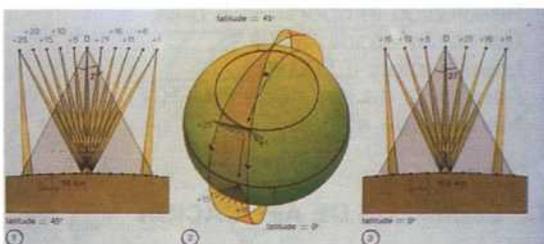


FIG. 13. *La repetitividad de las observaciones. La estereoscopia.*

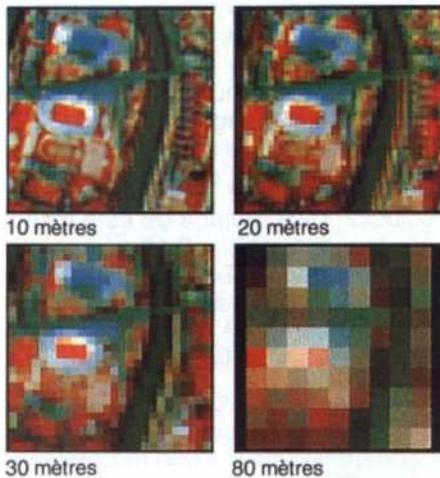


FIG. 14. Muestras de resolución.

4.1. Estudio de los recursos renovables (agricultura, silvicultura)

Resolución espacial. Debe ser adaptada al parcelario para permitir las medidas de superficie, las estadísticas sobre la parcela y la identificación de anomalías en la parcela. Una resolución 20 m es, en general, suficiente.

Resolución temporal. Es importante para los seguimientos del crecimiento de las plantas (fig. 7). Una resolución inferior a 10 días es la deseable.

Resolución radiométrica. Debe ser mejor que $7 \cdot 10^{-3}$, vista la variabilidad de las reflectancias.

«SPOT» y «LANDSAT» se adaptan bien para estos estudios:

- «SPOT» tiene una mejor resolución espacial y temporal.
- «LANDSAT» posee una banda media infrarrojo (1.65 m), importante para estimar el contenido en agua de la cubierta vegetal.

4.2. Meteorología

Las principales necesidades en las imágenes son:

— El espectro visible e infrarrojo para distinguir agua, nieve, hielo, nube y medir el albedo, las temperaturas de la superficie del suelo y de las nubes.

— Elevada repetitividad para medir el movimiento de las nubes.

4.3. Oceanografía

Las principales aplicaciones son:

— La batimetría que es posible hasta 40 m, para longitudes de onda de 0,45 m a 0,55 m en agua clara (tipo B1 SPOT).

— La detección de sedimentos que es posible con dos bandas espectrales, una centrada sobre 0,55 m y la otra sobre 0,65 m (tipo B1 y B2 SPOT) (fig. 22).

— La detección del fitoplancton que exige una banda «azul» cerca de 0,44 m para medir

la absorción clorofílica, conjuntamente con otras bandas espectrales para hacer correcciones atmosféricas (banda infrarroja para las medidas de difusión) y correcciones de la influencia de los sedimentos esta aplicación implica especificaciones muy precisas en:

- Resolución radiométrica $NeDq = 10^{-3}$.
- Resolución espectral del orden de 20 μm .
- Resolución temporal —el día.
- El estudio de la temperatura del agua con la ayuda de medidas en el infrarrojo.
- El estudio del estado de la superficie del mar con la ayuda de radiómetros microondas.

El Nimbus 7 con el «Coastal Zone Color Scanner» se adapta bien a las cuatro primeras aplicaciones; el Seasat 1, con sus captadores microondas, a la cinco.

«SPOT» y «LANDSAT» son utilizables para aplicaciones batimétricas (hasta 40 m) y estudios de sedimentos (bandas XS1 - XS2 «SPOT» - Canal 1-2-3 «LANDSAT»).

4.4. Geología

Los principales temas son:

— Determinación de la morfología de la superficie terrestre posible, por ejemplo, gracias a una cobertura estereoscópica.

— Ayuda para la identificación de rocas y depósitos minerales.

• Con la ayuda de bandas espectrales centradas sobre los extremos de reflectancia de las arcillas y de los óxidos de hierro.

• Con la ayuda de medidas en las bandas de absorción de rocas en el infrarrojo, que permiten, gracias a su repetitividad, medir la inercia térmica de los terrenos.

4.5. Urbanismo. Ocupación de suelos

Para estas aplicaciones la necesidad en resolución espacial depende del tamaño medio de las parcelas: para los estudios de ocupación de suelos, es necesario un mínimo de 4 pixels por parcela; 5 m de resolución suelen ser necesarios en Asia mientras que 30 m suelen ser suficientes en USA.

Las bandas espectrales en el visible y el infrarrojo cercano bien situados (ver estudio de recursos renovables) son suficientes para discriminar radiométricamente los diferentes temas. Una banda infrarroja sería interesante para estudiar las variaciones espacio-temporales de temperatura: las resoluciones espaciales ofrecidas en esas bandas son en general insuficientes.

Una resolución temporal de un mes es suficiente (salvo para las medidas de variación de temperatura en donde una resolución temporal de al menos doce horas sería lo deseable).

Para estas aplicaciones los dos principales competidores son el «SPOT» y el «LANDSAT

TM», con ventaja para el «SPOT» por su resolución espacial y para el «LANDSAT» por su canal térmico.

4.6. Cartografía

Los principales temas son:

— La actualización de los mapas: una resolución espacial de 10 m es necesaria para actualizar los mapas a 1:50.000.

— El establecimiento de mapas temáticos (geología - inventarios forestales... — La fotogrametría para:

- Establecer modelos numéricos de terreno.
- Ayudar al trazado de las carreteras.
- Ayudar a las interpretaciones temáticas.

«SPOT» es uno de los principales sistemas para la cartografía, gracias a:

— Su resolución espacial para la actualización de los mapas.

— Su información espectral para la cartografía temática.

— Sus posibilidades de mira lateral para la obtención de pares estereoscópicos.

5. CONCLUSION

Proyectos futuros

Para los sistemas actuales, las próximas transformaciones van a consistir en mejorar los resultados.

El «SPOT 4», cuyo lanzamiento está previsto para 1992 ofrecerá con relación a la familia «SPOT» 1-2-3:

- Una vía infrarrojo-medio con una resolución de 20 m.
- Una mejora de la resolución radiométrica ($Ne \Delta q = 5 \cdot 10^{-3}$).
- Un instrumento de campo grande ($\pm 50^\circ$) y baja resolución (1 km) que permita:

a) Gracias a su repetitividad (1 día) y a bandas espectrales idénticas una mejora de las pre-

visiones agrícolas por extensión espacial de las clasificaciones obtenidas con ayuda del instrumento de alta resolución.

b) Realizar síntesis mundiales semanales sobre la evolución de la vegetación.

c) Gracias a un canal azul (0,45 m), el seguimiento espacio-temporal del fitoplancton.

La resolución radiométrica de este instrumento será mejor que $NeDQ = 3 \cdot 10^{-3}$.

Los futuros «LANDSAT» ofrecerán una banda pancromática con una resolución de menos de 15 m. Un instrumento de campo grande acompañará al «Thematic Mapper», que ofrecerá:

— Un campo de 1.500 km, una repetitividad de dos años y una resolución de 500 m para los datos «Land Data Set» y 1.000 m para los datos «Ocean Data Set».

— Bandas espectrales idénticas al TM: «Land Data Set».

— Bandas específicas adaptadas para la observación de los océanos: «Ocean Data Set».

Este instrumento será el tipo «Scanner Mecánico». La tercera generación de instrumentos «Advanced Landsat Sensor» será del tipo Push Broom, con resoluciones espaciales de 10 m en visible e infrarrojo cercano y 20 m en infrarrojo, una repetitividad de dos días, gracias a un desenfoque perpendicular al trazado y una posibilidad de estereoscopia delantera-trasera.

La mejora de los resultados de los sistemas de observación pasa en gran medida por la realización de nuevos detectores y, en particular, la de grandes baterías lineales de detectores (el infrarrojo medio y el infrarrojo permiten, por el tamaño del detector, ofrecer buenas resoluciones espaciales: del orden de 20 m).

En el campo del espectro (del visible) las resoluciones espaciales de 5 a 10 m accesibles con los detectores actuales parecen suficientes para la mayoría de las aplicaciones civiles.

Finalmente, otros tipos de instrumentos podrían permitir en un futuro próximo acceder a otro tipo de informaciones, tales como:

- Medición de la directividad de la reflectancia.
- Medición de la polarización de las reflectancias.

BIBLIOGRAFIA

- ANUTA P. E.; BARTOLUCCI, M.; DEAN M. E.; LOZANO D. F.; MALARET, E.; Mc GLEN, C.D.; VALDES, J. A., y VALENZUELLA, C.R. (1984): Landsat 4 MSS and Thematic Mapper data quality and information content, IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, vol. 22 núm. 3.
- ASSOCIATION QUEBECOISE DE TELEDETECTION et Société française de photogrammétrie et de télédétection. Le système «SPOT» d'observation de la terre.
- BADHWAR, G. D., y FURSTER, B. C. (1980): Crop emergence date determination from spectral data: urban residential ground cover using Landsat digital data. Photogrammetric engineering and remote sensing (USA 1980), vol. 46 núms. 3 y 4, marzo-abril.
- BALLUT, A.; LECUP, J., y LENCO, M.: Traitement en classification supervisée de l'occupation de l'espace de l'image Ile-de-France du 23-3-1973 sur station précablée active. Utilisation d'image satellite pour décrire l'état et le suivi de l'occupation du sol et de la végétation en Ile-de-France, IAURIF, pp. 22-52.
- BALLUT, A. (1979): Les limites de la télédétection en milieu urbain, thèse de 3^{ème} cycle, EHESS, Paris.
- BALLUT, A., y LAINE, D.: Simulation «SPOT» sur une zone de l'agglomération de Paris, IAURIF.
- BALLUT, A. (1980): Étude de l'occupation du sol par satellite - Norte d'information cahier de L'IAURIF, vol 61, 4.º trimestre.
- BALLUT, A. (1984): Les besoins d'information pour l'aménagement urbain et régional: apport de la télédétection spatiale à la satisfaction de ces besoins SFPT núm. 93.
- BALLUT, A.; BOQUET, E.; NGUYEN, P. T., y FORTIN, M. (1984): Evolution de l'occupation du sol Recherche de méthodes comparatives et de traitements par utilisation des simulations «SPOT» de 1981 et 1983. IBM, IAURIF.
- BALLUT, A., y NGUYEN, P.T. (1985): Simulation SPOT à Paris; mutations du tissu urbain/Métropolis, núms. 70-71, 4.º trimestre.
- BARBARY, O. (1985): Projet de thèse de mathématiques appliquées aux sciences de l'homme, sous la direction de M. Barbut, EHESS. Sujet: «Élaboration de plans de sondage pour l'estimation de données spatio-temporelles, en prenant en compte les informations fournies par la télédétection. Application aux données démographiques en milieu urbain des pays en développement». 20 p.
- BARBARY, O. (1986): Apport d'une stratification morphologique des districts INSEE de recensement dans l'estimation des effectifs de population à Marseille, Quito, 47 p.
- BARDINET, C. (1982): Morphologie urbaine et télédétection: les cas d'Annaba (Algérie) et de N'Jamena (Tchad) par Landsat. Journée de télédétection en milieu urbain. Mayo, CNRS-IGN.
- BARIOU, R. (1978): Manuel de télédétection Ed. SODIPE.
- BARIOU, R.; HUBERT, L.; LE HENAFF, F. (1987): Apport des satellites de deuxième génération à l'analyse urbaine. Le cas d'une ville moyenne. Rennes. Revue «Photo-interpretation» - en publicación.
- BARISANO, E.; BARTHOLOME, E., y MARCOLONGO, B. (1984): Télédétection et archéologie. Interprétation intégrée de données télédéteectées HCMM Landsat Photos aériennes - corrélée avec des aspects physiographiques et archéologiques dans la plaine vénitienne occidentale. Ed. du CNRS, Paris.
- BEGUIN, H., et al.: Comparaison de classification methods for urban images interpretation. Congres ISP Hambourg 1980 vol. 23, tomo 7 Commission VII, pp. 84-91.
- BIED-CHARRETON, M., y GONFREVILLE, P. (1979): Télédétection et aménagement de l'espace, expression des besoins - OPIT.
- BOASSON, E., y HOWARTH, P. J. (1983): Landsat digital enhancement for change detection in urban environment. Remote Sensing of Environment núm. 13, pp. 149-160.
- BOQUET E., y S. E. P. (1987): Utilisation d'images «SPOT» pour l'analyse du milieu urbain - Amélioration d'images classées (SPOT) par intégration d'informations texturales/Actas del coloquio FI3G 10-13 junio, Lyon (Francia).
- BOUILLLOT, J.; CAMPAGNE, P.; FLOURIOT, J.; LAPORTE, J. M., y SOUDOPLATOFF, S. (1984): Recherche méthodologique sur l'utilisation de la télédétection en aménagement urbain. Simulation SPOT Niamey.
- BOURGERY, E., y CLAUSE, P.: Guide de gestion des plantations d'alignement le long des chemins départementaux de Meurthe-et-Moselle. Institut pour le développement forestier 1984, 3 fascículos.
- BAZET, M.; DOTU, H.; INSTALLE, M., y WILMET, J. (1978): Méthodes de classification et d'interprétation des données du satellite «LANDSAT» pour l'étude des structures urbaines en Europe Occidentale. Bulletin de la société belge de photogrammétrie, núms. 131, 132, septembre.
- BAZET, M.; DOTU, M.; INSTALLE, M., y WILMET, J. (1980): Filtrage spatial des données Landsat en vue de la cartographie urbaine. Annales des mines, abril, mayo.
- BROSSIER, R., y LUMMAUX, J. C. (1983): Cours de télédétection mise à jour, ENSG.
- BUCHAN, G. M. et al: Remote sensign in land-use planning: an application in west central Scotland using Spot-simulation data. International Journal of Remate Sensing, vol. 7. núm. 6, pp. 767-777.
- CARTER, P.; GARDNER, W. G.; JACKSON, M. J., y SMITH, T. H. (1980): Urban land mapping from remotely sensed data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 48, núm. 8, pp. 1041-1050.
- CASSANET, J. (1984): Paradigme - Satellites et capteurs.
- CAZABAT, C. (1975): Initiation pratique à la télédétection IGN/ENSG.
- CHABREUIL, A. y M. (1979): Exploration de la terre par les satellites - Ed. Hachette.
- CHATELAIN, A.: Analyse des morphologies urbaines et de leur évolution à partir des données de télédétection. Informatique et sciences humaines, núm. 44, pp. 84-105.
- CHEN JUN, GUAN ZEQUIN, ZHAN QINMING, SUNJIA BING, LU HUEIWEIN, ZHENG ZHIXIAO (1986): Urban change detection and analysis using multidade remote sensed images/acta du symposium de la Commission VII ISPRES (Enschede).
- CLAVAUD, R. (1986): La terre vend son image - Expansion (Francia) núm. 279, 21 febrero-6 marzo.
- CNES et Conseil international de la langue française (CILF) (1985) (2.ª edición) - Dictionnaire de spatologie: sciences et techniques spatiales - 2 tomos.
- CNRS (1982): Journées de télédétection en milieu urbain, publ. del CERCG/Cellule de télédétection, 140 pp.
- COLLET C. (1981): Comparaison de méthodes de classification appliquées à des données de télédétection - Espace géographique núm. 1, enero-marzo.
- CALLE, C. (1983): Contribution à l'etude de l'occupation du sol et son évolution à l'aide des données MSS de Landsat Thèse Universidad de Friburgo, Suiza 187 pp.
- COLLINS W. Gordon; KELCEY, J. G., y BENSON, G. (1986): A remote sensing evaluation of habitat resources in a new town - Planner (Gran-Bretaña), vol. 72, núm. 5, mayo.
- COLWELL, R. N., y POULTON, C. E. (1985): «SPOT» simulation for urban monitoring: a comparison with «LANDSAT» 4 TM and MSS imagery and with high altitude color/infra red photography. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 51, núm. 8, pp. 1093-1101.
- CONNERS, R. W.; HARLOW, C. A., y TRIVEDI, M. M. (1985): Segmentation and spatial analysis of urban scenes. XIX International Symposium an Remote Sensing of Environment, Ann Arbor, Michigan, pp. 205-225.
- CALWELL, R. N. (1983): American Society of Photogrammetry. Manual of remote sensign, 2 vol.
- COUSY, A.: La télédétection - Colección Que sais-je? núm. 1919 PUF Paris, 127 pp.
- CURRAN, P. J.: Longman 1985 - Principles of remote sensing.
- DAURES, J. F., y BRAUNSTEIN, S. (1986): De la localisation des foyers résiduels à la détection précoce des incendies de forêts. Bulletin d'information de l'IGN, núm. 53, mayo.
- DEANGELIS, R. N., y MILAZZO, V. A. (1984): Application of simulated SPOT data to mapping land cover patterns and changes in urban fringe environments. SPOT Simulation Application handbook, Proceeding of the 1984 SPOT Symposium. Mayo 20-23, Scottsdale, Arizona, pp. 177-186.

- DEDIEU, J. P.; VANDEPUTTE, F.; BALLUT, A., y KIENTZ, B. (1985): Méthodologie d'étude sur l'évolution de l'occupation du sol en région Ile-de-France à partir des images des satellites «LANDSAT» entre mars 1973 et mars 1983, IAURIF.
- DELAVIGNE, R. (1983): L'Ile-de-France vue par satellite, cahier de l'IAURIF, núm. 67, marzo.
- DELAVIGNE, R., y THIBAUT, C. (1984): Apports récents de la télédétection par satellite à la mise en oeuvre de la politique régionale de l'environnement en Ile-de-France, grâce à la cartographie quantitative de la végétation urbaine, IAURIF.
- DENARDOU, J. P.; FLOUZAT, G., y VAUZELLE, M. (1980): Cartographie et statistique de l'occupation du territoire de la Haute-Vienne par télédétection spatiale, SCEES (marzo).
- DESACHY, J. (1980): Contribution à l'étude de la texture en télédétection. Thèse de troisième cycle en Informatique. Université de Toulouse, 325 pp.
- DINSTEIN, I. H.; HARALICK, R. M., y SHANMUGAM, K. (1973): Textural features for image classification, IEEE Transaction on Systems, Man and cybernetic, vol. 3, núm. 6, pp. 610-621.
- Les Cahiers Français - La Documentation française Les enjeux de l'espace.
- DOLAN, G. M.; MARTIN, S. R., y WARNICK, L. J. (1984): Comparative evaluation of simulated SPOT, Landsat TM and NHAP CIR data for urban land cover and impervious surface identification. SPOT Simulation Application handbook. Proceedings of the 1984 SPOT Symposium, May 20-23, Scottsdale, Arizona, pp. 148-156.
- DUCROS-GAMBART, P., y RAKARIYATHAM, R. (1984): Méthodes de classification multidimensionnelle (spectrale et texturale) appliquées à des images satellite CESTA Biarritz, mayo, vol. 2.
- DUGGIN, M. J., et al: The use of multichannel radiance data in urban feature analysis. Remote Sensing of Environment, vol. 20, núm. 1, pp. 95-105.
- DUREAU, F., y GUILLAUME, A. (1984): La démographie depuis l'espace: un nouveau système d'observation? Paris, STATECO, núm. 38, pp. 5-46.
- DUREAU, F., y GUILLAUME, A. (1985): La population dans l'espace. Télédétection et démographie des villes des pays en développement. Communication au XX^e congrès général de l'Union Internationale pour l'Étude Scientifique de la Population. Florence (Italie), 5-12 junio.
- DUREAU, F. (1986): A propos du traitement informatique de données localisées. Une expérience en cours: télédétection et observation des populations urbaines. Paris, ORSTOM, Collection Colloques et Séminaires, Numéro sur le traitement des données localisées, pp. 263-286.
- DUREAU, F. (1986): Marseille: tirage de l'échantillon de travail. Quito, 9 p.
- DUREAU, F., y MICHEL, A.: (1986): Quito: enquête morphologique urbaine. Instructions aux enquêteurs (2 versions français et espagnol). Quito, 19 p.
- DUREAU, F.; LORTIC, B.; MICHEL, A., y SOURIS, M.: Télédétection et système d'information géographique - application ou suivi de la morphologie et de la démographie d'une ville/actes du colloque FI3G, 10-13 junio 1987 Lyon (France).
- DYSON, S. (1986): Glossaire français, anglais du système SPOT de la télédétection aérospatiale et de leurs applications, document de travail chez l'auteur à Miramont de Quercy.
- ELACHI, C., y FONTANEL, A. (1981): L'observation de la terre par radar. Recherche núm. 128, diciembre.
- FERIER D., y LOODTS, J.: Analyse multispectrale de Bruxelles. Bulletin trimestriel de la Société Belge de Photogrammétrie et de télédétection, núms. 133-134, pp. 7-41.
- FORSTER, B. C. (1985): Principle and rotated component analysis of urban surface reflectance, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 51, núm. 4, pp. 475-477.
- FORSTER, B. C. (1986): Evaluation of combined multiple incident angle SIR. B digital data and Landsat MSS data over and urban complex. Actes du symposium de la Commission VII ISPRS (Enschede).
- FORSTER, B. (1983): Some urban measurements from Landsat data. Photogrammetric engineering and remote sensing, vol. 49, núm. 12, diciembre, pp. 1693-1707.
- FUEKI, T.; HONG, J. K.; SHIBAMO, K., y YANG, L. S. (1985): Analysis of urban spatial structure of Marseille by Landsat Thematic Mapper.
- GDTA: Simulation d'images. Perspectives d'utilisation GDTA (1981).
- GDTA: Recherche sur la cartographie de l'occupation des sols par télédétection - Rapport final IGN 1982.
- GIRARD, M. C.; GIRARD, C. M., y RIBIER, V. (1979): Analyse des paysages ruraux et de l'humidité des sols. OPIT Paris.
- GIRARD, M. C.; GIRARD, C. M., y ROGALA, J. P. (1980): Automatisation de l'interprétation de l'humidité des sols et interprétation des paysages ruraux, OPIT Paris.
- GIRARD, C. M., y GIRARD, M. C. (1987): Télédétection appliquée Zones tempérées et intertropicales Masson.
- GUYOT, L. (1985): La surveillance des crues des grands fleuves par télédétection satellitaire. L'exemple du fleuve du Niger/Bulletin d'information de l'IGN, núm. 52 octubre.
- GOWARD, S. N., et al. (1984): Use of the TM tasseled Cap transform for Interpretation of spectral contrasts in an urban scene. 10 th International Symposium Machine Processing of Remotely sensed data, pp. 84-91.
- HAACK, B. N. (1984): Multisensor data analysis of urban environment. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 50, núm. 10, pp. 1471-1477.
- HARRALICK, R. H.; SHANMUGAM, K., y ITS'HAK DINSTEIN (1973): Textural features for image classification IEEE Transaction on system Man and Cybernetics, vol. 6, pp. 610-621.
- HEGEDUS, E., y HSAKA, J. (1982): Population estimation from Landsat imagery Remote Sensing of Environment, núm. 12, pp. 259-272.
- HENDERSON, F. M., y ANUTA, M. A. (1980): Effects of radar system parameters, population and environmental modulation on settlement visibility. Int. J. Remote sensing I.
- HUSSON, A., y OLIVA, P. (1982): Classification supervisée des ensembles urbains et péri-urbains de la région d'Aix-en-Provence Journées de télédétection en milieu urbain, 13, mayo 1982, CNRS IGN, Paris, pp. 28-42.
- HYATT, E. C.; GRAY, J. L., y COLLINS, N. G. (1986): Analysis of remote sensing for monitoring urban derelict land, Actes du symposium de la Commission VII ISPRS (Enschede).
- IGN (1982): Spécial télédétection. Bulletin d'information de l'IGN, núm. 44.
- IGN Paris (1984): Recherches méthodologiques sur l'utilisation de la télédétection spatiale en aménagement urbain. Simulation SPOT sur Niamey, étude réalisée pour le compte du Ministère de l'Urbanisme et du Logement.
- IGN (1986): L'IGN et le système SPOT. Applications à l'équipement géographique. Pré-traitements et services aux utilisateurs. Bulletin d'information de l'IGN, núm. 53, mayo.
- IOKA, M., y KODA, M. (1986): Performances of Landsat 5 TM data in land-cover classification int. J. Remote Sensing, vol. 7, núm. 12, pp. 1715-1728.
- IRONS, J. R., y PETERSEN, G. W. (1981): Texture transform of remote sensing data. Remote Sensing of Environment, vol. 11, pp. 359-370.
- JENSEN, J. R. (1978): Spectral and textural features to classify elusive land cover at urban fringe. The Professional Geographer, vol. 31, núm. 4, pp. 401-409.
- JOLY, G.: Paradigme 1985 - Les données images.
- DE KEERSMAECKER, M. L.: Université de Louvain, Belgique Étude par télédétection des quartiers résidentiels en milieu urbain: la détermination de leurs caractéristiques, suivi de la morphologie et de la démographie d'une ville/Actes du colloque FI3G 10-13 junio 1987 Lyon (France).
- KEMPENEERS, S.; CABON, S.; DEFLANDRE, V.; RAJEOT, C.; RODRIGUEZ, A., y THIBAUT, C. (1984): Estimation de la phytomasse aérienne de quelques sites urbains de l'agglomération parisienne pour les besoins de la télédétection spatiale. Travaux réalisés en 1982 et 1983, IAURIF.
- KENNARD, R. E., y TOLL, D. L. (1984): Investigation of SPOT spectral and spatial characteristics for discrimination land use and land cover in Prince Georges County, Maryland, SPOT simulation Application handbook, Proceedings of the 1984 SPOT symposium. Mayo 20-23, Scottsdale, Arizona, pp. 165-170.
- LAPORTE, J. M. (1983): Étude de la texture sur des simulations d'image SPOT. Thèse de troisième cycle. Université de Paris VII.

- LAPORTE, J. M., y CAMPAGNE, P. (1985): Télédétection satellitaire et croissance urbaine dans un pays en voie de développement-Métropolis, núm. 70-71, 4.º trimestre 1985.
- LE GORGEU, J. P. (1984): Applications potentielles du satellite SPOT en aménagement et urbanisme. In: Métropolis 84 symposium international des grandes métropoles, IAU-RIF.
- LE HEGARAT, G., y MEYER-ROUX, J. (1985): Intégration de la télédétection dans les méthodes statistiques classiques de connaissance de l'occupation du sol. Courner des statistiques, núm. 36, octobre.
- LENCO, M.; BALLUT, A., y LECUP, J. (1981): Utilisation d'images satellite pour décrire l'état et le suivi de l'occupation du sol et de la végétation en Ile-de-France, diciembre 1980, IAU-RIF.
- LE PRIEUR, C. (1985): La télédétection satellitaire SPOT. Toulouse Métropolis, núms. 70-71, 4.º trimestre.
- LIMA ROSARIA DA TRIDALE, F. (1985): Étude par télédétection de l'organisation de l'espace dans la commune de Carbone. DESS, Paris VI, 37 p.
- Lo C.P.: Some problems of computer assisted mapping of land use from Landsat data the Hong Kong case.
- Lo C.P. (1986): Human, settlements analysis using shuttle imagins radar a data: an evaluation Actes du symposium de la commission VII ISPRS (Enschede).
- LOURDES NEVES DE OLIVEIRA, M. (1986): Visual aerial texture discrimination for delineating homogeneous residential sectors: and instrument for urban planners. Actes du symposium de la commission VII ISPRS (Enschede).
- MADECO, V., y PEBAYLE, J. (1984): Intérêt du futur satellite SPOT pour l'étude du milieu urbain, IAU-RIF, Rapport de stage.
- MAHROUR, M. (1983): Réflexions sur la télédétection et l'urbanisme. Colloque télédétection, Alger, mayo, 10 p.
- MANDL, P. (1986): Urban land cover type adequate generalization of themal scanner images. Actes du symposium de la commission VII ISPRS (Enschede).
- MANIERE, R.: Étude de l'évolution de l'occupation des terres en zone méditerranéenne littorale fragilisée par télédétection spatiale. Toulon-Aubagne. Occupation des terres et mutations observées entre 1975 et 1981. ATP-CNRS.
- MARIETTE, V., y BIANCALE, M. (1982): La télédétection par satellite au service des comptes du patrimoine naturel. Quantifier des productions et des processus de modification des paysages ruraux par la connaissance de leur biomasse, mesurer la qualité de l'environnement urbain grâce à l'indice de végétation, deux perspectives novatrices de la télédétection satellitaire IAU-RIF.
- MILAZZO, V. A., et al. (1984): Applications of stimulated Spot data to mapping land cover patterns and changes in an urban fringe environment. «Spot simulation applications handbook». Proceeding of the 1984 Spot Symposium, Arizona. American Society of Photogrammetry, pp. 177-186.
- MICHEL, A. (1986): Le point sur la télédétection urbaine en 1986 à travers la bibliographie française et anglo-saxonne sur le sujet. Recueil des fiches de dépouillement des articles et ouvrages. ORSTOM, 49 p.
- MICHEL, A. (1986): Mise au point des méthodes d'analyse des images à haute résolution: étude statistique du descripteur «densité du bâti» (image TM Marseille 1983). ORSTOM, Paris, 44 p.
- MULDER, N. J. (1986): What, where, when... why? Extracting information from remote sensing data. ITC journal 1986-2, pp. 145-155.
- NGUYEN, P. T. (1984): La simulation SPOT pour l'étude du milieu urbain.
- OLIVA, P. (1985): Télédétection III. Expansion cartographique des résultats de la télédétection, Méditerranée núm. special, t. 54, enero-febrero.
- Équipe ORSTOM (1986): (Ur 406, ATOB, Unité d'Infographie), 1986. Intégration des données de télédétection dans un système d'information géographique: suivi de la morphologie et de la démographie d'une ville. Rapport intermédiaire, abril, Paris, 109 p.
- PEBAYLE, J. (1986): L'intérêt en géographie des données du satellite SPOT. Thèse de doctoral 3.º cycle. Université de Paris I, 232 p. PIGNAL, B. (1986): Le Caire contemporain. Le Caire (Egypte). Ambassade de France.
- QUATTROCHI, D. A. (1985): Analysis of Landsat 4 Thematic Mapper data for classification of the mobile, Alabama metropolitan area, Seventeenth International Symposium on Remote Sensing of Environment, ann Harbor, Michigan, Mayo, 9-13, pp. 1393-1402.
- REBUFFEL, V., y MILALAI, J. L. (1983): Utilisation de la morphologie mathématique en télédétection Mémoire dipl. Ing. ENSMP, Paris.
- RICHARD, J. A. (1984): Thematic Mapping from multitemporal image data using the principal component transformation. Remote sensing of environment, núm. 16, pp. 35-46.
- RIMBERT, S. (1982): Expérience CNES 81/0208. Rapport ATP CNRS, núm. 1080, LTC Strasbourg 30 p. + figures.
- RIMBERT, S. (1985): Vue image diachronique d'Athènes. Métropolis, núms. 70-71, 4.º trimestre.
- SABINS, F. jr., y FREEMAN (1978): Remote sensing principles and interpretation.
- SAITOU, I.; ISHIHARAO, y IMAIZUMI, S. (1987): Analysis of environmental information of urban areas using Landsat TM data. Actes du colloque IGARSS'87, 18-21, mayo.
- SERRA, J. (1982): Image analysis and mathematical morphology, Londres, Academic Press.
- SERRA, J.: (1984): Structures syntaxiques en morphologie mathématique. 1.º colloque Image-traitement, synthèse, technologie et application, Biarritz.
- SIMONIN, A. (1982): Journées de télédétection en milieu urbain, 6-7 mayo, CNRS.
- SLIMANI, M. (1986): Analyse de texture en télédétection application à la segmentation d'images satellite à haute résolution type SPOT. Thèse de troisième cycle, Université de Rennes I, 98 p.
- Société internationale de photogrammétrie (1982): Actes du symposium international de la commission VII de la société internationale de photogrammétrie et télédétection. Toulouse 13-17, septembre. GDTA.
- SOUDOPLATOFF, S. (1984): Apport de la simulation SPOT aux études urbaines. Rapport IGN.
- SOURIS, M. (1986): Système d'information géographique et bases de données. Paris. ORSTOM, Collection Colloque et Séminaires, numéro sur le traitement des données localisées, pp. 29-87.
- THIBAUT, C.: La télédétection par satellite appliquée au milieu urbain, IAU-RIF.
- THIBAUT, C., y BIANCALE, M. (1983): La télédétection par satellite appliquée au milieu urbain, test de validité de l'indice de végétation dans le proche infra-rouge, IAU-RIF.
- THIBAUT, C. (1984): Bases pour des propositions d'exploitation des données Thematic-Mapper, IAU-RIF.
- THIBAUT, C., y POITEVIN, J. (1986): Un nouveau regard sur l'environnement, Cahier de l'IAURIF, núm. 79, diciembre.
- TODD, W. J., y WRIGLEY, R. C. (1986): Spatial resolution requirements for urban land cover mapping from space. Actes du symposium de la commission VII ISPRS (Enschede).
- TOLL, D. L. (1984): An evaluation of simulated Thematic Mapper data and Landsat MSS data for discrimination suburban and regional land use Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 50, núm. 12, pp. 1713-1724.
- TOLL, D. L. (1985): Landsat 4 Thematic Mapper scene characteristics of suburban and rural area. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 51, núm. 9, pp. 1471-1482.
- TOLL, D. L. (1985): Effect of Landsat Thematic Mapper sensor parameters on land cover classification. Remote Sensing of Environment, vol. 17, pp. 129-140.
- VERGER, F. (1982): L'observation de la terre par les satellites Collection Que sais-je? Puf.
- VERGER, F. (1985): Spot instrument de la géographie, information géographique, vol. 49, núm. 1985.
- WANS, S. C. (1984): Analysis methods for Thematic Mapper data of urban regions. Machine processing of Remotely Sensed Data Symposium, pp. 134-143.
- WANG, F., y NEWKIRK, R. (1987): Knowledge based system for highway network extraction. Actes du colloque IGARSS'87 (18-21 mayo).
- WELCH, R. (1982): Spatial resolution requirements for urban studies, international Journal of Remote Sensing, vol. 3, núm. 2 abril-junio, pp. 139-146.
- WHARTON, S. W. (1987): Knowledge land recognition of urban land cover in high resolution multispectral data. Actes du colloque IGARSS'87 (18-21 mayo).
- WHEELER, D. (1986): Spectral characterization of urban land covers form thematic Mapper data. Actes du symposium de la commission VII ISPRS (Enschede).
- WILMET, J., y SOYER, J. (1982): Lubumbashi et le Sud-Est du Haut Sahara: interprétation de données Landsat. Bulletin de la société belge d'études géographiques, Tome LI, núm. 1. WILMET, J. (1978): Interprétation des images des satellites Landsat en vue d'études urbaines et régionale, SFPT, núm. 70.
- WILMET, J. (1981): Télédétection par satellite et espaces régionaux. Espace géographique, núm. 2, abril-junio.
- WILMET, J., y DEKEERSMAECKER, M. L. (1985): La télédétection satellitaire, occupation du sol en milieu urbain. Etterbeek Métropolis, núms. 70-71, 4.º trimestre.